



СОХРАНЕНИЕ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ СИБИРИ

**МАТЕРИАЛЫ 4-го МЕЖДУНАРОДНОГО
СОВЕЩАНИЯ**

CONSERVATION OF FOREST GENETIC RESOURCES IN SIBERIA

**PROCEEDINGS OF THE 4-th INTERNATIONAL
CONFERENCE**

Барнаул, 2015

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ПРОБЛЕМАМ ЛЕСА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ
ФБУ «РОСЛЕСОЗАЩИТА»
НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ГЕНЕТИКЕ И СЕЛЕКЦИИ
БАВИЛОВСКОЕ ОБЩЕСТВО ГЕНЕТИКОВ И СЕЛЕКЦИОНЕРОВ
INTERNATIONAL UNION OF FOREST RESEARCH ORGANIZATIONS (IUFRO)
ИНСТИТУТ ЛЕСА ИМ. В. Н. СУКАЧЕВА СО РАН
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ ГЕНЕТИКИ ИМ. Н. И. ВАВИЛОВА РАН
УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ
УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСАМИ ПО АЛТАЙСКОМУ КРАЮ
ФИЛИАЛ ФБУ «РОСЛЕСОЗАЩИТА» - «ЦЗЛ АЛТАЙСКОГО КРАЯ»
ФИЛИАЛ ФБУ «РОСЛЕСОЗАЩИТА» - «ЦЗЛ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ»
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЁТТИНГЕНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ГЕРМАНИЯ)
ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СО РАН

СОХРАНЕНИЕ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ СИБИРИ

4-е Международное совещание (24-29 августа 2015, Барнаул, Россия)

МАТЕРИАЛЫ СОВЕЩАНИЯ

**ПОСВЯЩАЕТСЯ ПАМЯТИ ВЫДАЮЩИХСЯ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИКОВ И
СЕЛЕКЦИОНЕРОВ В.Т. БАКУЛИНА И А.И. ВИДЯКИНА**

Барнаул, 2015

Сохранение лесных генетических ресурсов Сибири

Материалы 4-го международного совещания

24-29 августа 2015, Барнаул, Россия

Учреждение Российской академии наук Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН. 220 с.

Сборник содержит тезисы докладов, посвященных изучению, сохранению, мониторингу и рациональному использованию лесных генетических ресурсов Сибири, Урала, Дальнего Востока и других территорий России, а также зарубежных государств, представленных на 4-ом международном совещании по сохранению лесных генетических ресурсов Сибири, 24-29 августа 2015 г., Барнаул, Россия.

Редакторы:

В.В. Тараканов
К.В. Крутовский
С.Р. Кузьмин
И.В. Тихонова

Материалы публикуются преимущественно в авторской редакции

Компьютерная вёрстка:

К.Г. Зацепина

Организаторы:

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН
Управление лесами Алтайского края
ФГУ «Рослесозащита»

Спонсоры:

Российский фонд фундаментальных исследований (проект № 15-04-20541)
ООО "Алтай-Форест"

ISBN 978-5-906740-08-3

© 2015 Институт леса им. В. И Сукачева СО РАН, Красноярск

**RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES (RAS)
SIBERIAN BRANCH (SB)
SCIENTIFIC COUNCIL OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES ON FOREST
FEDERAL FORESTRY AGENCY OF RUSSIA
FEDERAL GOVERNMENT AGENCY "ROSLESOZASHCHITA"
SCIENTIFIC COUNCIL OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCE ON GENETICS AND BREEDING
VAVILOV SOCIETY OF GENETISTS AND BREEDERS
INTERNATIONAL UNION OF FOREST RESEARCH ORGANIZATIONS
V. N. SUKACHEV INSTITUTE OF FOREST, SB RAS
VAVILOV INSTITUTE OF GENERAL GENETICS, RAS
DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES AND ECOLOGY OF THE ALTAY TERRITORY
DEPARTMENT OF FORESTRY OF THE ALTAY TERRITORY
CENTRE FOR FOREST PROTECTION OF ALTAY TERRITORY
CENTRE FOR FOREST PROTECTION OF NOVOSIBIRSK TERRITORY
NOVOSIBIRSK STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY
ALTAY STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY
GEORG-AUGUST-UNIVERSITY OF GÖTTINGEN
SIBERIAN INSTITUTE OF COMPUTATIONAL TECHNOLOGIES, SB RAS**

CONSERVATION OF FOREST GENETIC RESOURCES IN SIBERIA

4th International Conference (August 24-29, 2015, Barnaul, Russia)

PROCEEDINGS

**DEDICATED TO THE MEMORY OF OUTSTANDING FOREST GENETICISTS AND
BREEDERS, V.T. BAKULIN AND A.I. VIDYAKIN**

Barnaul, 2015

Conservation of Forest Genetics Resources in Siberia

Proceedings of the 4th International Conference

August 24-29, 2015, Barnaul, Russia

V. N. Sukachev Institute of Forest, SB RAS. 220 p.

The proceedings contain the abstracts of the presentations devoted to studying, preservation, monitoring and rational use of forest genetic resources of Siberia, Urals Mountains, the Far East and other territories of Russia, and also the foreign states presented at the 4th International Conference on Conservation of Forest Genetic Resources of Siberia, August, 24-29, 2015, Barnaul, Russia.

Editors:

V.V. Tarakanov

K.V. Krutovsky

S.R. Kuzmin

I.V. Tikhonova

Materials are published mainly as the original author's versions

Desktop publishing:

K.G. Zatsepina

Organized by:

V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Federal Government Agency "Roslesozashchita"

Federal Forestry Agency of Altay Territory

Sponsored by:

Russian Foundation for Basic Research (project № 15-04-20541)

OOO "Altay-Forest"

ISBN 978-5-906740-08-3

© 2015 V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk

РЕПРОДУКТИВНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ И АЛЛОЗИМНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОПУЛЯЦИЙ *PINUS SYLVESTRIS* L. ЯКУТИИ И СМЕЖНЫХ СТРАН

Абдуллина Д.С., Петрова И.В.

Ботанический сад УрО РАН, Россия; hatara@mail.ru

Репродуктивная изоляция популяций – один из ключевых, но почти не изученных факторов их генетической дифференциации. Сопряженное количественное изучение репродуктивной изоляции и аллозимной структуры популяций сосны обыкновенной проведено нами в 19 популяциях Якутии и смежных регионов.

Сроки пыления-«цветения» и индексы фенологической изоляции между популяциями реконструированы на основе фенокарт цветения *Sorbus sibirica* и оригинальной модели фенофаз пыления сосны в регионе лесостепи Западной Сибири, климатически аналогичном Центральной Якутии (Санников и др., 2010). Индекс дистанционной изоляции популяций принят пропорциональным расстоянию между ними (км), а индекс «горно-механической» изоляции – превышению изолирующих горных хребтов над ними. Индекс интегральной изоляции популяций вычислен как вероятность сложного события – произведение индексов фенологической, дистанционной и горно-механической изоляции.

Аллозимный анализ тканей 40–48 деревьев в каждой из 12 популяций *P. sylvestris* Якутии и 7 популяций в смежных регионах Средней Сибири, Приамурья и Восточного Забайкалья выполнен по 16 локусам 11 ферментных систем. Генетические дистанции Неи (Nei, 1978; DN_{78}) и других авторов между популяциями вычислены по программе BIOSYS, а их градиенты – как DN_{78}/D , где D – межпопуляционная дистанция (км).

Множественный корреляционный анализ показал, что в условиях плакорного и низкогорного рельефа Центральной Якутии ведущую роль в аллозимной дифференциации популяций *P. sylvestris* играет дистанционная изоляция ($r = 0.65$), в 1.5–2.5 раза меньшую роль – горно-механическая ($r = 0.44$) и фенологическая изоляции ($r = 0.26$). В целом, факторы репродуктивной изоляции достоверно влияют на степень генетической дифференциации популяций сосны обыкновенной (коэффициент множественной корреляции $R = 0.72$ ($p < 0.05$)).

По параметрам внутривидового полиморфизма – среднему числу аллелей на локус ($A = 2.3 \pm 0.1$) и ожидаемой гетерозиготности ($H_e = 0.291 \pm 0.009$) популяции Якутии, за исключением крайне маргинальных изолятов на севере Средней Сибири (Тура) и юго-востоке Приамурья (Комсомольск-на-Амуре), мало отличаются от таковых в смежных регионах и в ареале всего вида.

Кластерный анализ (UPGMA) генетических дистанций Неи (Nei, 1978; DN_{78}) и двумерная ординация популяций Якутии выявили их достоверное подразделение ($DN_{78} = 0.008-0.009$, т.е. на уровне ранга локальных популяций нашей геносистематической шкалы (Санников, Петрова, 2012), на две группы – западную (Мирный, Вилюйск, Витим) и восточную (все остальные) с незначительной внутривидовой дифференциацией (на уровне не выше ранга субпопуляций, $DN_{78} = 0-0.006$). При этом относительно однородный аллелофонд популяций Якутии отчетливо обособлен от аллелофонда популяций Средней Сибири (на уровне географической группы популяций, $DN_{78} = 0.018$) и резко дифференцирован от группы популяций Приамурья (на уровне географической расы, $DN_{78} = 0.030$), но менее подразделен от популяций Забайкалья ($DN_{78} = 0.014$).

Географический анализ градиентов генетических дистанций между популяциями *P. sylvestris* на сети двух широтных и четырех субмеридиональных трансект, пересекающих Якутию и смежные регионы, выявил их резкий всплеск на водоразделе рек Нижней Тунгуски и Вилюя (Тура-Мирный), вероятно, обусловленный этим гидрохорным миграционным барьером, а также на Становом хребте (Тында-Нерюнгри), который является несомненным барьером горно-механической репродуктивной изоляции.

REPRODUCTIVE ISOLATION AND ALLOZYMIC DIFFERENTIATION OF *PINUS SYLVESTRIS* L. POPULATIONS IN YAKUTIA AND ADJACENT REGIONS

Abdullina D.S., Petrova I.V.

Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Russia; hatara@mail.ru

Reproductive isolation of populations – one of the key but almost unstudied factors of their genetic differentiation. We carried on the entailed quantitative study of reproductive isolation and allozyme structure of 19 Scots pine populations in Yakutia and the adjacent regions.

The periods pollination-flowering and indices of phenological isolation between the populations are reconstructed on the base of phenocards of *Sorbus sibirica* blossoming and of the original model of pine-pollination phenophases in the region of Western Siberia forest-steppe which is climatically analogous to Central Yakutia (Sannikov et al., 2010). The index of distance isolation of the populations has been taken to be proportionate to the distance among them (km) but the index of “mountain-mechanical” isolation – to the excess of isolating mountain ridges over them. The index of integral population isolation was calculated as the probability of complex event – the result of multiplication of indices of phenological, distance and mountain-mechanical isolation.

Allozymic analysis of tissues of 40–48 trees in each of 12 populations of *P. sylvestris* L. from Yakutia and of 7 populations in the adjacent regions of Middle Siberia, Near Amur Region and Eastern Trans Baikal Region was carried out on the basis of 16 loci of 11 ferment systems. Nei’s genetic distances (Nei, 1978, DN_{78}) and of other authors between the populations were calculated on BIOSYS programme and their gradients – as DN_{78}/D , where D – interpopulational distances (km).

Plural correlated analysis showed that in the conditions of the placorn and low-mountain relief of the Central Yakutia, the leading part in allozyme differentiation of *P. sylvestris* populations was played by distance isolation ($R = 0.26$). In the whole, the factors of reproductive isolation authentically influence the degree of genetic differentiation Scots pine populations (coefficient of correlation $R = 0.72$ ($p < 0.05$)).

According to the parameters of interpopulation polymorphism – the average number of alleles per loci ($A = 2.3 \pm 0.1$) and to the expected heterozygosity ($H_e = 0.291 \pm 0.009$) – populations of Yakutia with the exception of extremely marginal isolates in the north of Middle Siberia (Tura) and in the south-east of Near Amur Region (Komsomolsk-on-the Amur) differ a little from the ones in the adjacent regions and in the range of the whole species.

Cluster analysis (UPGMA) of Nei’s genetic distances (Nei, 1978, DN_{78}) and two-dimensional ordination of Yakutia populations revealed their statistically significant subdivision ($DN_{78} = 0.008–0.009$, i.e. on the level of the local populations rank of our genosystematic scale (Sannikov, Petrova, 2012) into two groups – western (Mirniy, Viluisk, Vitim) and eastern (all the rest) with negligible intragroup differentiation (on the level which is not higher than the subpopulation rank $DN_{78} = 0–0.006$). With it all, relatively homogenous allelofund of Yakutia populations is distinctly isolated from the allelofund of the Middle Siberia populations (at the level of the geographic group of populations, $DN_{78} = 0.018$) and is sharply differentiated from the group of Near Amur Region populations (at the level of the geographic race, $DN_{78} = 0.030$) but it is less subdivided from Trans-Baikal Region populations ($DN_{78} = 0.014$).

The geographical analysis of genetic distances gradients among *P. sylvestris* populations on the net of two latitudinal and four submeridional transects crossing Yakutia and the adjacent regions revealed their sharp splash at the watershed of the Nizhnaya Tunguska and the Viluy (Tura-Mirniy) rivers, probably, caused by this hydrohory migration barrier as well as at the Stanovoy Ridge (Tinda-Neryungry) which is the undoubted barrier of mountain-mechanical reproductive isolation.

The work was carried out under the support of the Programme of fundamental researches of UB of Russian Academy of Sciences (№ 15-12-4-13).

NEW HORIZONS OF NATURAL RESOURCES IN THE EURASIA: SOUTHEASTERN ANATOLIA REGION AND SOUTHEASTERN ANATOLIA PROJECT (GAP) IN TURKEY

Acma B.

Anadolu University, Department of Economics, Unit of Southeastern Anatolia Project (GAP), Eskisehir, Turkey; E.mail: bacma@anadolu.edu.tr.

Keywords: Natural Resources and Environment; Forestry, Agricultural and Water Resources, the Eurasia, the Islamic World; Turkey; Southeastern Anatolia Region and Southeastern Anatolia Project (GAP).

The Republic of Turkey has a special place in the Eurasia from the respects of both its social-economic structure and its geo-politic and geo-strategic importance. It is a also model for the Islamic World by combining the traditional and modern life styles.

The Southeastern Anatolia Project (GAP), one of the most important projects to develop the remarkable natural resources of the world, is accepted as a chance for getting benefit from rich water, forestry and agricultural resources of the Southeastern Anatolia Region for some of the Eurasia's Countries.

The GAP Project has been considered as a regional development projects through years, protection of environment as forestry, agricultural and participatory have been attached to the master of the project in recent years. The GAP Project having the responsibilities of some important tasks and functions in the future's Islamic World and Eurasia's are giving hopes and bring fertility to its region. In addition, the project will provide some contributions in the respect of water sources, forests and agricultural development in the Eurasia.

The aim of this study is to introduce this region having rich natural resources and the GAP Project. For this reason, firstly, the natural potential of the region will be introduced. Second, The GAP Project aiming to make the country use of these natural resources will be presented in detailed way. In the third stage, the projects being processed for protecting the natural sources and environment will be analyzed. In the last stage, strategies and policies to develop and to protect the especially forestry of the region in short, mid, and long terms will be proposed for Turkey's and Eurasia's benefits.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ХВОИ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ (*ABIES SIBIRICA* LEDEB.) В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПРОИЗРАСТАНИЯ

Бажина Е.В.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Россия; genetics@ksc.krasn.ru

Элементный состав растений является устойчивым, генетически наследуемым показателем, жестко контролируемым системой их гомеостаза. Генетическая разнокачественность элементного состава популяций растений одного вида в различных условиях произрастания обуславливает зависимость биологического круговорота от генетических особенностей популяций и условий произрастания (Ковалевский, 1991; Никонов и др., 1987; Тараканов, 2007). Однако, в ряде случаев, особенно при загрязнении, чрезмерный избыток (недостаток) ионов в среде, приводит к дисбалансу в химическом составе ассимиляционной массы, обусловленному чрезмерным, в том числе и фоллиарным поглощением химических элементов (Ильин, 1985; Лукина и др., 1994; Санина и др., 2004; и др.).

Цель настоящего исследования заключалась в выявлении особенностей повреждения и элементного состава хвои здоровых и усыхающих деревьев пихты

сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) в различных частях гор Южной Сибири: Восточного и Западного Саян, северо-восточного Алтая и Енисейского края.

Категории жизненного состояния обследованных лесных биоценозов варьируют от ненарушенных (низкогорные лесные экосистемы и высокогорья Алтая) до сильно поврежденных (среднегорье хр. Западный Саян). Анализ модельных деревьев выявил общие закономерности повреждения деревьев пихты по подверхушечному типу (Третьякова, Бажина, 1995), за исключением высокогорных биоценозов северо-восточного Алтая. Повреждение ветвей, как у пихты, так и кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) здесь наблюдается равномерно по всей кроне – концы ветвей чернеют и усыхают, хвоя отдельных ветвей рыжеет и опадает. Ряд накопления элементов в хвое пихты сибирской имеет следующий вид: N>Ca>Mn>Mg>S>Fe>Zn>Al>F>Cu>Ni>Pb>Co>Cd. Максимальным содержанием подвижных элементов питания (азота и магния) характеризуются деревья пихты горных экосистем Западного Саяна и северо-восточного Алтая. В содержании малоподвижных элементов-биофилов (кальций, алюминий, марганец, цинк) не выявлено каких-либо закономерностей в зависимости от условий произрастания. В лесных экосистемах Восточного Саяна в хвое пихты значительно увеличивается содержание техногенных элементов (фтор, свинец, железо), а в экосистемах Западного Саяна и Енисейского края – кадмия. В целом, содержание элементов в хвое пихты ниже порога токсичности и не превышает эту величину для незагрязненных почв и фоновых районов Сибири (Ильин, 1991; Санина и др., 2008), однако накопление техногенных элементов приводит к изменению соотношений биофильных и техногенных элементов и свидетельствует о нарушении гомеостаза деревьев.

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЛУСИБСОВОГО ПОТОМСТВА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

Баранов О.Ю.¹, Балюцкас В.², Юшкаускайте А.², Пантелеев С.В.¹, Падутов В.Е.¹

¹Институт леса НАН Беларуси, Беларусь; betula-belarus@mail.ru

²Центр аграрных и лесных наук Литвы, Литва; virgis.baliuckas@mail.ru

Одной из центральных проблем лесной генетики и селекции является изучение, сохранение и воспроизводство генетических ресурсов основных лесообразующих и хозяйственно-ценных пород, поскольку генетическое разнообразие лежит в основе способности живых организмов приспосабливаться к изменениям условий окружающей среды. К настоящему времени использование ДНК-маркеров позволило решить фундаментальные и прикладные задачи, связанные с изучением генофондов различных растительных видов, включая оценку интенсивности миграции генов между популяциями, анализ межвидовой гибридизации, построение генетических карт, исследование уровня генетического разнообразия и др. За последнее десятилетие, благодаря полному или частичному секвенированию геномов различных растительных видов, большие успехи были достигнуты в области идентификации генов и их комплексов, ответственных за проявление хозяйственно-ценных признаков. Изучение изменчивости данных локусов позволяет находить аллельные варианты и генотипы, характеризующие ту или иную степень проявления признака.

Целью настоящей работы являлось проведение сравнительного анализа уровня генетической изменчивости и дифференциации среди полусибсового потомства семей сосны обыкновенной, различающихся уровнем экологической пластичности морфологических признаков.

Объектами молекулярно-генетических исследований явились испытательные культуры двух полусибсовых семей сосны обыкновенной, представленные трехкратно в удаленных друг от друга регионах Литвы, с различным уровнем экологической пластичности по следующим фенотипическим признакам: высота дерева, диаметр ствола,

кривизна ствола, толщина и угол наклона ветвей, плотность древесины. Для микросателлитного анализа были использованы 5 SSR маркеров ядерной ДНК (локусы PtTX 3116, PtTX 4001, PtTX2123, PtTX3013, PtTX3020). Всего проанализировано 84 дерева.

В исследованных семьях было выявлено наличие широкого спектра полиморфизма среди изучаемых генов. Наибольший уровень гетерозиготности обнаружен для двух SSR-локусов – PtTX 3116 и PtTX 4001 ($H_e > 60\%$). Локусы PtTX3013 и PtTX2123 характеризовались средним уровнем изменчивости ($H_e=25\% \sim 45\%$). Низкий уровень изменчивости в изучаемых выборках был зафиксирован у локуса PtTX3020, для которого значение H_e не превысило 10%.

Наибольшим значением параметра H_e (44-47%), характеризовалось полусибсовое потомство семьи 462 (высокий уровень экологической пластичности), вне зависимости от региональной принадлежности места произрастания. Показатель ожидаемой гетерозиготности для семьи 479 (низкий уровень экологической пластичности) варьировал в пределах 33-39%. Анализ параметра общего генетического разнообразия H_{ei} , также выявил превалирование значений данного показателя для семьи 462 (42-46%), характеризующейся высоким уровнем экологической пластичности ряда морфологических признаков, по сравнению с семьей 479 (32-38%). Сравнительное изучение показателей гетерозиготности показало, что полусибсовое потомство семьи 462 характеризовалось сходством значений H_o и H_e , что указывает на наличие равновесного (по Харди-Вайнбергу) состояния генетической структуры. В тоже время в семье 479 наблюдался существенный избыток гетерозигот.

MOLECULAR GENETIC ANALYSIS OF SCOTS PINE HALF-SIBLINGS OFFSPRING WITH DIFFERENT LEVELS OF THE MORPHOLOGICAL TRAITS ECOLOGICAL PLASTICITY

Baranov O.Yu.¹, Baliuckas V.², Juškauskaitė A.², Panteleev S.V.¹, Padutov V.E.¹

¹Forest Research Institute of NASB, Belarus; betula-belarus@mail.ru

²Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry, Lithuania; virgis.baliuckas@mail.ru

One of the central problems of forest genetics and breeding is the study, conservation and reproduction of the genetic resources of the main forest and commercially valuable species, because genetic diversity is the basis of the ability of living organisms to adapt to environmental changes. To date, the use of DNA markers allowed to solve fundamental and applied problems related to the study of gene pools of different plant species, including the assessment of the intensity of migration of genes between populations, analysis of interspecific hybridization, the construction of genetic maps, study of the level of genetic diversity and others. Over the past decade, due to the complete or partial sequencing of genomes of different plant species, great strides have been made in the identification of genes and their complexes are responsible for the manifestation of economically valuable traits. The study of the variability of the data allows to find allelic variants and genotypes that characterize one or another degree of manifestation of the trait.

The aim of this study was to carry out a comparative analysis of the level of genetic variability and differentiation among half-siblings offspring family of Scots pine with different level of ecological plasticity of morphological traits.

The objects of molecular genetic studies were progeny trials of the two half-siblings family of Scots pine, presented three times in widely separated regions of Lithuania, with different levels of ecological plasticity of the following phenotypic traits: tree height, trunk diameter, curvature of the barrel, the thickness and angle of inclination of branch, timber density. For the microsatellite analysis five SSR markers nuclear DNA (loci PtTX 3116, PtTX 4001, PtTX2123, PtTX3013, PtTX3020) were used. Total number of analyzed trees was 84.

Analysis of samples showed a wide variety of polymorphism among the studied loci. The highest level of heterozygosity was found for two SSR loci - PtTX3116 and PtTX 4001 (the $H_e > 60\%$). Loci PtTX3013 and PtTX2123 had an average level of variability (of $H_e = 25\% \sim 45\%$). Low level of variability in the studied samples was recorded at locus PtTX3020 (value H_e has not exceeded 10%).

The greatest value of the total H_e parameter (44-47%) was found for offspring of the family 462 (high ecological plasticity), regardless of regional origin. The value of the expected heterozygosity for 479 families (low ecological plasticity) varied between 33-39%. Analysis of the characteristics of Nei genetic diversity parameter, also revealed the prevalence values of the indicator for the family 462 (42-46%), characterized by a high level of ecological plasticity of a number of morphological traits, compared to family 479 (32-38%). Comparative study of heterozygosity showed that the offspring of family 462 was characterized by the similarity of values H_o and H_e , indicating the presence of an equilibrium (Hardy-Weinberg) the status of the genetic structure. At the same time in the family 479 a significant excess of heterozygotes was found.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАРКЕРОВ МИТОХОНДРИАЛЬНОЙ ДНК В ОТСЛЕЖИВАНИИ ПУТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УССУРИЙСКОГО ПОЛИГРАФА В СИБИРИ

Баранчиков Ю.Н.¹, Устьянцев К.В.², Кононов А.В.², Блинов А.Г.²

¹ Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Россия; baranchikov-yuri@yandex.ru

² Институт цитологии и генетики СО РАН, Россия

Уссурийский полиграф *Polygraphus proximus* Bladford (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) является относительно недавним дальневосточным инвайдером в пихтовых лесах и декоративных посадках пихты в Южной Сибири и в Европейской части России (в Московском регионе). В Красноярском крае самые ранние повреждения пихт полиграфом датированы, по дендрохронологическим данным, началом 1970-х годов (Баранчиков и др., 2014). В настоящее время этот вид, совместно с ассоциированным офиостомовым грибом *Grosmannia aoshimae* (Ohtaka et Masuya) Masuya et Yamaoka, является одним из главных факторов патологии лесов из пихты *Abies sibirica* Ledeb. в связи с малым прессом со стороны паразитом и отсутствием устойчивости у местной пихты к инвазийному тандему.

Мы постарались отследить распространение полиграфа при помощи молекулярных методов. Изучали генетическую изменчивость последовательностей генов цитохромоксидазы I и II митохондриального ДНК у 309 жуков полиграфа из 22 популяций, собранных в Японии, на Сахалине, в Хабаровском и Красноярском краях, Томской, Новосибирской и Кемеровской областях, Республиках Хакасия и Алтай, в г. Москве.

Анализ объединенных последовательностей COI и COII жуков позволил выявить 18 гаплотипов, принадлежащих, согласно методу максимального правдоподобия, к пяти группам. Гаплотипы четырех из пяти групп присутствовали в дальневосточных популяциях полиграфа, трех групп – в московской популяции, в то время как японской и двум сибирским популяциям принадлежали гаплотипы только одной (но разной) группы. Распределения гаплотипов в начальном и вторичном ареалах полиграфа четко демонстрировали инвазийную природу сибирских и европейской популяций *P. proximus*. Наборы гаплотипов дальневосточных популяций оказались наиболее изменчивыми и содержали гаплотипы из всех групп, обнаруженных на континенте. Хотя японские популяции и были четко отличны от континентальных, им также была свойственна высокая изменчивость. По контрасту, инвазийные Западно-Сибирские (Томск, Кемерово, Новосибирск и Алтай) и Восточно-Сибирское (Красноярск) популяции имели каждый только по два гаплотипа и каждая из этих пар была полностью отличной. При этом три из этих четырех гаплотипов присутствовали на Дальнем Востоке. Все это привело к низкой

генетической изменчивости в сибирских популяциях, свойственной обычному при интродукции эффекту «бутылочного горлышка», и позволило предположить, что инвазии в Западную и Восточную Сибирь были независимыми друг от друга.

На запад полиграф пришел по Транссибирской магистрали в вагонах с древесиной или в неокоренных вагонных стойках. Детали локальных распространений могут быть отслежены по особенностям гаплотипов. К примеру, популяции полиграфа на восточном склоне Кузнецкого Алатау обладают иным, «красноярским» набором гаплотипов, нежели популяции на западном склоне. Изначально, по-видимому, жуки попали на хребет с грузами по ветке Ачинск-Белогорск в начале 1960-х. Затем они самостоятельно продвигались на юг со средней скоростью 2-3 км/год. Жуки с гаплотипами восточно-сибирской группы были недавно найдены близ станций Балыкса и Лужба на железнодорожной ветке Новокузнецк-Абакан.

Работа частично поддержана средствами РФФИ (грант 14-04-01235а).

MITOCHONDRIAL DNA MARKERS IN PATHWAY TRACING OF THE FOUR-EYED FIR BARK BEETLE INVASION IN SIBERIA

Baranchikov Yu.N.¹, Ustyantsev K.V.², Kononov A.V.², Blinov A.G.²

¹V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia; baranchikov-yuri@yandex.ru

²Institute of cytology and genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia

A four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Bladford (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) is a relatively recent Far Eastern invader in fir forest and ornamental fir stands in Southern Siberia and European part of Russia (Moscow region). In Krasnoyarsk Kray its earliest damage occasion was dated back to 1970ies by dendrochronological methods (Baranchikov et al., 2014). Nowadays this species (with associated ophiostomal fungus *Grosmannia aoshimae* (Ohtaka et Masuya) Masuya et Yamaoka) is one of the main threats of Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) forest in Southern Siberia because of a natural enemies shortage and lack of resistance in a new host plant to this invasive tandem.

We tried to trace pathways of *P. proximus* westward invasion using molecular methods. We studied genetic variation of partial mitochondrial sequences of the cytochrome oxidase subunit I and II genes in 309 specimens of bark beetle from 22 pest populations located in Japan, Sakhalin, Primorye, Khabarovsk and Krasnoyarsk Kray, Tomsk, Novosibirsk and Kemerovo Oblast, Republics of Khakasiya and Altay, city of Moscow and its suburbs.

Both the COI and the COII sequences obtained were concatenated and then were treated as new sequences which were subsequently compared. Among these sequences overall 18 haplotypes were identified with the partition into five groups according to the maximum-likelihood analysis. Four of the five groups were present in beetle's aboriginal Far Eastern populations, three of the five – in introduced European populations from Moscow region, while only one (but different) group was present in each of the invasive Siberian populations and aboriginal Japan population. The haplotype distribution over initial and secondary parts of *P. proximus* range clearly demonstrates an invasive nature of Siberian and European population of his bark beetle. The native Far Eastern populations appear to be most variable and comprise haplotypes from all groups revealed at the continent. Although, the Japan populations were apparently genetically distinct from the continental ones, the relatively high level of diversity was observed for them, thus, providing the example of the second naturally evolving but isolated populations. In contrast, the introduced West (Tomsk, Kemerovo, Novosibirsk and Altay) and East Siberia (Krasnoyarsk) populations have only two haplotypes each and these pairs are entirely different (with three of them being presented in the Far East populations). That has led to the substantially lower genetic variability observed which is typical for the “bottle neck” effect

during invasions and allowed us to suggest that introductions into the West and East Siberia regions were independent, since no overlapping in haplotype variants was found.

The main pathway of invasive mico-entomological tandem distribution is evident: wood and wagon poles of Trans-Siberian rail road trains. Details of the local distribution pattern can be précised due to geography of haplotype distribution. For example, *P. proximus* populations on the Eastern slopes of Kuznetskiy Alatau Mountains have haplotypes entirely different from ones on the Western slope. There, in Khakasiya, beetle populations have “Krasnoyarsk” set of COI-COII haplotypes. We can suggest that initially beetles were transported to the south of Transsib along the branch railway Achinsk-Belogorsk at the beginning of 1960s and then moved by itself to the South along ridge with the speed of appr. 2-3 km per year. Beetles with East Siberian haplotypes were found recently at Balyksa and Luzhba stations on the branch railway Novokuznetsk-Abakan.

This work was supported in part by the Russian Fund for Fundamental Research (grant 14-04-01235a).

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ЛИСТВЕННОЙ В НЕКОТОРЫХ РАЙОНАХ СИБИРИ

Барченков А.П.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Россия; barchenkov@pochta.ru

Изучение изменчивости морфологических признаков лиственницы, произрастающей в Сибири, актуально во многих отношениях. С одной стороны, эта древесная порода характеризуется значительной хозяйственной ценностью, а с другой, несмотря на большое количество исследований морфологического разнообразия лиственницы, ряд вопросов этой проблемы изучен еще недостаточно. Например, все еще остаются слабоизученными северные популяции лиственницы, которые из-за их труднодоступности исследовались лишь в незначительных масштабах. Нами проведены исследования морфологической изменчивости трех видов лиственницы *L. sibirica* Ledeb., *L. gmelinii* Rupr., *L. cajanderi* Mayr в различных районах их ареалов. Изучалась изменчивость основных диагностических признаков как генеративных, так и вегетативных органов лиственницы.

Исследованы популяции лиственницы сибирской на Таймыре, в центральных и южных районах Средней Сибири. Установлено, что внутривидовая изменчивость морфометрических признаков шишек и семян лиственницы проявляется преимущественно на среднем уровне по шкале С.А. Мамаева (1972). Географическая изменчивость морфометрических признаков лиственницы сибирской определяется преимущественно изменением локальных условий произрастания популяции, хотя и наблюдаются закономерности снижения значений признаков при увеличении высоты расположения популяции в горах и при возрастании географической широты расположения популяции. Исследование изменчивости качественных морфологических признаков шишек (форма края семенной чешуи, форма чешуи, опушенность семенных чешуй) показало, что увеличение вариации признаков происходит в наиболее неблагоприятных условиях произрастания и в зоне гибридизации лиственницы сибирской с лиственницей Гмелина.

Проведены исследования морфологической изменчивости лиственницы Гмелина в ряде районов Эвенкии, Забайкальского края и республики Саха (Якутия). Так же, как у лиственницы сибирской, популяции лиственницы Гмелина характеризуются значительным увеличением вариации морфометрических признаков шишек в зонах гибридизации с лиственницами сибирской и Каяндера. Анализ морфологической изменчивости лиственницы Гмелина в горной системе Станового нагорья также показал зависимость изменчивости морфометрических признаков шишек от высоты произрастания популяции. В этой горной системе выделены два экотипа лиственницы

Гмелина, различающихся как по морфометрическим признакам генеративных органов, так и по морфологическому строению кроны. В верхнем поясе гор формируется специфический фенотип лиственницы, характеризующийся небольшими размерами генеративных органов, столбовидной кроной и трещиноватой текстурой коры. Другой фенотип формируется в поймах рек и котловин и характеризует деревья более крупношишечные, с раскидистой кроной и долго сохраняющейся чешуйчатой корой.

В республике Саха (Якутия) и Магаданской области в ряде популяции лиственницы Каяндера изучена изменчивость морфологии шишек. Установлено, что один из основных диагностических признаков лиственницы Каяндера «форма шишки» является значительно изменчивым. Анализ полученных результатов и литературных данных показал, что изменчивость этого признака в значительной степени зависит от влажности климата в определенных локальных условиях произрастания, поэтому необходимы дополнительные, более подробные исследования изменчивости лиственниц Гмелина и Каяндера для их видовой диагностики.

VARIABILITY OF LARCH MORPHOLOGICAL TRAITS IN SOME REGIONS OF SIBERIA

Barchenkov A.P.

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences; E-mail: barchenkov@pochta.ru

The study of larch morphological features variability is actual in Siberia. The systematization of larch is based on morphological diversity, so the study of morphological features variability is actual for selecting and foresting of this forest genus. Moreover, the larch populations in north regions of Siberia are poorly studied. The variability of *L. sibirica* Ledeb., *L. gmelinii* Rupr., *L. cajanderi* Mayr, have been investigated. The variability of main diagnostic features of vegetative and generative organs has been studied.

The *L. sibirica* populations in north and south regions of Siberia had been studied in our investigation. It was obtained that intrapopulation variability of cones and seeds morphological features is apparent on average level on S.A. Mamayev's (1972) scale. The study of interpopulation variability has shown that distribution of quantitative features depends on geographical location of population and local environmental features of the region, and qualitative features are rather stable across area of larch in Siberia.

The populations of Gmelina larch have been studied in Evenkia, Yakutia and Zabaikalskii regions. The Gmelina larch populations are characterized by increasing variability of morphological features in hybridization zone with Cajandera larch, also Siberian larch. The dependence of morphological features generative organs variability and height side of the population above the sea was found in the mountains Stanovoy Highlands.

The cones morphological features of Cajandera larch have been study in Yakutia and Magadanskii regions. The main feature of larch Cajandera “the form of a cone” is characterized by high variability. The variability of this feature is depended on microclimate moisture, because the study of using of this feature for systematic of Cajandera larch is necessary.

РАЗРАБОТКА ЯДЕРНЫХ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ МАРКЕРОВ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ (*PINUS SIBIRICA* DU TOUR) ПО ДАННЫМ ПОЛНОГЕНОМНОГО СЕКВЕНИРОВАНИЯ

Белоконь М.М.¹, Полякова Т.А.¹, Шатохина А.В.¹, Мудрик Е.А.¹, Белоконь Ю.С.¹, Путинцева Ю.А.², Орешкова Н.В.^{2,3}, Политов Д.В.¹, Крутовский К.В.^{1,2,4,5}

¹Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия; belokon@vigg.ru

²Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

³Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия

⁴Гёттингенский университет им. Георга-Августа, Гёттинген, Германия

⁵Техасский университет А&М, Колледж-Стейшен, Техас, США

Геномные исследования хвойных древесных растений с применением методов секвенирования нового поколения (т.н. Next-Generation Sequencing) значительно

расширяют практическое применение молекулярных биотехнологий в лесном хозяйстве. Одним из них является молекулярно-генетическое маркирование с помощью ДНК-анализа для целей идентификации, изучения популяционно-генетической структуры, гибридизации и т.д., что особенно актуально в случае древесных растений, у которых получение генетической информации на основе фенотипа осложняется модифицирующим действием окружающей среды и большой длительностью поколения. Ядерные микросателлитные локусы, благодаря специфичности, кодоминантности и высокому уровню полиморфизма являются ценным инструментом для генетического анализа на популяционном и индивидуальном уровнях. Однако для одного из важнейших в экономическом и экологическом отношении лесообразующих хвойных видов России – сибирской кедровой сосны, *Pinus sibirica* Du Tour – специфических микросателлитных праймеров до сих пор разработано не было. Полногеномное секвенирование позволило идентифицировать большое число таких локусов в геноме кедрового дерева и разработать ПЦР праймеры для амплификации и генотипирования некоторых из них. Разработка праймеров проводилась в Лаборатории лесной геномики Научно-образовательного центра геномных исследований Сибирского федерального университета (http://genome.sfu-kras.ru/forest_genomics) на основании контигов, полученных при полногеномном анализе сибирской кедровой сосны и содержащих короткие tandemные повторы (повторяющиеся мотивы из 3-6 пар нуклеотидов). Для тестирования использовали образцы ДНК индивидуальных деревьев сибирской кедровой сосны из 14 выборок, представляющих большую часть видовой ареала. На первом этапе были протестированы 40 пар праймеров для локусов, у которых в контигах содержалось не менее пяти повторов. Устойчиво амплифицировались 29 локусов, однако уровень полиморфизма по ним был относительно низок – от двух до четырех аллелей на локус. Новая серия из 30 пар праймеров была разработана на основе контигов, содержащих от 10 до 16 коротких tandemных повторов. Среди 14 локусов с устойчивой амплификацией и интерпретируемыми паттернами один локус оказался мономорфным, а остальные локусы были полиморфными, при этом наиболее простые спектры с одной зоной, числом аллелей от двух до семи и ожидаемой гетерозиготностью от 0,2 до 0,875 показали восемь локусов. В целом, в данной серии получен меньший процент локусов со специфической амплификацией, но гораздо более высокий выход полиморфных локусов по отношению к общему тестируемому набору. Таким образом, по результатам тестирования 70 микросателлитных локусов с три-, тетра- и пентануклеотидными повторами были отобраны 20 перспективных средне- и высокополиморфных локусов, которые можно использовать как генетические маркеры в популяционно-генетических исследованиях сибирской кедровой сосны.

Работа выполнена в рамках проекта «Геномные исследования основных бореальных лесообразующих хвойных видов и их наиболее опасных патогенов в Российской Федерации», финансируемого Правительством РФ (договор № 14.Y26.31.0004).

DEVELOPING NUCLEAR MICROSATELLITE MARKERS IN SIBERIAN STONE PINE (*PINUS SIBIRICA* DU TOUR) USING WHOLE GENOME SEQUENCING DATA

Belokon M.M.¹, Polyakova T.A.¹, Shatokhina A.V.¹, Mudrik E.A.¹, Belokon Yu.S.¹, Putintseva Yu.A.², Oreshkova N.V.^{2,3}, Politov D.V.¹, Krutovsky K.V.^{1,2,4,5}

¹N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Science, Moscow, Russia
belokon@vigg.ru

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

³V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia

⁴Georg-August University of Göttingen, Göttingen, Germany

⁵Texas A&M University, College Station, Texas, USA

Genomic research in conifers using Next-Generation Sequencing (NGS) provides new tools and direct benefits for practical applications in forestry. Molecular genetic DNA markers

are among such tools that can be used for individual identification and to study population genetic structure. These tools are especially useful for forest trees, where obtaining genetic information is hampered by modifying environmental effects and long generation time. Due to their advantageous properties such as specificity, high variability, and co-dominance, nuclear microsatellites represent very useful markers for genetic analysis at both population and individual levels. However, specific microsatellite markers have not been developed until this study for Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour), one of the most economically and ecologically important forest-forming conifer species in Russia. The whole genome sequencing allowed us to identify numerous microsatellite loci in the Siberian stone pine genome and to develop PCR primers for amplification and genotyping some of them. Several sets of new PCR primers have been designed at the Laboratory of Forest Genomics in Genome Research and Education Center of Siberian Federal University (http://genome.sfu-kras.ru/en/forest_genomics) based on contigs obtained in the whole genome sequencing of Siberian stone pine and containing short tandem repeats (3-6 bp long motifs). DNA isolated from trees representing 14 range-wide population samples of *P. sibirica* was used for primer testing. The first set of 40 primer pairs was derived from contigs with microsatellite loci containing no less than 5-9 repeat motifs. In this first set 29 loci had consistent amplification, but a relatively low level of polymorphism was detected for them (2-4 alleles per locus). The first set of primers demonstrated high specificity of amplification, but relatively low polymorphism. The second set of 30 primer pairs was designed based on contigs containing higher number (10-16) of short tandem repeats. Among 14 consistently amplified and reliably interpreted loci one was monomorphic while out of the rest 13 polymorphic loci only 8 demonstrated clear single locus amplification patterns with 2-7 alleles and expected heterozygosity varying from 0.2 to 0.875. This primer set provided lower proportion of loci with specific amplification but higher number of polymorphic loci. Thus, in total from the tested 70 primer pairs 20 can be used to reliably genotype microsatellite loci with moderate to high level of polymorphism. These loci can be used as genetic markers in population genetic studies of Siberian stone pine and other applications.

The presented study was a part of the project "Genomic studies major boreal coniferous forest tree species and their most dangerous pathogens in the Russian Federation" funded by the Government of the Russian Federation (contract № 14.Y26.31.0004).

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЛИСТА У БОРЕАЛЬНЫХ ВИДОВ ХВОЙНЫХ: ХАРАКТЕР И ПРИРОДА РАЗНООБРАЗИЯ

Бендер О.Г., Бендер А.Г.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия;
obender65@mail.ru

Многочисленные исследования по фотопериодическому воздействию свидетельствуют о влиянии длины дня на рост хвойных. Вместе с тем вопрос о конкретной роли фотопериода в регуляции роста вечнозеленых растений в естественных условиях остается не ясным из-за многообразия факторов, влияющих на рост. Контроль ростовых процессов очень важен для адаптации древесных растений произрастающих в районах с низкими зимними температурами. Существует несколько точек зрения о механизмах контролирующих прекращение ростовых процессов и формирование холодоустойчивости древесных растений. Одна из них считает главным фактором изменение суммы положительных температур. Вторая точка зрения заключается в том что главным фактором является длина фотопериода, и с третьей точки зрения и длина фотопериода и сумма положительных температур влияет на ростовые процессы. Таким образом, представляет интерес изучение ростовых процессов и накопление биомассы кедра сибирского в связи с продолжительностью дня на ранних этапах онтогенеза.

Для выявления особенностей роста и накопление биомассы сеянцев кедра сибирского выращенных из семян северных и южных популяций при разной длине дня,

семена кедра сибирского северного происхождения были собраны в двух популяциях, расположенных в Шурышкарском районе Ямало-Ненецкого автономного округа на первой террасе р. Обь (65°49' с.ш., 65°55' в.д.). Семена южного происхождения были собраны в Томской области в Базойском кедровнике (55°44' с.ш., 83°21' в.д.). По одному контейнеру с 50 стратифицированными семенами каждой популяции были помещены в две ростовые камеры. В первой камере был установлен фотопериод, характерный для широты Томской области. Во второй камере для широты Салехарда.

Изучение морфогенеза сеянцев показало, что у сеянцев южной популяции при коротком дне формируются более длинные терминальные и пазушные почки. Но при длинном дне закладывается больше пазушных почек. У сеянцев северной популяции при коротком дне увеличивалась длина терминальной почки. Число пазушных почек и их высота достоверно не отличались от варианта длинного дня. При длинном дне у сеянцев южной популяции произошло удлинение надсемядольного побега, и из заложившихся пазушных почек проросли брахибласты, что не характерно для развития сеянцев кедра в первый год развития. В остальных вариантах в развитии сеянцев кедра не наблюдали отклонений от нормального формирования сеянцев первого года роста.

Южные сенцы выращенные при длинном дне значительно превосходили по общей массе и массе отдельных частей сеянцы выращенные в короткодневном варианте. Превышение более чем в два раза массы надземной части длиннодневного варианта южной популяции было обусловлено прорастанием и развитием брахибластов, чего не наблюдалось в других вариантах. Увеличение массы надземной части в свою очередь повлияло на увеличение массы корней. Сеянцы южной и северной популяции короткодневного варианта не формировали брахибласты, тем не менее масса всех частей южных сеянцев была более чем в 2 раза выше, чем у северных.

Таким образом, отсутствие реакции сеянцев северной популяции в процессе формирования пазушных структур свидетельствует об генетической детерминации прохождения этапов морфогенеза и о меньшей пластичности северных популяций к изменяющимся условиям окружающей среды. Отсутствие реакции сеянцев северной популяции в процессе формирования пазушных структур и низкие значения биомассы сеянцев свидетельствует об генетической детерминации прохождения этапов морфогенеза и о меньшей пластичности северных популяций.

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ORGANIZATION OF BOREAL CONIFER SPECIES LEAVES: TYPE AND ORIGIN OF DIVERSITY

Bender O.G., Bender A.G.

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch, Russian;
obender65@mail.ru

Numerous studies of photoperiodic influence show the effects of the day duration on the conifer growth. However, the question of the photoperiod role in regulating the of evergreen plant growth in the nature is not clear because of the variety of factors affecting growth. Control of growth processes is very important for the adaptation of woody plants growing in areas with low winter temperatures. There are several points of view about the mechanisms controlling the growth process termination and the cold hardiness formation of woody plants: 1) the main factor is the change of sum positive temperatures; 2) the main factor is the photoperiod duration; 3) both the photoperiod duration and the sum positive temperatures affect the growth processes. Thus, the growth processes and biomass accumulations of Siberian stone pine seedlings (*Pinus sibirica* Du Tour) under the influence of day duration are of wide interest.

Siberian stone pine seeds of northern origin were collected in two populations located in Shuryshkarsky region of Yamalo-Nenets region on the river Ob first terrace (65°49'N, 65°55'E). Seeds of southern origin were collected near village Bazoy of Tomsk region (55°44'N, 83°21'E). Fifteen seeds each population were sown in pots which were 25×50 cm square and placed in two

growth chambers. In the first chamber was established photoperiod of the Tomsk region latitude. In the second chamber was established photoperiod of the Salekhard region latitude.

The study of seedling morphogenesis showed that seedlings of southern population under short days formed longer terminal and axillary buds. But greater amount of axillary buds were formed under long day. Under short day length of the terminal bud of northern seedlings increases. The number of axillary buds and their height did not differ significantly from the long day seedlings. The seedling shoots of southern population located above cotyledons became longer under long day and brachyblasts germination from axillary buds, which is not typical for the development of one year seedlings. In other cases, the development of Siberian stone pine seedlings was without deviations from the normal seedlings formation of the first year growth.

Southern seedlings grown under long day are characterized more total weight and the weight of individual parts than the seedlings grown under short day. Excess more than twice of the aboveground mass of long day southern seedlings was caused by brachyblasts germination and development, which is not observed under other treatments. The increase of mass of aboveground parts in turn influenced the increase in the mass of roots. Seedlings southern and northern populations under short day did not form brachyblasts, nevertheless weight of all parts of the southern seedlings was more than 2 times higher than in northern ones.

Thus, the lack of day length influence on the formation of axillary structures and little biomass of northern populations seedlings indicates genetic determination of morphogenesis phases passing and low plasticity of the northern populations.

СОСТОЯНИЕ ОБЪЕКТОВ ПОСТОЯННОЙ ЛЕСОСЕМЕННОЙ БАЗЫ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В БЕЛГОРОДСКОЙ, ВОРОНЕЖСКОЙ, КУРСКОЙ И ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТЯХ

Благодарова Т.А.

Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии
Tana-Blagodarova@yandex.ru

Базой для организации лесного семеноводства на генетико-селекционной основе являются лучшие естественные или искусственные насаждения, выделяемые при селекционной инвентаризации.

Более интенсивный селекционный процесс состоит в отборе по фенотипу наилучших «плюсовых» деревьев (биотипов), в первую очередь в выделенных лучших микропопуляциях (плюсовая селекция). Плюсовые деревья используются как маточные для взятия с них либо семян для получения саженцев на закладку плантаций типа *семейственных*, либо для взятия от них черенков для прививки и создания из привитых саженцев двух категорий насаждений: *клоновых (прививочных) лесосеменных плантаций первого порядка и клоновых архивов*.

Этот метод селекционного отбора в природе, который получил сейчас значение основного в лесном хозяйстве, сложился на базе учения о популяционной структуре вида и принципах генэкологической систематики или биосистематики растений. Хотя многие лесоводы-селекционеры для сохранения биоразнообразия отдают предпочтение популяционной селекции древесных растений, так как наследуемость признаков продуктивности плюсовых деревьев невысокая.

Основные объекты постоянной лесосеменной базы (ПЛСБ) были созданы в 70-80 гг. прошлого века и представлены в основном плюсовыми насаждениями и деревьями, которые входят в состав постоянных лесосеменных участков, в Воронежской области имеются также и лесосеменные плантации.

Системы селекции зависят от систем размножения видов растений. Создание высокопродуктивных лесных культур дуба в настоящее время ориентировано на семенное размножение. В Воронеже создан селекционно-семеноводческий комплекс, который

преимущественно получает нормальные и улучшенные семена, собранные в лучших популяциях дуба.

Разработка программы создания ПЛСБ дуба черешчатого в центрально-чернозёмных районах предусматривает проведение документальной и натурной инвентаризации имеющихся селекционно-семеноводческих объектов (плюсовых насаждений и деревьев, постоянных лесосеменных участков и лесосеменных плантаций, архивов клонов плюсовых деревьев, испытательных культур) и оценку их соответствия требованиям нормативных документов.

Данные инвентаризации объектов ПЛСБ показали, что генрезерваты дуба в Белгородской области составляют более 278 га, ПЛСУ более 449 га, отобрано 155 плюсовых деревьев; в Воронежской области генрезерваты дуба составляют более 1834 га, ПЛСУ 1610 га, ЛСП – 12 га; в Курской области отобрано около 19 га плюсовых насаждений, ПЛСУ 30,8 га, отобрано 78 плюсовых деревьев; в Липецкой области – около 68 га ПЛСУ, отобрано 44 плюсовых дерева.

Состояние объектов ПЛСБ крайне удовлетворительное, уход за объектами не проводится, система управления и финансирование объектами ПЛСБ не отработаны в разрезе Лесного кодекса. Часть объектов предложено списать по причине ухудшения санитарного состояния плюсовых деревьев, ПЛСУ и ЛСП.

Рекомендуется перечисленные объекты постоянной лесосеменной базы максимально использовать для получения улучшенных семян и отработать систему снабжения этими семенами селекционно-семеноводческий комплекс, где получают посадочных материал по финской технологии.

CONDITION OF PERMANENT FOREST SEED STANDS OF ENGLISH OAK IN BELGOROD, VORONEZH, KURSK AND LIPETSK REGIONS

Blagodarova T.A.

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

The basis for the organization of forest seed production on genetic-selection basis is the best natural or artificial plantations that are selected during selection inventory.

More intensive selection process involves the selection of the best phenotypically "plus" trees (biotypes), primarily in the selected best micropopulations (plus tree selection). Positive trees are used as mother ones to take the seeds or seedlings for laying plantation of family type, or for taking cuttings from them for grafting and creation of grafted seedlings of two categories of plants: clone (grafted) forest seed orchards of the first order and clone banks.

This method of selection in nature, which has received now the main value in forestry, was formed on the basis of the doctrine of the population structure of species and principles of genetic and ecologic systematics or biosystematics of plants. While many forest breeders prefer population selection of woody plants for biodiversity protection, as heritability productivity traits of plus trees is low.

The main objects of permanent forest seed stands (PFSS) were created in the 70-80 years of the last century and are mainly represented by plus stands and trees, which are part of the permanent forest seed plots in the Voronezh region, there are also seed orchards.

Selection systems depend on the species of plant breeding systems. Creation of highly productive oak forest plantations is currently focused on seed propagation. In Voronezh selection and seed complex is created, which mostly gets normal and improved seeds collected in the best oak populations.

Development of the program of creating PFSS of English oak in central regions of Western Russia envisages documentary and field inventory of available seed selection objects (plus stands and trees, permanent forest plots and forest seed orchards, clone banks of plus trees, test cultures) and assess of their compliance with regulatory requirements.

Inventory data of PFSS objects showed that the gene reserves of oak in the Belgorod region is more than 278 hectares, CFSP more than 449 hectares, 155 plus trees are selected; in the Voronezh region gene reserves of oak make up more than 1834 hectares, PFSP 1.610 hectares, FSP - 12 hectares; in the Kursk region about 19 hectares of plus stands are selected, PFSP 30.8 hectares, 78 plus trees are selected; in the Lipetsk region - about 68 hectares of PFSP, 44 plus trees are selected.

Condition of PFSS object is extremely satisfactory, taking care of the objects are not carried out, the control system and the financing of PFSS are not worked out in the context of the Forest Code. Some facilities are offered to be written off due to the deterioration of the health of plus trees, PFSS and forest seed plantations (FSP).

It is recommended that the above objects of permanent seed stands should be used as much as possible to obtain improved seeds and work out a system of supply of these seeds of selection and seed production complex, where planting material is produced by the Finnish Technology.

ИЗУЧЕНИЕ ХЛОРОПЛАСТНОГО ГЕНОМА ЛИСТВЕННОЙ СИБИРСКОЙ (*LARIX SIBIRICA* LEDEB.) И РАЗРАБОТКА ПОЛИМОРФНЫХ ХЛОРОПЛАСТНЫХ МАРКЕРОВ

Бондар Е.И.¹, Путинцева Ю.А.¹, Орешкова Н.В.^{1,2}, Крутовский К.В.^{1,3,4,5}

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия, bone-post@ya.ru

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия

³Гёттингенский университет им. Георга-Августа, Гёттинген, Германия

⁴Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

⁵Техасский университет А&М, Колледж-Стейшен, Техас, США

Основными целями данного исследования являлись сборка и аннотирование хлоропластного генома лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), а также поиск полиморфных генетических маркеров – простых микросателлитных повторов (SSRs) и однонуклеотидных полиморфизмов (SNP). Для сборки генома использовались данные полногеномного секвенирования *L. sibirica*, полученные на приборе Illumina HiSeq2000 в Лаборатории лесной геномики СФУ под руководством проф. К.В. Крутовского и созданной в 2014 г. на грант от Правительства РФ. Образцы ДНК были взяты для трех деревьев: красноярского, хакасского и уральского. Ассемблирование производилось с использованием программ картирования Bowtie2 и геномного ассемблера SPAdes. Аннотирование генома проводилось при помощи сервиса Rapid Annotation using Subsystem Technology (RAST). Для поиска SNPs в хакасской и красноярской популяциях использовались программы Bowtie2 и Ugene.

Длина хлоропластного генома *L. sibirica* составила 122561 bp и близка к 122474 bp у близкородственной *Larix decidua* Mill. В результате аннотирования и сравнения полученных данных с уже имеющимися близкородственными видами *L. decidua* и *L. occidentalis*, был выявлен 121 кодирующий участок, из которых 34 соответствуют генам тРНК и 87 CDS. Среди трех деревьев найдено 13 SNPs, два из них находятся в кодирующих участках генома: *tRNA-Arg* и *Cell division protein FtsH*. В красноярской популяции найдено 16 SNPs, один из них находится в кодирующей зоне *FtsH*. Для обеих популяций было выявлено 9 общих SNPs.

Работа выполнена в рамках проекта «Геномные исследования основных бореальных лесобразующих хвойных видов и их наиболее опасных патогенов в Российской Федерации», финансируемого Правительством РФ (договор № 14.Y26.31.0004).

STUDY OF SIBERIAN LARCH (*LARIX SIBIRICA* LEDEB.) CHLOROPLAST GENOME AND DEVELOPMENT OF POLYMORPHIC CHLOROPLAST MARKERS

Bondar E.I.¹, Putintseva Yu.A.¹, Oreshkova N.V.^{1,2}, Krutovsky K.V.^{1,3,4,5}

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; bone-post@ya.ru

²V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia

³Georg-August University of Göttingen, Göttingen, Germany

⁴N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

⁵Texas A&M University, College Station, Texas, USA

The main objectives of this study were assembling and annotation of chloroplast genome of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) and detection of polymorphic genetic markers – simple microsatellite repeats (SSRs) and single nucleotide polymorphisms (SNPs). We used data of the whole genome sequencing of three Siberian larch trees from different regions - Urals, Krasnoyarsk, and Khakassia, respectively. Sequence reads were obtained using the Illumina HiSeq2000 in Laboratory of Forest Genomics at the Genome Research and Education Center in SFU. The assembling was done using the Bowtie2 mapping program and the SPAdes genomic assembler. The genome annotation was performed using the RAST service. For SSRs search we used the SciRoKo program, for SNPs detection – the Bowtie2 and UGENE programs. Length of the assembled chloroplast genome was 122,561 bp, which is close to 122,474 bp in the closely related European larch (*Larix decidua* Mill.). As a result of annotation and comparison of the data with existing data available only for two larch species - *L. decidua* and *L. occidentalis* (partial genome of 119,680 bp), we identified 121 coding regions, 34 of which represented RNA and 87 - CDS genes. Total 13 SNPs were detected; two of them were in the coding regions of the genome: *tRNA-Arg* and *Cell division protein FtsH*.

The presented study was a part of the project "Genomic studies major boreal coniferous forest tree species and their most dangerous pathogens in the Russian Federation" funded by the Government of the Russian Federation (contract № 14.Y26.31.0004).

ОБ УЩЕРБЕ ОТ КЛЕНА ЯСЕНЕЛИСТНОГО (*ACER NEGUNDO*) И МЕРАХ ПРОТИВ ЕГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Бондарев А.Я.

Российский центр защиты леса – Центр защиты леса Алтайского края, Барнаул, Россия;
altcanis@mail.ru

Согласно Конвенции о биологическом разнообразии [Конвенция..., 1995] и Стратегии по инвазионным видам Европы уничтожение таких видов отнесено к приоритетным направлениям в обеспечении экологической безопасности в рамках Экологической доктрины Российской Федерации (одобрена распоряжением № 1225-р Правительства РФ от 31.08.2002 г.). Из 50-ти видов интродуцентов, создающих негативные экологические и экономические проблемы, клен американский или ясенелистный (*Acer negundo*) относят к числу наиболее агрессивных из-за его высокой экологической пластичности. Присутствие этого клёна ведёт к существенному изменению экосистем, в том числе к вытеснению и исчезновению аборигенных видов, ухудшению кормовой базы животных, в том числе крупных копытных.

Мировой, отечественный опыт и наши наблюдения показали, что клен, по существу, не истребим (вероятное исключение – неоднократная раскорчевка).

В сельхозугодьях многие необрабатываемые поля и бывшие сады заросли кленом. В полезащитном лесоразведении разведении роль кленовых лесополос признана негативной.

Размеры ущерба от клена увеличиваются и могут быть оценены в зависимости от стоимости недополученной лесной и сельскохозяйственной продукции на площадях

сенокосов, пастбищ, и пригодных для леса, но занятых этим видом, а также в связи со снижением биоразнообразия. В лесном фонде оценку ущерба целесообразно производить согласно Постановлений Правительства РФ от 08.05.2007 г. № 273, от 26.05.2007 г. № 806, от 08.05.2007 г. № 273, от 22.05.2007 г. № 310 и от 17.09.2014 г. № 947 с учётом коэффициента 1,37; 1,43 и 1,49 соответственно на 2015, 2016 и 2017 гг.

В Алтайском крае при лесоустройствах 13 лесничеств выявлено преобладание клена (от 5 и более единиц в составе насаждений) в 138 выделах на площади 258 га. Клен светолюбив и поэтому наиболее активно заселяет участки с лесными культурами. Но и в сомкнувшихся древостоях края этот вид единично или куртинами распространен почти повсеместно. В условиях Кемерово – Алтайского лесотаксационного района с 1 га заселённого клёном не будет получено древесины сосны обыкновенной примерно по 100 куб метров, а ожидаемый ущерб, причинённый, например, молоднякам лесных культур сосны вследствие их замещения клёном ясенелистным, составит по 225,9 тыс. рублей на 1 га.

Однако, вопреки Экологической доктрине Российской Федерации, самовольные рубки или уничтожение клена ясенелистного противоречат Постановлениям Правительства РФ от 08.05.2007 № 273, от 22.05.2007 г. N 310 и 17.09.2014 года № 947. Поэтому виновные привлекаются к материальной ответственности.

Также устарели «Правила создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации», утвержденные приказом Госстроя РФ от 15.12.1999 №153, согласно которым клён ясенелистный рекомендовано применять для озеленения населенных пунктов. К тому же «Методическими рекомендациями по разработке проекта содержания автомобильных дорог, утвержденными распоряжением Минтранса РФ от 09.10.2001 № ОС-859-р, клён предлагается использовать при посадке лесополос вдоль автомагистралей.

Необходимы безотлагательные меры против экспансии клена. В первую очередь целесообразно отменить упомянутые Постановления Правительства РФ в части, касающейся клёна ясенелистного, а так же другие нормативные документы по клёну. Требуется активная массово-разъяснительная работа, направленная на профилактику распространения всех инвазивных видов, введение ответственности земле- и лесопользователей за бездействие против них.

ABOUT DAMAGE FROM ASH-LEAVED MAPLE (*ACER NEGUNDO*) AND MEASURES AGAINST ITS DISTRIBUTION

Bondarev A.Ya.

Russian Center for Forest Protection – Forest protection center of the Altai Territory, Barnaul, Russia; altcanis@mail.ru

According to the Convention on Biological Diversity [Convention ..., 1995] and the Strategy on Invasive Species in Europe the destruction of such species related to priority course in ensure environmental safety in the framework of the Environmental Doctrine of the Russian Federation (approved by the decree № 1225-r of the Government of the Russian Federation of 31.08.2002). Of the 50 species of exotic species, which create negative ecological and economical problems the american or ash-leaved maple (*Acer negundo*) is among the most aggressive because of its high ecological plasticity. The presence of this maple leads to significant change in ecosystems. It's including displacement and extinction of native species, deterioration of animal fodder (large ungulates).

The international and Russian scientists and our observations showed that the maple is ineradicable (with the exception of repeated stubbing).

In the farmland the most of uncultivated fields and former gardens are overgrown by maples. In the forestation for field save the role of maples shelter belt is negative.

The extents of damage by maples are increasing and can be estimated against the cost of lost agricultural and forestry products in the areas of hayfields and pastures suitable for the forest but occupied by maple, and in connection with reduction of biodiversity. In the forest fund the estimation of the damage should be carried out according to the Government Decree of 08.05.2007 № 273 from 26.05.2007 № 806 from 08.05.2007 № 273 from 22.05.2007 № 310 and from 17.09.2014 number 947, taking into account the coefficient of 1.37; 1.43 and 1.49 respectively for 2015, 2016 and 2017.

In the Altai region in the 13 forest management forestries the predominance of maple (5 or more units in the composition of plantations) was revealed in 138 portion on the area of 258 ha. A maple is photophilous thus its more active colonizes the forest areas. But this species single or clumps spread almost everywhere in closed forest. In conditions of Kemerovo-Altai forest taxation region about 100 cubic meters of Scots pine wood wouldn't receive from 1 hectare populated by maple. Expected damage for young growth of pine plantations substituted by ash-leaved maple can be 225,900 rubles per 1 ha.

However contrary to the Environmental Doctrine of the Russian Federation the unauthorized cutting or destruction of ash-leaved maple contradict to the decision of the Government of the Russian Federation of 08.05.2007 № 273 from 22.05.2007, N 310 and 17.09.2014 number 947. Therefore, those guilty are brought to liability.

Also the "rules of creation, preservation and maintenance of green areas in the cities of the Russian Federation" approved by Order of the State Construction Committee of the Russian Federation from 15.12.1999 №153 are outdated. In according to this the ash-leaved maple is recommended to apply for landscaping settlements. In addition, the "Guidelines on the drafting of road maintenance, the Ministry of Transport of the Russian Federation approved by the order of 09.10.2001 № OS-859-P, the maple invited to use when planting forest belts along highways.

Urgent action is needed against the expansion of maple. In the first place it is advisable to cancel the referred Decision of the Government of the Russian Federation which relates to ash-leaved maple and other regulatory documents about maple. An active mass-explanatory work is required which aimed at preventing the spread of invasive species, also the liability for failure to act of land and forest users should be assigned.

**МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ
ПОПУЛЯЦИЙ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ УРАЛА**
**Боронникова С.В.^{1,2}, Пришнивская Я.В.^{1,2}, Нечаева Ю.С.^{1,2}, Чумак Е.И.¹, Андрианова
М.Ю.¹**

¹ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Россия; SVBoronnikova@yandex.ru

²Естественнонаучный институт ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

Для изучения структуры и динамики популяционных генофондов необходимо определить генетическое разнообразие и генетическую структуру популяций древесных видов растений и провести отбор объектов для сохранения лесных генетических ресурсов. Модельной системой изучения генетического разнообразия могут служить популяции ценного древесного вида растения *Larix sibirica* L. в условиях разной поясности гор Урала.

Объектами исследований являлись 4 популяции *L. sibirica*, расположенные на разной широте и высоте над уровнем моря: *Bil* – 56.9 с.ш., 290-350 м в 1,5 км восточнее пос. Билимбай Свердловской области; *Kch* – 58.8 с.ш., 480-700 м на восточном склоне горы Качканар; *Tul* – 61.1 с.ш., 680-920 м в ФГБУ «Государственный природный заповедник «Вишерский»» на западном склоне хребта Тулымский камень; *Ish* – 61.1 с.ш., 730-810 м на юго-восточном склоне горы Ишерим.

Для молекулярно-генетического анализа *L. sibirica* был избран ISSR-метод (Inter Simple Sequence Repeats) или межмикросателлитный анализ полиморфизма ДНК. Амплификацию проводили в термоциклере Gene Amp PCR System 9700 (Applied Biosystems, USA) по типичной для ISSR-метода программе. Эффективность ISSR-праймеров определяли по шкале от 1 (низкой) до 5 (высокой). Температура отжига в зависимости от G/C-состава праймеров варьировала от 54° до 64°C. Продукты амплификации разделяли путем электрофореза в 1,7% агарозных гелях, которые окрашивали бромистым этидием и фотографировали в проходящем ультрафиолетовом свете в системе гель-документации Gel Doc XR (Bio-Rad, USA). Из 20 протестированных ISSR-праймеров выявлены пять эффективных для анализа полиморфизма ДНК *L. sibirica*. Анализ ISSR-спектров изученных популяций *L. sibirica* выявил 115 ISSR-маркеров, из которых 109 были полиморфны ($P_{95}=0.9$). Число ISSR-маркеров варьировало в зависимости от праймера от 11 до 27, а их размеры – от 170 до 1200 пн. Показатели генетического разнообразия выше в первой (*Bil*) популяции ($H_E = 0.2$; $n_a = 1.7$; $n_e = 1.4$), а ниже – в четвертой (*Ish*) популяции ($H_E = 0.1$; $n_a = 1.5$; $n_e = 1.3$). Анализ генетической структуры изученных популяций показал, что ожидаемая доля гетерозиготных генотипов общей популяции (H_T) равна 0.3, а ожидаемая доля гетерозиготных генотипов в отдельной популяции (H_S) составила 0.2. Изученные популяции *L. sibirica* дифференцированы слабо, так как на межпопуляционную компоненту биологического разнообразия приходится 27,8% генетического разнообразия. В четырех популяциях выявлено 10 редких молекулярных маркеров: в первой популяции (*Bil*) – 6, а в других – по 1. Эти маркеры могут быть использованы для оценки специфичности генофондов и молекулярно-генетической идентификации изученных популяций. Сравнительный анализ популяций *L. sibirica*, расположенных на разной высоте в горно-лесном поясе Урала, по полилокусным спектрам продуктов амплификации ISSR-маркеров позволил выявить идентификационные фрагменты и их сочетания для каждой популяции.

Таким образом, для сохранения генетических ресурсов древесных видов растений необходимо выбирать популяции как с типичными, так со специфическими генофондами, обладающих редкими молекулярными маркерами.

Работа выполнена при финансовой поддержке задания 2014/153 государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России (проект 144, № гос. рег. 01201461915).

MOLECULAR GENETIC ANALYSIS AND IDENTIFICATION OF POPULATIONS OF THE URALS WOODY PLANT SPECIES

Boronnikova S.V.^{1,2}, Prishnivskaya Ya.V.^{1,2}, Nechaeva Yu.S.^{1,2}, Chumak E.I.¹, Andrianova M.Yu.¹

¹Perm State University; Russia SVBoronnikova@yandex.ru

²Natural Science Institute of PSU

The study of the structure and dynamics of population gene pools needs to determine the genetic diversity and genetic structure of populations of woody plants and to select the objects for conservation of forest genetic resources. The populations of the valuable wood species *Larix sibirica* L. under different zoning of the Urals Mountains can be a model system for the study of the genetic diversity.

The objects of study are 4 populations of *L. sibirica*, located at different latitudes and altitudes: *Bil*– 56.9 N, 290-350 m 1.5 km east of the village Bilimbai Sverdlovsk region; *Kch*– 58.8 N, 480-700 m on the eastern slope of Mount Kachkanar; *Tul*– 61.1 N, 680-920 m FGBI "State Nature Reserve "Vishera"" on the western slope of the ridge Tulymsky stone; *Ish*– 61.1 N, 730-810 m the south-eastern slope of Mount Isherim.

Molecular genetic analysis of *L. sibirica* was done with ISSR-method (Inter Simple Sequence Repeats) or inter microsatellite analysis of DNA polymorphism. Amplification was performed in a thermal cycler Gene Amp PCR System 9700 (Applied Biosystems, USA) under typical ISSR-method program. The effectiveness of ISSR-primers was determined on a scale from 1 (low) to 5 (high). The annealing temperature varied from 54° to 64° C depending on the G / C composition of the primers. The amplification products were separated by electrophoresis in 1.7% agarose gels that were stained with ethidium bromide and photographed in UV light transmitted in the gel documentation Gel Doc XR (Bio-Rad, USA). 20 ISSR-primers were tested and then five effective for the analysis of DNA polymorphism *L. sibirica* were identified. Analysis of ISSR-spectra of the studied populations of *L. sibirica* showed 115 ISSR-markers, of which 109 were polymorphic ($P_{95}=0.9$). Number of ISSR-markers varied depending on the primer from 11 to 27, and their dimensions varied from 170 to 1200 bp. Indicators of genetic diversity are higher in the first (*Bil*) population ($H_E = 0.2$; $n_a = 1.7$; $n_e = 1.4$), and lower in the fourth (*Ish*) population ($H_E = 0.1$; $n_a = 1.5$; $n_e = 1.3$). Analysis of the genetic structure of the studied populations showed that the expected proportion of heterozygous genotypes of the general population (H_T) was equal to 0.3, and the expected proportion of heterozygous genotypes in a single population (H_S) was 0.2. The studied populations of *L. sibirica* poorly differentiated, as the interpopulation component of biological diversity is 27.8% of the genetic diversity. 10 rare molecular markers were revealed in four populations: in the first population (*Bil*) – 6, and in others – 1. These markers can be used for estimation of the specificity of gene pools and molecular genetic identification of the studied populations. Comparative analysis of populations of *L. sibirica*, situated at different heights in the mountain-forest belt of the Urals, in the multi-locus spectra of amplification products of ISSR-markers revealed the identification fragments and their combinations for each population.

Therefore, for the conservation of genetic resources of woody species it is necessary to select the population as with typical, so with the specific gene pools with rare molecular markers.

The work was set with financial support of 2014/153 public works in the sphere of scientific activity in the framework of the basic part of the state tasks of the Ministry of Education and Science of Russia (project 144, № state. Reg. 01201461915).

НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИСТВЕННИЦЫ В ЭКСТРЕМАЛЬНОМ КЛИМАТЕ ЯКУТИИ (НА ПРИМЕРЕ БЕЛКОВ- ДЕГИДРИНОВ)

Бубякина В.В., Татарина Т.Д., Васильева И.В., Перк А.А., Пономарев А.Г.
ФГБУН Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Россия; aaperk@mail.ru

Лиственница является доминирующей древесной породой на территории Якутии. Она представлена 3 видами, наибольшее значение из которых имеют *Larix dahurica* Turcz. ex Trautv. и *Larix cajanderi* Mayr. Первый вид преобладает на западе Якутии, второй – на востоке. Суммарно лиственничники занимают более 79% лесопокрытой площади республики, на них приходится более 84% запасов древесины (Тимофеев, 2003). В силу этого лиственничные леса играют выдающуюся роль в поддержании экологического баланса криолитозоны. Считается, что якутские лиственницы, в частности, *L. cajanderi*, являются самыми морозоустойчивыми деревьями в мире (Уткин, 2006). Поэтому изучение механизмов, ответственных за формирование уникальной способности данного вида переносить экстремально низкие зимние температуры, является весьма актуальной задачей.

Предполагается, что короткий фотопериод и низкие закаливающие температуры запускают экспрессию специфических генов холодовой акклимации растений. В этой связи, интерес вызывает изучение синтеза защитных белков-дегидринов, накапливающихся в клетках в ответ на осмотический стресс, вызванный разными

факторами, в том числе низкой температурой. Целью настоящей работы явилось выявление особенностей внутривидового полиморфизма дегидринов однолетних побегов *L. cajanderi* в уникальных климатических условиях Центральной Якутии.

Сбор образцов (однолетние побеги лиственницы Каяндера) проводили в 2011-2014 гг. на постоянных площадях в лесопарковой зоне на территории Ботанического сада ИБПК СО РАН, расположенного на второй надпойменной террасе долины р. Лены в 7 км к западу от г. Якутска (62°15' с.ш., 129°37' в.д.). Полиморфизм растений был подробно изучен у 14 индивидуальных деревьев.

Для выделения суммарных белков из однолетних побегов лиственницы (1.5-1.7 г) применяли электрофорез в 12.5% SDS-PAGE. Для иммуноблоттинга белки из ПААГ переносили на ПВДФ (поливинилиденфторид) мембрану (Bio-Rad, USA). Идентификацию дегидринов выполняли с помощью поликлональных антител против их консервативного К-сегмента (Agrisera, Sweden). Дегидрины визуализировали при помощи кроличьих антител, конъюгированных с щелочной фосфатазой (Sigma, USA).

Существенной особенностью спектра дегидринов лиственниц, в отличие от изученных нами ранее спектров дегидринов ряда видов берез, а также сосны обыкновенной, ольховника кустарникового, яблони ягодной и др. (Татарина и др., 2010; Бубякина и др., 2011; Перк и др., 2011; Пономарев и др., 2014;), является необычайно высокое разнообразие мажорных дегидринов. Если у вышеперечисленных растений таковые представлены в основном 2 группами: средне- (мол. масса 50-75 kDa) и низкомолекулярными (мол. масса 15-25 kDa) белками, то у лиственницы Каяндера наблюдается почти непрерывный спектр дегидринов в области 14-45 kDa. Типичными представителями таких полипептидов являются дегидрины с мол. массами 14, 15, 16, 17, 19, 23, 25, 27, 28, 30, 31, 33, 36, 37, 38, 43 и 45 kDa. При этом наиболее сильно отдельные растения различались по наличию или отсутствию тех или иных дегидринов в области 19-37 kDa, а также по их количественному содержанию в зимний период. Дальнейшие исследования позволят определить, насколько выявленные у лиственниц множественные формы дегидринов задействованы в механизмах формирования уникальной криорезистентности этих древесных растений.

THE IMPACT OF EXTREME CLIMATE OF YAKUTIA ON SOME BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF LARCH (CASE OF DEHYDRIN PROTEINS)

Bubyakina V.V., Tatarinova T.D., Vasilyeva I.V., Perk A.A., Ponomarev A.G.

FSBIS Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Russia; aaperk@mail.ru

In Yakutia larch is a dominant tree species. Larch is represented by 3 species, among them the most significant are *Larix dahurica* Turcz. ex Trautv. and *Larix cajanderi* Mayr. The first species dominated in the west of Yakutia, the second in the east. Larch forests occupy 79% of the forest area with more than 84% of timber reserves of the country (Timofeev, 2003). Therefore, larch forests play a prominent role in maintaining of the cryolithozone ecological balance. The Yakutian larch, in particular, *L. cajanderi*, is the most frost-resistant trees in the world (Utkin, 2006). Study of mechanisms of confrontation to extremely low winter temperatures *L. cajanderi*, is a very urgent task. Expression of specific genes of plants cold-acclimation of may appeared because of short photoperiod and low tempering temperature.

Therefore, the study of the synthesis of protective dehydrin proteins emerging in response to osmotic stress caused by a variety of factors, including low temperature is interesting. The aim of this study is to identify features of intraspecific polymorphism of dehydrins of annual shoots *L. cajanderi* in the unique climatic conditions of Central Yakutia.

The field material (annual shoots of *L. cajanderi*) was sampled in 2011-2014 from the plots of the forest park at the Botanical Garden of the Institute for Biological Problems of Cryolithozone (Siberian branch, Russian Academy of Sciences) located on the second Lena river

terrace in 7 km west from Yakutsk (62°15' N, 129°37' E). Polymorphism of 14 individual trees was studied in detail.

For isolation of total proteins from annual shoots of larch (1.5-1.7 g) electrophoresis was used in 12.5% SDS-PAAG. For immunoblotting, the proteins from the PAGE were transferred into PVDF (polyvinylidene fluoride) membrane (Bio-Rad, USA). Dehydrins were identified using the polyclonal antibody against dehydrin conserved K-segments (Agrisera, Sweden). Dehydrins were visualized by antirabbit antibody conjugated with alkaline phosphatase (Sigma, United States).

Spectrum dehydrins larch has an unusually high diversity of major dehydrins unlike previously studied spectra dehydrins several species of birch and Scots pine, alderbush, apple berry et al. (Tatarinov et al., 2010; Bubyakina et al., 2011; Perk et al., 2011; Ponomarev et al., 2014). Larch *L. cajanderi* has almost continuous spectrum dehydrins in 14-45 kD in contrast to the above plants with two 2 dehydrins groups middle molecular weight dehydrins (50-75 kDa) and low molecular weight dehydrins (15-25 kD). Dehydrins with molecular weights of 14, 15, 16, 17, 19, 23, 25, 27, 28, 30, 31, 33, 36, 37, 38, 43 and 45 kD are presented in Larch *L. cajanderi*. In winter the range 19-37 kD is quantitatively differ in content of individual plants and there are differences in the presence or absence of certain dehydrins. Further studies will determine the participation of multiple forms of larch dehydrins in the mechanisms of the unique cryoresistance formation of these woody plants.

КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ ТОПОЛЯ И ОСИНЫ УЛУЧШЕННЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ ФОРМ

Вариводина И.Н., Машкина О.С., Вариводин В.А.

ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, Воронеж, Россия; varivodinna@rambler.ru

Качество древесины является одним из главных показателей селекционной ценности новых форм, сортов и гибридов. Оно является тем из основных признаков, на который направлен весь сложный селекционный процесс. Селекционера, работающего с лесными растениями, интересует, прежде всего, продуктивность и качество древесного сырья. Другие важные лесохозяйственные признаки также представляют интерес, но чаще всего они изучаются совокупно с ожидаемой корреляцией продуктивности и качества. Так, показатель плотности древесины позволяет судить о прочности, усушке, ее механических свойствах, используется для прогнозирования свойств бумаги и древесностружечных плит. На роль универсальных показателей качества древесины могут претендовать и структурные характеристики. Длина волокна, толщина клеточных оболочек – эти показатели имеют большое значение в производстве целлюлозы, бумаги и других продуктов переработки древесины.

Объектами исследования явились: 1) шесть быстрорастущих и продуктивных разноплоидных гибридов тополя белого: диплоидные, $2n=2x=38$ и триплоидные ($2n=3x=57$) в возрасте 28 лет, созданные О.С. Машкиной с использованием в гибридизации искусственно синтезированной с помощью повышенной температуры нередуцированной диплоидной пыльцы; 2) три размноженных *in vitro* клона (в возрасте 13 лет) продуктивных и гнилеустойчивых биотипов осины, отобранных Ю.Н. Исаковым в тремлетуме, созданном В.П. Петрухновым в 1973-1975 годах. Были исследованы такие показатели качества древесины, как плотность (базисная, в абсолютно-сухом состоянии) и показатели микроструктуры древесины (длина древесинного волокна, диаметр волокна). Оказалось, что базисная плотность древесины изученных гибридов тополя белого в возрасте 28 лет имеет показатели несколько выше справочных значений для данной породы тополя. Причем, наилучшими показателями базисной плотности обладают клоны 65/81, 143/82 (триплоиды) и 184/82, 136/82 (диплоиды): 355 кг/м^3 - 363 кг/м^3 . Их значения превышают справочные в среднем на 8-14 %. Это свидетельствуют о том, что древесина

отобранных гибридов тополя белого имеет улучшенное качество. Для древесины размноженных *in vitro* 13-ти летних клонов осины полученные показатели плотности оказались несколько ниже справочных (в среднем на 12 %). Объяснение причины пониженной плотности у 13-летней древесины осины можно дать на основе физиологии и генетики древесных растений этой группы. Известно, что у осины только в возрасте 20-25 лет формируется относительно плотная древесина, затем эти показатели начинают снижаться, и только в возрасте 60-70 лет плотность древесины осины достигает своего максимального значения.

Наши исследования структурных характеристик древесины показали, что длина древесинных волокон у тополя белого превосходит диаметр в 42 – 63 раза. Лучшей по этим показателям оказалась древесина клонов 65/81 (триплоидный) и 184/82 (диплоидный): древесинные волокна у них более длинные (1.35 ± 0.19 мм и 1.33 ± 0.21 мм соответственно; максимум 1.85 мм у клона 65/81) и тонкие (29.5 ± 0.12 мкм и 27.6 ± 0.17 мкм соответственно), что свидетельствует об их пригодности для бумажного производства. Из исследованных клонов гнилеустойчивых биотипов осины лучшими по структурным характеристикам оказалась группа клонов 15/01: длина волокна 1.32 ± 0.18 мм (максимум 1.78 мм у клона 15/01) при среднем диаметре волокна 31.2 ± 0.11 мкм (по данным Б.Н. Уголева: у древесины тополя диапазон длины волокна 0.7-1.6 мм; у осины – 0.55-1.6 мм).

Таким образом, изучение показателей качества древесины показало, что наибольший интерес для практического использования представляют клоны 65/81 и 184/82 тополя белого и клон 15/01 осины.

WOOD QUALITY OF SELECTIONALLY IMPROVED VARIETIES OF POPLAR AND ASPEN

Varivodina I.N., Mashkina O.S., Varivodin V.A.

Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia;
varivodinna@rambler.ru

The quality of the wood is one of the main indicators of breeding value of new forms, varieties and hybrids. It is the essential feature, which is aimed at the entire complex selection process. Breeder working with forest plants interested primarily productivity and quality of the wood raw material. Other important features of forestry are also of interest, but more often they are studied together with the expected correlation of productivity and quality. Thus, the rate of wood density gives an indication of the strength, shrinkage, its mechanical properties, is used to predict the properties of paper and wood chipboard. On the role of universal indicators of quality wood can claim and structural characteristics. Fiber length, the thickness of the cell walls – these figures are of great importance in the manufacture of pulp, paper and other wood products.

The objects of the study were: 1) six-growing and productive heteroploid hybrid poplar white: diploid, $2n = 2x = 38$ and triploid ($2n = 3x = 57$) at the age of 28 years by Mashkina hybridization using artificially synthesized via high temperature nonreduced diploid pollen; 2) three *in vitro* propagation of clone (at age 13) and productive rot resistance biotypes aspen selected by Yu.N. Isakov in tremuletum created by V.P. Petruhnov in 1973-1975 years. Such indicators of quality wood density (basic, in absolutely dry) and indicators of the microstructure of wood (length of wood fiber, fiber diameter) were investigated. It turned out that the basic wood density of the studied hybrids of white poplar at the age of 28 has a slightly higher reference values for this species of poplar. And, the best indicators of basic density have clones 65/81, 143/82 (triploids) and 184/82, 136/82 (diploids): 355 kg / m³ - 363 kg / m³. Their values exceed the reference average of 8-14%. This suggests that the timber selected hybrids white poplar has improved quality. Wood propagated *in vitro* 13-year-old aspen clones obtained densities were slightly below the reference (average 12%). Explanation of the reasons for low density in 13-year-old aspen wood can be given based on the physiology and genetics of woody

plants of this group. It is known that aspen only aged 20-25 years, formed a relatively dense wood, then these rates begin to decline, and only at the age of 60-70 years old aspen wood density reaches its maximum value.

Our study of the structural characteristics of the wood showed that the length of the wood fibers in white poplar exceed a diameter of 42 - 63 times. The best of these indicators was wood clones 65/81 (triploid) and 184/82 (diploid): wood fibers have longer (1.35 ± 0.19 mm and 1.33 ± 0.21 mm, respectively, to a maximum of 1.85 mm at the clone 65/81) and thin (29.5 ± 0.12 mm and 27.6 ± 0.17 mm, respectively), indicating their suitability for paper production. Of the clones examined rot resistance biotypes aspen best on structural characteristics was a group of clones 15/01: fiber length 1.32 ± 0.18 mm (1.78 mm for maximum clone 15/01) with an average fiber diameter 31.2 ± 0.11 mm (according to Ugolev: from poplar wood fiber length range of 0.7-1.6 mm in aspen – 0.55-1.6 mm).

Thus, the study of wood quality indicators showed that the greatest interest for practical use are clones of 65/81 and 184/82 white poplar and aspen clone 15/01.

СТРУКТУРА РАЗНООБРАЗИЯ 5-ХВОЙНЫХ СОСЕН ЕВРАЗИИ КАК ПРОДУКТ ИХ СЕТЧАТОЙ ЭВОЛЮЦИИ

Васильева Г.В., Горошкевич С.Н., Петрова Е.А.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия;
e-mail: galina_biology@mail.ru

В настоящее время насчитывается 22 вида пятихвойных сосен, относящихся к секции *Quinquefoliae* подсекции *Strobus* (Gernandt et al., 2005): 14 евроазиатских и 8 северо-американских. На всем протяжении 20-го века их делили на два подсекции – *Strobi* и *Cembrae*, главным образом, по структуре шишки, размеру и форме семян (Little and Critchfield, 1969). Шишки *Cembrae* при созревании не раскрываются и содержат крупные семена без крыла, которые распространяются, в основном, кедровкой. Семена видов из подсекции *Strobi*, как правило, мелкие, имеют крыло и распространяются ветром, чему способствует раскрытие шишек при созревании. У большинства видов *Strobi* их признаки соответствуют систематическому положению, но есть и исключения. Например, семена *P. flexilis*, *P. armandii* и *P. parviflora* тяжелее, чем у других веймутовых сосен, крыло у них практически отсутствует, и они не приспособлены к распространению ветром. Все последние филогенетические построения на основе молекулярных маркеров разной локализации (ядерные, митохондриальные, хлоропластные) также не дают единого результата и не соответствуют друг другу (Gernandt et al., 2005; Syring et al., 2007; Tsutsui et al., 2009). Одной из основных причин считается интрогрессивная гибридизация. Такое предположение подтверждается широкими возможностями для искусственной гибридизации, в том числе между азиатскими и северо-американскими видами (Critchfield, 1986). «Природной лабораторией» для исследования сетчатой эволюции являются современные гибридные зоны. Среди евроазиатских видов естественная гибридизация описана для *P. pumila* и *P. parviflora* в Японии (Watano et al., 1996), *P. pumila* и *P. sibirica* (Politov et al., 1999; Горошкевич, 1999; Goroshkevich et al., 2008) в России.

Гибриды кедрового сибирского и кедрового стланика встречаются на всем протяжении области перекрытия ареалов данных видов: от Хамар-Дабана до Алданского нагорья. Исследование этой гибридной зоны ведется у нас уже более 15 лет. Установлено, что характер гибридизации в разных географических районах разный. В Прибайкалье гибриды обычно представляют собой особи, имеющие промежуточный габитус в сравнении с родительскими видами. Эти гибриды предположительно являются гибридами F1, так как по многим другим признакам они также занимают промежуточное положение, будь то анатомические признаки хвои или изоферментный состав. По плодоношению гибриды не отличаются от родительских видов, но характеризуются сниженной семенной продуктивностью. При благоприятных условиях они могут дать начало как гибридам

второго поколения, так и бэккроссам, т.к. опыляются и гибридами, и родительскими видами.

В северо-восточной части гибридной зоны было обнаружено два типа гибридов. Первый – это такие же гибриды, как в Прибайкалье, имеющие промежуточную морфологию. Второй – гибриды, которые по морфологии очень близки к кедр сибирскому: имеют один строго вертикальный ствол. От этого родительского вида они отличаются нетипичным ветвлением, длинными изогнутыми вверх нижними ветвями и формой семенных чешуй, промежуточной между кедром сибирским и кедровым стлаником. Анализ цитоплазматических маркеров подтвердил их гибридное происхождение. Более того, все особи, определенные в полевых условиях как кедр сибирский, оказались гибридами и имели митохондриальный маркер, типичный для кедрового стланика. Были и такие особи гибридов, принятые за кедр сибирский (около 17%), у которых и митохондриальный и хлоропластный маркеры были стланикового типа. Это говорит о том, что гибридизация кедра и стланика зашла намного дальше формирования гибридов первого поколения и приобрела вид очень глубокой интрогрессии. Таким образом, межвидовая гибридизация имеет большое значение для 5-хвойных сосен: повышая разнообразие, она влияет на их эволюционное развитие.

VARIATION STRUCTURE OF 5-NEEDLE PINES OF EURASIA AS A PRODUCT OF THEIR RETICULATE EVOLUTION

Vasilyeva G.V., Goroshkevich S.N., Petrova E.A.

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russian Federation; e-mail: galina_biology@mail.ru

At present there are about 22 species of 5-needle pines from subsection *Strobus*, section *Quinquefoliae* (Gernandt et al., 2005): 14 Eurasian and 8 North American. In the XX century these species were divided in two subsections, *Strobi* and *Cembrae*, mainly based on female cone structure and size and shape of seeds (Little and Critchfield, 1969). *Cembrae* species have indehiscent cones containing large seeds without wing which spread by nutcrackers. *Strobi* species have dehiscent cones that have small seeds with wing which spread by wind. Majority of *Strobi* species have features which correspond to their taxonomy but there are exceptions. For example, *P. flexilis*, *P. armandii* and *P. parviflora* have more heavy seeds than other white pines and these seeds have non-pronounced wing and don't fit for wind disperse. Phylogeny based on different molecular markers (nuclear, mitochondrial, chloroplast) don't correspond to each other (Gernandt et al., 2005; Syring et al., 2007; Tsutsui et al., 2009). Introgressive hybridization is considered as one of the main reasons of lack of the correspondence. Wide possibilities for artificial hybridization including Eurasian and North American species confirm the presumption (Critchfield, 1986). Contemporary hybrid zones are “natural laboratory” for study reticulate evolution. Among Eurasian species natural hybridization was described for *P. pumila* and *P. parviflora* in the Japan (Watano et al., 1996), *P. pumila* and *P. sibirica* (Politov et al., 1999; Goroshkevich, 1999; Goroshkevich et al., 2008) in the Russia.

P. sibirica and *P. pumila* hybrids occur everywhere in overlapping areals zone of the species: from Khamar-Daban Ridge to Aldanskoe Upland. We study this hybrid zone more than 15 years. It determined that hybridization pattern is different in different regions. In Baikal region hybrid usually look like trees having intermediate habitus in comparison with parental species. Probably, these hybrids are F1 because they are intermediate in many other traits, for example, needle anatomy and isozyme composition. Hybrids and parental species are similar in cone bearing but hybrids have decreased seed efficiency. In favorable conditions hybrids can give rise to F2 or backcrosses as they are pollinated by both hybrids and parental species.

Two types of the hybrids were found in the northern-eastern part of hybrid zone. The first type is the same hybrids like ones in Baikal region which have intermediate morphology. The second type is hybrids similar to *P. sibirica* which had one upright trunk. The *sibirica*-like

hybrids differ from the species atypical branching, namely long curved upward lower branches, and intermediate shape of seed scales as well. Analysis of molecular cytoplasmic markers confirmed hybrid origin of these trees. Moreover, all trees identified in the field like *P. sibirica* was hybrids and have mitochondrial marker typical for *P. pumila*. Some *sibirica*-like hybrids (about 17%) had both mitochondrial and chloroplast marker typical for *P. pumila*. This suggests the *P. sibirica* and *P. pumila* hybridization went farther than F1 formation and took the form of deep introgression. Thus, interspecies hybridization has great value for 5-needle pines increased variation it impact on their evolution.

СТРУКТУРА МАРГИНАЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ У ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ: ГЕНОТИПЫ И ФЕНОТИПЫ, РОСТ И ПОЛОВАЯ РЕПРОДУКЦИЯ, ПРОДУКТИВНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ (НА ПРИМЕРЕ КЕДРА СИБИРСКОГО)

Велисевич С.Н., Горошкевич С.Н., Петрова Е.А., Бендер О.Г., Хуторной О.В.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия; velisevich@imces.ru

Наблюдаемые и прогнозируемые изменения климата обуславливают актуальность исследования их воздействия на лесные экосистемы (IPSS ... 2007), реакция которых более ощутимо проявляется в особых зонах – экотонах (лесотундровых, лесостепных, лесоболотных и т.д.). Здесь основные климатические параметры – температура и влажность, гораздо сильнее, чем в оптимальных условиях, ограничивают жизненные возможности вида и делают эти районы весьма привлекательными для исследования. Особый интерес в этом отношении представляет кедр сибирский – вид с обширным ареалом, играющий важную хозяйственную и средообразующую роль. В рамках данной работы рассмотрена организация приграничных зон термических границ, расположенных по градиентам: широтному (северная и южная в приобской западносибирской части ареала) и высотному (верхняя и нижняя в горных районах Алтая с аридным и гумидным климатом).

Оценка генетической изменчивости (гетерозиготность по изоферментным локусам) и подразделенности южных маргинальных популяций (55°27'-55°44') показала, что климатические изменения и антропогенное воздействие на текущий момент не вызвали значительной редукции генетического разнообразия. Однако снижение качества половой репродукции и неудовлетворительное возобновление свидетельствуют о вероятном смещении южной границы на север при сохранении современных климатических тенденций. Северные маргинальные популяции (65°48'-65°59'), напротив, характеризуются высоким уровнем генетической изменчивости, половой репродукции и естественного возобновления. Опыт по перемещению семян этих популяций за полярный круг (66°39') и выращиванию их в качестве лесных культур показал, что современные климатические условия не ограничивают рост и репродукцию деревьев, которые были перенесены более чем за 100 км к северу от существующей на данный момент линии границы ареала кедра сибирского.

В горных районах с гумидным климатом (Северо-Восточный Алтай) генетическая изменчивость закономерно увеличивается от черневого подпояса к верхней границе распространения вида, что в известной мере характеризует увеличение в этом же направлении адаптивного и общего потенциала популяций. Увеличение интенсивности роста и плодоношения деревьев высокогорья свидетельствует о возможности смещения верхней границы распространения кедра сибирского в сторону высокогорной тундры. Наблюдаемое в последние два десятилетия снижение качества урожая и неудовлетворительное возобновление в черневом подпоясе, напротив, позволяют ожидать сокращения площадей низкогорных кедровников при сохранении наблюдаемых климатических тенденций. В горных районах с аридным климатом (Центральный Алтай), где распространение кедра имеет выраженный островной характер в зоне контакта сухой

высокогорной степи и холодной высокогорной тундры, наблюдается стабилизация роста и половой репродукции деревьев кедра, а также активизация возобновительных процессов. Полученные результаты демонстрируют уникальность генотипического состава маргинальных популяций и позволяют рассматривать их как элементарную единицу при разработке мероприятий по сохранению генофонда кедра сибирского.

STRUCTURE OF MARGINAL POPULATIONS OF FOREST TREES: GENOTYPE AND PHENOTYPE, GROWTH AND SEXUAL REPRODUCTION, PRODUCTIVITY AND SUSTAINABILITY (CASE OF THE SIBERIAN STONE PINE)

Velisevich S.N., Goroshkevich S.N., Petrova E.A., Bender O.G., Khutornoi O.V.

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

Observed and forecast changes in climate caused by actuality of the study of their impact on forest ecosystems (IPSS ... 2007). Their reaction is more pronounced in specific areas - ecotones (tundra, forest-steppe, forest-bog, etc.). In such extreme environment the main climatic parameters - temperature and humidity, is much stronger than in optimal conditions limit growth and reproduction of tree species and make these areas attractive for research. From this point of view is very interesting the Siberian stone pine – a species which has an extensive area and plays an important economic and environment-shaping role. In this article the organization of the area limits of thermal boundaries located along gradients: latitudinal (northern and southern part of the West Siberian, the Priobye area) and altitudinal (upper and lower mountain regions of Altai with arid and humid climates) have been studied.

Evaluation of genetic variability (heterozygosity of isozyme loci) and subdivisions of south marginal populations (55°27'-55°44') has shown that climate change and human impact currently have not caused a significant reduction of genetic diversity. However, the decline in the quality of sexual reproduction and insufficient reforestation predicts a shift of the southern border to the north if they stay current climate trends. Northern marginal populations (65°48'-65°59'), by contrast, are characterized by a high level of genetic variability, sexual reproduction and reforestation. Experience on the movement of seeds of these populations per line of the Arctic Circle (66°39') and growing them as forest plantations has shown that the current climatic conditions do not restrict the growth and reproduction of trees that have been moved more than 100 kilometers north of the existing at the moment northern area limit of Siberian stone pine.

In mountain regions with humid climate (North-Eastern Altai) genetic variability of population increases from the lower mountain zone to the upper limit of the species distribution.

Increasing the intensity of growth and reproduction of highland trees suggests the possibility of displacement of the upper area limit of the Siberian stone pine towards the alpine tundra. In contrast, observed in the last two decades the declining of the quality of the seed cone production and insufficient reforestation in the lower mountain zone allows expect a reduction of stone pine lowland areas while maintaining the observed climate. In mountainous areas with arid climate (Central Altai) the spread of the Siberian stone pine has a distinct insular nature of the distribution in the contact zone of dry steppes and cold alpine tundra. Here observed stabilization of growth and sexual reproduction of Siberian stone pine trees, as well as the activation of reforestation process. These results demonstrate the originality of genotypic structure of marginal populations and they can be valued as an elementary unit in the development of measures to preserve the gene pool of Siberian stone pine.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РОССИИ

Видякин А.И.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Россия les@aiv.kirov.ru

В результате негативной хозяйственной деятельности большинство популяций лесных древесных растений России находится в состоянии биологической деградации, а некоторые – на грани почти полного вымирания. Поэтому происходит постепенное сокращение лесных генетических ресурсов, которое проявляется в основном в снижении генетической изменчивости популяций и видов. При этом в некоторых популяциях, по причине очень низкой численности особей, оно достигло критического предела, при котором в ближайшее время произойдет потеря их генофондов. В связи с этим необходимо срочно разработать программу восстановления и сохранения лесных генетических ресурсов России. В масштабах нашей страны она должна базироваться на оптимизации существующих систем лесопользования и воспроизводства лесов с целью создания благоприятных условий для естественного лесовозобновления как основного способа решения данной проблемы.

Для этого надо: 1) выявить и устранить основные причины снижения генетической изменчивости популяций, связанные с лесопользованием и воспроизводством лесов; 2) изучить популяционно-хорологическую структуру видов, выделить и картировать популяции как основные элементарные единицы управления процессами восстановления и сохранения генетического полиморфизма; 3) разработать комплекс лесоводственных мероприятий по восстановлению численности особей и генетической изменчивости популяций.

Для лесоводственной оптимизации лесопользования и воспроизводства лесов необходимо: 1) уменьшить разрешенную предельную ширину лесосеки при сплошнолесосечной рубке хвойных с 500 до 200 м; 2) применять только те системы и виды рубок, технологии лесосечных работ, которые обеспечат предварительное, сопутствующее и последующее естественное лесовозобновление; 3) ограничить создание лесных культур посадкой до 10 % от общей площади лесовосстановления, так как по причине несбалансированности частот генных вариаций они не способствуют восстановлению микроэволюционных процессов и генетической изменчивости в популяциях и не соответствуют понятию популяции.

Восстановление и сохранение генетической изменчивости популяций возможно только на основе картосхем их пространственного размещения. Для этого изучается географическая изменчивость частот морфофенотипических маркеров популяций, выявляются и картируются районы их однородности и специфичности, проводится статистическая оценка значимости различий между ними. Аналогичным образом с помощью других фенотипических маркеров, можно выделить и картировать группы популяций и ледниковые рефугиумы. На заключительном этапе картирования с помощью молекулярно-генетических методов проводится оценка генетической гетерогенности хорологически смежных морфофенотипически выделенных популяций.

Эти исследования выполнены по сосне обыкновенной. Итоги их сводятся к следующему: 1) хорологически смежные фенотипически выделенные популяции генетически гетерогенны; 2) фенотипические маркеры отражают пространственную дифференциацию популяций аналогично ISSR-маркерам; 3) межпопуляционная изменчивость составляет 45-50%, что в 10-15 раз больше, чем при аллозимном анализе; 4) по аллозимным маркерам, в отличие от ISSR-маркеров, статистически значимых различий между хорологически смежными популяциями в большинстве вариантов сравнения не выявлено; 5) в 2016 г. предполагается закончить картирование популяций сосны на Русской равнине.

В каждой картированной популяции проводятся лесоводственные мероприятия по восстановлению и сохранению её генетической изменчивости. Они изложены нами в «Сибирском лесном журнале» в 2014 г., № 4.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 15-04-00304.

SCIENTIFIC GROUNDS OF RESTORATION AND PRESERVING OF FOREST GENETIC RESOURCES IN RUSSIA

Vydyakin A.I.

Institute of Biology of the Komi SC of UrD of Russian Academy of Sciences, Russia;
les@aiv.kirov.ru

As a result of improper management the most populations of forest ligneous plants are in the state of degradation in Russia, and some of them are critically endangered. This is the reason of gradual reduction of forest genetic resources, which consists mostly in lessening genetic variability of populations and species. And in some populations, as a result of a very low number of specimens, the situation has reached the critical limit, so that the loss of their genofond is about to happen. Thus it is necessary to work out the program of restoration and preserving of forest genetic resources of Russia. On a scale of our country this program should be based on optimizing the existing the existing systems of forest management and forest regeneration with the aim of creating favorable conditions for natural reforestation, which is the main way of solving the problem in question.

Thus it is necessary: 1) to find out and eliminate the main reasons of lessening genetic variability of populations, the reasons which are connected with forest management and forest regeneration; 2) to study the species population-chorologic structure, to identify, and to map the populations as the main elementary units in managing the process of restoration and preserving of genetic polymorphism; 3) to work out a complex of forestry events aimed at restoration the number of specimens and genetic variability of the population.

Forestry optimization of forest management and forest rehabilitation requires: 1) to lessen the limit width of the wood cutting area at localized clear felling of conifers from 500 to 200 m.; 2) to use only those systems and wood-cutting ways and technologies which are able to provide the previous, associate, and consequent natural forest growth; 3) to limit creating forest cultures with planting up to 10 % of the whole area of reforestation, as due to dis-balanced gene variation frequency they do not contribute to regeneration of microevolutionary processes and genetic variability in populations and do not conform with the concept of population.

Restoration and preserving genetic variability of populations is possible only in condition of mapping their positional application. Thus it is necessary to study the geographic changeability of frequency of morpho-phenotypic population markers, to indicate and map the areas of homogeneity and specificity, to make a statistical estimate of the degree of differences between them. Same way, with the help of other phenotypic markers, it is possible to identify and map population groups and glacial refugiums. At the final stage of mapping genetic heterogeneity of chorologically adjacent, merpho-phenotypically identified populations is estimated with the help of molecule-genetic methods.

The research of pine has been carried out. Its results are the following: 1) chorologically adjacent phenotypically identified populations are genetically heterogeneous; 2) phenotypic markers show spatial differentiation of populations, analogously to ISSR-markers; 3) interpopulation changeability is 45-50%, which is 10-15 times more, than at allozyme analysis; 4) as for allozyme markers, unlike ISSR-markers, in the most cases there was not found any statistically important difference between chorologically adjacent populations; 5) in 2016 it is planned to finish mapping of pine populations on the Russian plain.

Forestry measures on restoration and preserving genetic variability of the mapped population are taken within each mapped population. We have described them in "Siberian Forest Journal" № 4, 2014.

The work was done with financial support of the Russian Foundation for Basic Research, project № 15-04-00304.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МОРФОФЕНОТИПИЧЕСКИ ВЫДЕЛЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ВОСТОКЕ РУССКОЙ РАВНИНЫ

Видякин А.И.¹, Боронникова С.В.², Пришневская Я.В.²

¹Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Россия; les@aiv.kirov.ru

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия
SVBoronnikova@yandex.ru

Важнейшей проблемой современной популяционной биологии древесных растений является изучение популяционно-хорологической структуры вида, выделение и картирование элементарных популяций. От успешности решения её во многом зависит дальнейший прогресс в области микроэволюционного учения, эволюционной систематики и таксономии, а также восстановления и сохранения лесных генетических ресурсов.

В настоящее время под влиянием негативного антропогенного воздействия многие природные популяции древесных растений находятся в состоянии биологического регресса, а некоторые – на грани почти полного уничтожения. Это постоянно уменьшает возможности решения указанной проблемы. Поэтому необходима разработка системы новых, более эффективных методических подходов, принципов и методов исследования.

В конце XX, начале XXI веков на примере сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) была разработана система методов выделения фенотипических индексов-маркеров генотипа дерева, их применения в феногеографии (Видякин, 1991, 2001, 2003, 2010). Это позволило выделить и картировать хорологически смежные фенотипически гетерогенные популяции *P. sylvestris* на востоке Русской равнины (Видякин, 2004).

Однако эти подразделения вида можно считать популяциями только при условии выявления их генетической гетерогенности. Для этого с помощью ISSR метода нами проведен молекулярно-генетический анализ ядерной ДНК в трех хорологически смежных популяциях *P. sylvestris* – Северодвинской, Верхневелужской, Велужско-Вятской, выделенных и картированных в результате изучения географической изменчивости аллометрических индексов шишек (Видякин, 2004). Для анализа в каждой популяции собрано по две выборки побегов, из вегетативных почек которых была выделена ДНК.

Анализ полученных данных по генетической изменчивости показал, что при наличии внутривидовой однородности выборки Северодвинская популяция статистически значимо отличается от Верхневелужской по показателям: 1) ожидаемой гетерозиготности (H_e); 2) абсолютного числа аллелей на локус (n_a); 3) эффективного числа аллелей на локус (n_e), а Верхневелужская популяция от Велужско-Вятской – только по абсолютному числу аллелей на локус (n_a).

В смежных Северодвинской и Верхневелужской популяциях в среднем по всем праймерам общее генетическое разнообразие выборки (H_t) составляет 0.307, среднее генетическое разнообразие (H_s) – 0.157, коэффициент подразделенности (G_{st}) – 48.82%, а в Верхневелужской и Велужско-Вятской популяциях – соответственно 0.227, 0.115, 48.43%.

Генетическое расстояние между выборками Северодвинской популяции составляет 0.072, Верхневелужской – 0.089, Велужско-Вятской – 0.073. Между выборками Северодвинской и Верхневелужской популяций попарные генетические расстояния увеличиваются примерно в 5 раз, а Верхневелужской и Велужско-Вятской – в 2.5 раза. На дендрограммах, построенных UPGMA-методом по ISSR-спектрам, выборки каждой популяции образуют отдельный кластер.

Таким образом, исследования показали, что хорологически смежные морфофенотипически выделенные популяции *P. sylvestris* статистически значимо различаются по показателям генетической изменчивости и генетической структуры. При этом подразделённость популяций по ISSR- маркерам, как минимум на порядок больше,

чем при аллозимном анализе. Классовые частоты аллометрических индексов отражают специфику пространственной дифференциации популяций аналогично ISSR-маркерам.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 12-04-00062, № 15-04-00304).

GENETIC DIFFERENTIATION OF THE MORPHO-PHENOTYPICALLY IDENTIFIED POPULATIONS OF *PINUS SILVESTRIS* L. IN THE EAST OF THE RUSSIAN PLAIN

Vydyakin A.I.¹, Boronnikova S.V.², Pryshnivskaya Ya.V.²

¹Institute of Biology of the Komi SC of UrD of Russian Academy of Sciences, Russia
les@aiv.kirov.ru

²Perm National State Research University, Russia SVBoronnikova@yandex.ru

The main issue of contemporary Biology of ligneous plants populations is studying population-chorologic structure of the species, as well as identifying and mapping elementary populations. Any further progress in developing microevolution theory, evolution systematics and taxonomy, as well as in preserving forest genetic resources, depends on the ability of dealing with this issue.

Nowadays anthropogenic impact causes biological regress in many natural populations of ligneous plants, and some of them are on the brink of extinction. So the possibility of solving this problem is gradually lessening. That's why it is necessary to work out the system of new, more effective methodological approaches, principles, and research methods.

In the end of the 20th century – the beginning of the 21-st century there was worked out a system of methods of phene identifying and allometric indexes-markers of tree genotype, and their application in Phenogeography by the example of pine (*Pinus sylvestris* L.) (Vydyakin, 1991, 2001, 2003, 2010). It helped to identify and to map chorologically adjacent, phenotypically heterogeneous populations of *P. sylvestris* in the east of the Russian Plain (Vydyakin, 2004). Still these subdivisions of the species could be called populations only if their genetic heterogeneity is stated. For that, with the help of ISSR-method we have carried out molecule-genetic analysis of the nucleus DNA in three chorologically adjacent populations of *P. sylvestris*: Severodvinsk, Upper-Vetluga, and Vetluga-Vyatka populations, which were identified and mapped as a result of researching geographical changeability of allometric cone indexes (Vydyakin, 2004). For the analysis in each population there were taken 2 shoot samplings, and from their vegetative buds DNA was taken.

The analysis of the data on genetic changeability has shown that, with interpopulation homogeneity of the samplings, the Severodvinsk population is statistically different from the Upper-Vetluga population as for: 1) the heterozygosity expected (H_e); 2) the absolute number of alleles per locus (n_a); 3) the effective number of alleles per locus (n_e), and the Upper-Vetluga population differs from the Vyatka-Vetluga population only in the absolute number of alleles per locus (n_a).

In the adjacent Severodvinsk and Upper-Vetluga populations, on the average, as for all the primers, the general genetic variability of the samplings (H_T) is 0.307, the average genetic variability (H_s) is 0.157, the coefficient of subdivision (G_{st}) is 48.82%, while in the Upper-Vetluga and the Vetluga-Vyatka populations these indexes equal 0.227, 0.115, 48.43% accordingly.

The index of genetic distance between the samplings of the Severodvinsk population is 0.072, of the Upper-Vetluga population – 0.089, and of the Vyatka-Vetluga population – 0.073. Pairwise genetic distances between the Severodvinsk and the Upper-Vetluga populations increase fivefold, while between the Upper-Vetluga and the Vetluga-Vyatka populations they increase 2.5 times. In the dendrogrammas made with the UPGMA-method according to ISSR-specters the samplings of each population form a separate cluster.

Thus, the research has shown that the chorologically adjacent populations of *P. sylvestris* identified on the morphophenotypic principle considerably differ statistically as for the indexes of genetic changeability and genetic structure. The subdivision of the populations as for the ISSR-markers is by an order of magnitude greater than at allozyme analysis. The class frequency of allometric indexes reflects the specificity of the populations' spatial differentiation analogous to ISSR-markers.

The work was done with financial support of the Russian Foundation for Basic Research (№ 12-04-00062, № 15-04-00304).

ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ: МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОТБОРА ДЕРЕВЬЕВ И ПОПУЛЯЦИЙ, КОМПЛЕКСНОСТЬ И ЭТАПНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Глотов Н.В.¹, Видякин А.И.², Тараканов В.В.^{3,4}

¹Марийский государственный университет (Йошкар-Ола), Россия, nvglotov@inbox.ru

²Институт биологии Коми научного центра УрО РАН (Киров), Россия

³Западно-Сибирский филиал Института леса СО РАН (Новосибирск), Россия

⁴Новосибирский государственный аграрный университет (Новосибирск), Россия

Для решения различных задач в области сохранения и рационального использования лесных генетических ресурсов первоочередное значение имеет изучение особенностей генофондов и пространственной популяционной структуры видов. В последние десятилетия резко возросло число публикаций, посвященных данной теме на основе анализа результатов оценки изменчивости аллозимных и ДНК маркеров (обзоры Крутовский, 2006; Политов, 2007). Это обусловлено высокой информативностью данных методов в плане характеристики генетической структуры популяций по большому числу локусов по параметрам, которые невозможно получить другими методами, - такими, как полиморфность, гетерозиготность, перечень и частота гаплотипов, интенсивность инбридинга и др. При этом создается впечатление, что эффективность применения новейших молекулярно-генетических методов могла бы быть повышена, если бы современные исследователи более полно использовали опыт и информацию, накопленные при изучении изменчивости и популяционной структуры видов-лесообразователей на предыдущем этапе исследований. Прежде всего, это относится к методам размещения выборок в ареале исследуемого вида, а также к принципам комплексности и этапности исследований, которые подробно рассмотрены в сообщении.

Сделаны выводы о том, что: 1) при решении задачи характеристики генетической гетерогенности популяций в масштабе ареала вида размещение выборок для исследований должно осуществляться с учетом ландшафтно-экологической структуры ареала и естественной истории вида (Глотов, 1975; 1983; Семериков, 1986; Видякин, 2004; 2014; Zhivotovskiy et al., 2014); 2) с учетом того, что каждый метод оценки генетической гетерогенности имеет свои сильные и слабые стороны, для решения поставленных задач необходимо использовать комплекс методов молекулярной генетики, популяционной фенетики, а также биометрической генетики; 3) для снижения себестоимости исследований целесообразно поэтапное применение различных методов, начиная от наиболее простых и относительно недорогих методов популяционной фенетики на первом этапе массового скрининга большого числа выборок со всего ареала, до более дорогих, но максимально информативных методов ДНК-анализа на заключительном этапе, на котором выборочно исследуются «типичные» и «нетипичные» выборки, дается обобщенная характеристика особенностей популяционной структуры вида и уточняется ранг выявленных внутривидовых ареальных совокупностей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №13-04-00495_a).

ESTIMATION OF GENETIC HETEROGENEITY OF POPULATIONS OF WOOD PLANTS SPECIES: METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF SELECTION OF TREES AND POPULATIONS, SEQUENCE OF RESEARCH STAGES

Glotov N.V.¹, Vidyakin A.I.², Tarakanov V.V.^{3,4}

¹ Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia; nvglotov@inbox.ru

² Institute of Biology of the Komi SC of UrD of Russian Academy of Sciences, Russia; les@aiv.kirov.ru

³ V.N. Sukachev Institute of Forest (West-Siberian Branch), Siberian Branch of Russian Academy of Science, Novosibirsk, Russia

⁴Novosibirsky State Agricultural University, Novosibirsk, Russia

The studying of features of genofunds and spatial population structures of species has the prime value for the decision of various problems in the field of conservation and rational use of forest genetic resources. In the last decades the number of the publications on this theme on the basis of the analysis of results of an estimation of variability allozyme and DNA markers has sharply increased (reviews Krutovsky, 2006; Politov, 2007). It is caused by high information value of such methods which give characteristic of genetic structure of populations on the big number of locies on parameters which cannot be received other methods - such as polymorphism, heterozygosity, the list and frequency of gaplotypes, intensity of inbreeding and others. As it seems to us, the efficiency of using of the newest molecular-genetic methods could be raised, if modern researchers made use the experience and the information which has been accumulated up at studying of variability and population structure of keystone species at the previous stage of researches. First of all, it concerns to methods of the areal distribution of population samples and also to principles of integrated approach and sequence of researches; it is considered in detail in the message.

Conclusions is drawn : 1) at the decision of a problem of the characteristic of genetic heterogeneity of populations in species areal scale the distribution of population samples for investigations must be fulfilled taking into account the landscape-ecological structure of an area and natural history of the species (Glotov, 1975; 1983; Semerikov, 1986; Vidyakin, 2004; 2014; Zhivotovsky et.al., 2014); 2) considering that each method of an genetic heterogeneity estimation has strong and weak points, for the decision of the tasks it is necessary to use a complex of methods, including molecular genetics, population phenetics, and also biometric genetics; 3) for decrease in the cost price of investigations it is expediently to use step-by-step application of various methods, beginning from the most simple and concerning inexpensive methods population phenetics at the first stage of mass screening of the big number samples from all area, up to more expensive, but as much as possible informative methods of DNA-analysis at the final stage on which "typical" and "atypical" samples are selectively investigated, the generalized characteristic of population structure features of a species is given and the intraspecific hierarchical rank of revealed populations and its complexes is précised.

The work was done with financial support of the Russian Foundation for Basic Research (project №13-04-00495_a).

ПРОЯВЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ В СЕМЕННОМ ПОТОМСТВЕ У СТЕРЕОМОРФ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В СВЯЗИ С ГУСТОТОЙ ПОСАДКИ

Голиков А.М.

Филиал ФБУ «Рослесозащита» - «ЦЗЛ Новгородской области», Россия;
toly.golikov@yandex.ru

Многочисленные данные, полученные для различных видов древесных растений, показали, что эффекты конкуренции оказывают значительное влияние на структурную организацию насаждений, характер роста отдельных деревьев и их селекционные свойства

(Сукачев, 1941; Роне, 1980; Golikov, 1989; Голиков, Карцев, Маслакова, 1992; Голиков, 2011; Голиков, Жигунов, 2012; Рогозин, Разин, 2012; Голиков, Рогозин, 2013).

В настоящее время эколого-диссимметрический подход является важнейшей методологической основой в познании популяционных закономерностей видов хвойных (А.М. Голиков. Эколого-диссимметрический подход в генетике и селекции видов хвойных, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014, 162 с.). Данный подход позволил открыть механизмы генетического гомеостаза популяций в меняющихся условиях увлажнения и внутренней среды фитоценоза, из которых наиболее сильны конкурентные взаимодействия между левыми (L) и правыми (D) формами деревьев (энантиоморфами) на ценотическом уровне. При высокой плотности ценоза и обострении конкуренции правые формы сосны и ели оказались наиболее конкурентоспособными и отличались более быстрым и стабильным ростом. Левые формы, напротив, отрицательно реагируют на увеличение плотности ценоза, ухудшают рост и усиливают дифференциацию по высоте и диаметру. Противоположное реагирование левых и правых форм на конкуренцию обусловлено тем, что они адаптивно неравноценны по отношению к основополагающим факторам среды: свету, влаге и температуре. Левые формы отличаются светолюбием и ксерофитностью, а правые, наоборот, требовательны к влаге, теневыносливы и холодостойки.

Нами были исследованы 23-летние испытательные культуры плюсовых деревьев ели европейской, созданные на дренированной легкосуглинистой почве в кисличном типе леса с густотой посадки 6350 экз./га (густые культуры) и 833 экз./га (редкие культуры). В густых культурах проходят испытание 72 семьи, а в редких культурах – 57 семей.

На основании диссимметрической изменчивости ствола и кроны плюсовые деревья ели были разделены на следующие стереоморфные типы:

–LL, DD – левый и правый типы с достоверным численным преобладанием гомодромных побегов в кроне (первый буквенный знак означает диссимметрию стволового побега, а второй – кроны);

–LR, DR – левый и правый типы с рацемическими кронами (соотношение L и D побегов достоверно не отклоняется от теоретически ожидаемого 1:1);

–LD, DL – левый и правый типы с преобладанием антидромных побегов в кроне.

Исследования показали, что более высокое потомство в обоих типах культур имеют стереоморфы LL, DD, LR и DR, а потомство стереоморф с антидромными кронами LD и DL растет достоверно хуже. Но в условиях редких культур потомства левых форм плюсовых деревьев (LL, LR и LD стереоморфы) превосходили потомства правых форм (DD, DR и DL стереоморфы) по диаметру на 11.4% и по высоте на 9.7%. В густых же культурах ранговый статус семей изменился: наиболее быстрым ростом отличались потомства уже правых форм с превышением по диаметру и высоте над потомством левых форм соответственно, на 6.9% и 5.6%. Обнаруженные закономерности свидетельствуют в пользу выведения специальных сортов хвойных для обычного (густого) и плантационного (редкого) их выращивания, с обязательным учетом и преобладанием при отборе материнских деревьев либо правых, либо их левых форм.

EXPRESSION OF QUANTITATIVE TRAITS IN SEEDLINGS OF STEREOMORPHS OF NORWAY SPRUCE PLUS TREES IN RELATION TO POPULATION DENSITY GolikovA.

Centre for forest protection in the Novgorod region, Russia; toly.golikov@yandex.ru

Numerous data for various types of woody plants show that competition influence a lot on the structure of planted vegetation, way of growth of certain trees and their breeding characteristics (Sukachev, 1941; Rone, 1980; Golikov, 1989; Golikov, Kartsev, Maslakova, 1992; Golikov, 2011; Golikov, Zhigunov, 2012; Rogozin, Razin, 2012; Golikov, Rogozin, 2013).

Now, environmental dissymmetrical approach is a major methodological framework for studies of the coniferous populations' patterns (A. Golikov: Environmental dissymmetrical approach in coniferous genetics and selection, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014, 162 p.). This approach allowed for the discovery of genetic homeostasis regularities in changing moisture and phytocenosis conditions, out of which the strongest competition is observed between left (L) and right (D) tree forms (enantiomorphs) on cenosis level. In the conditions of high population and stiff competition, right forms of pine and spruce were more competitive and showed faster and more stable growth. On the contrary, left forms adversely react to the increase in coen population, deteriorate their growth and strengthen the differentiation in height and diameter. Different reaction of left and right forms to the competition can be explained by the fact that they are unequal in their adaptability to major ambient factors: light, humidity and temperature. Left forms are more light-demanding and xerophilous, and right forms are hydrophilous, shade-tolerant and cold-resistant.

We have studied 23-year-old Norway spruce plus trees tested on drained sandy loam soil in wood sorrel forest with stand density of 6350 trees / ha (dense cultures) and 833 trees / ha (thin-sown cultures). 72 families were tested in dense cultures and 57 families – in thin-sown cultures.

Based on dissymmetrical variability of trunks and crown, spruce plus trees were divided into the following stereomorph types:

- LL, DD – left and right type with significant quantitative domination of homodromous springs (the first alphabet means the trunk dissymmetry and the second means the crone dissymmetry);
- LR, DR – left and right type with racemic crones (the ratio of L and D springs doesn't differ significantly from the theoretically anticipated 1:1);
- LD, DL – left and right type with significant domination of antidromous springs.

The survey has shown that higher offspring in both cultures have stereomorphs LL, DD, LR and DR; and stereomorphs with LD and DL antidrome crones give offspring that grow significantly worse. But in case of thin-sown cultures the offspring of left plus trees (stereomorphs LL, LR and LD) were bigger than the offspring of right trees (stereomorph DD, DR and DL) in diameter by 11.4% and in height by 9.7%. Whereas in dense cultures the rank of the families is different: the most fast-growing were the offspring of right forms which were bigger than the offspring of left forms in diameter and height by 6.9% and 5.6% correspondingly. These regularities confirm the need to develop tailored coniferous species for common (dense) and planted (thin-sown) growing with obligatory control and domination of either left or right parent tree.

УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ)

Горошкевич С.Н.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия;
gorosh@imces.ru

Под генетическим разнообразием обычно понимается внутривидовое разнообразие. По нашему мнению, в данном случае вряд ли имеет смысл оперировать таксономической категорией, которая до сих пор не имеет сколько-нибудь общепринятого определения. Поэтому генетическим разнообразием мы предлагаем называть разнообразие внутри совокупности репродуктивно совместимых надорганизменных отдельностей, т.е. на том уровне, где генетические различия не исключают генетического взаимодействия.

Для классификации разнообразия внутри вида традиционно фигурируют два ключевых термина – популяция и экотип. Оба термина имеют много разнообразных определений, что говорит об их неопределенности. Неопределенность включает два основных элемента. (1) **Неопределенность содержания.** Есть много определений

популяции, где очень силен экологический компонент. Главной же задачей исследования экотипов является выявление наследственного компонента в их разнообразии. Следовательно, два термина характеризуют разнообразие с разных, но одинаково важных сторон. Популяционно-генетические уровни организации имеет смысл выделять по числу мигрантов (зигот) или полумигрантов (гамет) в генофонде данной отдельности; эколого-генетические уровни организации – по величине различий в адаптивной части ее генофонда. (2) **Неопределенность размера.** Наука активно ищет границы между популяциями и экотипами, но крайне редко находит их. Теснейшая генетическая интеграция возможна на любом (!) уровне организации: от уровня ценопопуляций (многократно и убедительно показано, что смежные сухоходольные и болотные сосняки – это разные популяции) до межвидового уровня (многие «хорошие» виды в гибридных зонах образуют, бесспорно, единую популяцию). Ровно то же самое можно сказать и про экотип. Следовательно, экотип и популяция – это не внутривидовые ареальные отдельности, но принципы организации генетически совместимых особей. Их смежные территориальные совокупности могут образовывать единую популяцию (активно обмениваться генами), но быть разными экотипами (существенно и закономерно различаться по генотипическому составу). Наоборот, две разобщенных территориальных совокупности могут быть разными популяциями (почти не обмениваться генами), но принадлежать к одному экотипу (достоверно не отличаться по адаптивным генотипически обусловленным свойствам).

Обычно считается, что генетическое взаимодействие между особями осуществляется лишь внутри вида как основной систематической категории, ибо основным критерием биологического вида является его нескрещиваемость с другими видами. Однако среди лесных древесных растений трудно найти даже несколько таких видов. Добрая половина видов (если не 2/3) имеют современные гибридные зоны. Остальные либо имели их в прошлом (сетчатая эволюция), либо могут иметь их в будущем (т.к. репродуктивно совместимы). Главным условием появления перспективных эволюционных новообразований является репродуктивная несовместимость новой филогенетической ветви с другими такими же ветвями. Из этой новой ветви при благоприятном стечении обстоятельств развивается новая система ветвления: совокупность существенно разных, но генетически совместимых отдельностей. Такая система ветвления и является главной единицей эволюции живой материи. Возможны два варианта решения обозначенной проблемы. (1) Пользуясь основным критерием вида, объединить все репродуктивно совместимые отдельности в один вид. (2) Не рассматривать больше вид как основную систематическую категорию, основной продукт и основную единицу и эволюционного процесса, а считать таковыми совокупность генетически совместимых видов. Ее вполне можно было бы обозначить как род. Мы выступаем за второй вариант и приглашаем ученое сообщество присоединиться к этой идее.

THE LEVELS OF GENETIC DIVERSITY ORGANIZATION (CASE OF FOREST WOODY PLANTS)

Goroshkevich S.N.

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Russian Academy of Sciences,
Siberian Branch, Russia; gorosh@imces.ru

When we say the genetic diversity we generally mean the intraspecific diversity. In our opinion, in this case, it makes little sense to operate the taxonomic category that still does not have any universally accepted definition. Therefore, we suggest defining the genetic diversity as the diversity within the totality of reproductively compatible individuals, i. e. at that level where the genetic differences do not exclude the genetic interaction.

The classification of the variety within the species traditionally contains two key terms - population and ecotype. Both terms have a lot of different definitions what indicates to their indefiniteness. This indefiniteness includes two main elements. (1) **Indefiniteness of essence.** There are many definitions of the population, which have very strong environmental component. But the main objective of the ecotypes study is to identify the hereditary component in their diversity. Consequently, the two terms describe a variety from different but equally important points. It makes sense to distinguish population-genetic levels of the organization according to the number of migrants (zygotes) or "semi-migrants" (gametes) in the gene pool of the singularity; ecological-genetic levels of the organization - according to the magnitude of the differences in the adaptive part of its gene pool. (2) **Indefiniteness of size.** Science is actively searching for the boundaries between populations or ecotypes, but rarely finds them. Close genetic integration is possible at any (!) level of the organization: from the level of cenopopulation (it is repeatedly and convincingly shown that the adjacent upland and swamp pine forests are different populations) to the interspecific level (many "good" species in hybrid zones form undoubtedly united population). Exactly the same can be said about the ecotype. Consequently, the ecotype and the population - are not intraspecific areal singularities, but the principles of organization of genetically compatible individuals. Their adjacent territorial totalities can form common population (be actively exchanged genes) but be different ecotypes (essentially and regularly differ in the genetic composition). On the contrary, the two separated territorial totalities may be different populations (almost are not exchanged genes), but belong to the same ecotype (not significantly different by genotypically determined properties).

It is usually assumed that the genetic interaction between individuals occurs only within a species as the main systematic category, because the main criterion for biological species is its inability to interbreed with other species. However, it is hard to find even a few of such species among the forest woody plants. More than half of the species (probably even 2/3) have a modern hybrid zones. The rest either had them in the past (reticulate evolution) or can have them in the future (as they are reproductively compatible). The main condition for the origin of perspective evolutionary new formations is a reproductive incompatibility of a new phylogenetic branch with other similar branches. Under favorable coincidence, this new branch develops into a new system of branching: a set of essentially different, but genetically compatible singularities. Such system of branching is the main unit of biological evolution. There are two possible solutions of this problem. (1) Unite all reproductively compatible singularities in one species using the basic criterion of the species. (2) a basic systematic category, the main product and the main unit of the evolutionary process should be considered not a species but the totality of genetically compatible species. The last could well be named the genus. We stand for the second option and invite the scientific community to join this idea.

СОМАТИЧЕСКИЕ МУТАЦИИ У СИБИРСКИХ ВИДОВ ХВОЙНЫХ КАК ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ДЕКОРАТИВНЫХ КУЛЬТИВАРОВ

Горошкевич С.Н., Жук Е.А., Васильева Г.В.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия;
gorosh@imces.ru

В абсолютном большинстве случаев все признаки, характеризующие морфогенез и рост, подвержены постепенной (клинальной) изменчивости в пределах кроны дерева. Однако иногда, крайне редко, встречаются резкие, скачкообразные изменения признаков в пределах кроны, которые квалифицируются как соматические мутации. У хвойных наибольший интерес в этой связи представляют так называемые "ведьмины метлы" (ВМ) – фрагменты кроны (локальные системы ветвления) с аномальным морфогенезом. Классическая точка зрения на ВМ, отраженная в учебниках по лесной фитопатологии, состоит в том, что они имеют патологическое происхождение (грибное, микоплазменное, вирусное). В то же время, налицо факты существования ВМ принципиально иной –

предположительно мутационной – природы. От патологических они отличаются нормальной жизнеспособностью, высокой долговечностью, спорадическим распространением.

Нами проведен всесторонний анализ роста и генеративного развития нескольких десятков ВМ у сибирских и дальневосточных видов хвойных, а также их вегетативного и семенного потомства в сравнении потомством нормальной части кроны тех же деревьев. При размножении прививкой характерные для ВМ свойства (специфические рост, морфогенез и плодоношение) полностью сохранялись. Все ВМ по морфологии уклонялись от нормы в одну сторону, но в разной степени. Следовательно, главным фактором разнообразия была именно выраженность мутации, которая, предположительно имела ступенчатый характер: могла быть слабой, средней и сильной. В семенном потомстве ВМ наблюдалось расщепление семян на 2 дискретных класса: (1) нормальные растения, (2) растения с замедленным ростом и интенсивным ветвлением. Соотношение тех и других – 1:1. При этом нормальная половина потомства ВМ ничем не отличалась от потомства нормальной кроны того же дерева. Это неопровержимо доказывает, что ВМ представляют собой доминантную соматическую мутацию. Отдельные ВМ очень разнообразны во всех отношениях, что открывает широкие возможности для селекции. Некоторые клоны ВМ кедра сибирского отличаются ценными свойствами: высокой жизнеспособностью, замедленным ростом, скороплодностью, обильным плодоношением и нормальным качеством шишек. Для дальнейших наблюдений заложены клоновый архив и испытательные культуры, в которых сейчас испытываются десятки ВМ.

Полученные результаты открывают довольно широкие перспективы для использования ВМ в селекционных программах генетического улучшения кедра сибирского как орехоплодной породы. Первое поколение сортов-клонов может быть аттестовано уже через несколько лет на основе 15-20-летних наблюдений за имеющимися в настоящее время прививками. Дальнейшую работу предполагается построить по принципу максимально возможного расширения генотипического полиморфизма за счет контролируемых скрещиваний и последующего отбора выдающихся генотипов как кандидатов в сорта-клоны. Для этой цели, в частности, предлагается широко использовать контролируемые скрещивания вегетативного потомства ВМ с нормальными клонами, отличающимися разнообразными полезными признаками: обильное мужское "цветение", скороплодность, обильное плодоношение, высокое качество шишек и семян. Испытание семенного потомства от таких скрещиваний позволит значительно расширить генетический полиморфизм селекционного материала и обеспечит значительное улучшение сортов-клонов в будущем. Суть предлагаемой схемы – последовательное чередование скрещивания и отбора в семьях. Каждый из занимает 15-20 лет и заканчивается выведением сортов-клонов качественно нового уровня. Семенное потомство ВМ предполагается использовать также как основу для выведения подвойных сортов-популяций и сортов-линий.

SOMATIC MUTATIONS IN SIBERIAN CONIFER SPECIES AS SOURCE FOR DECORATIVE CULTIVARS BREEDING

Goroshkevich S.N., Zhuk E.A., Vasilyeva G.V.

Institute of monitoring of climatic and ecological systems, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia; gorosh@imces.ru

In the most cases all traits that characterize growth and morphogenesis are affected by gradual (clinal) variation inside tree crown. However, the sharp, saltatory changes are observed inside the tree crown occasionally and very rarely, they are defined as somatic mutations. In conifers the so-called "witches' broom" (WB), the fragment of tree crown (local branching system) having abnormal morphogenesis are the objects of greatest interest in this connection. The classical view concerning WB, reflected in forest plant pathology, is the pathological origin

of WB (fungal, mycoplasma, viral). At the same time, there is evidence of the existence of fundamentally different, probably mutational WB. They differentiated from pathological WB by normal viability, great longevity and sporadic distribution.

We analyzed comprehensively the growth and generative development in several dozens WB in the Siberian and Far Eastern conifer species and their vegetative and seed progeny compared with progeny from the normal part of the same trees crown. After the grafting the vegetative progeny retained all the WB-specific traits (specific growth, morphogenesis and cone bearing). The morphology of all WB shifted relatively to the norm in the one direction, but in varying degrees. Consequently, the main variation factor was the expression of mutation that presumably had step character and could be weak, medium and strong. The seed progeny of WB is segregated into 2 discrete classes: (1) normal plants, (2) plants with slow growth and abundant branching. Their ratio was 1:1. The normal half of WB progeny had no differences from the progeny of the same tree normal part of crown. This conclusively proves that the WB are dominant somatic mutation. Individual WB are very diverse in all traits that opens up the opportunities for breeding. Some Siberian stone pine WB clones have valuable features: high viability, slow growth, early and abundant cone bearing with normal quality of cones. For further observations we established clone archive and test cultures which contain dozens of WB.

The results reveal a broad perspective for using of the WB in breeding programs concerning the genetic improvement of Siberian stone pine as seed crop species. The first generation of clone varieties can be certified within a few years on the basis of 15-20-year observations of currently available grafts. The further work is supposed to be built on the principle of maximum possible amplification of genotypic polymorphism by the way of controlled crosses and the subsequent selection of outstanding genotypes as candidates in clone varieties. For this purpose, in particular, we propose to use the controlled crossing of WB vegetative progeny with normal clones that have different useful features: abundant male flowering, early or abundant cone bearing, high quality of cones and seeds. Testing of seed progeny from these crosses would significantly extend the genetic polymorphism of breeding material and provide a significant improvement in clone varieties in the future. The point of the proposed scheme is succession of crossing and selection within the families. Each stage takes 15-20 years and finishes in breeding of clone varieties of a qualitatively new level. WB seed progeny is supposed to be used as a basis for breeding rootstock population varieties and of line varieties.

ЛЕСНЫЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ОБЪЕКТЫ ХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ С УЛУЧШЕННЫМИ ГЕНЕТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ

Грек В.С., Нечаев А.А., Морин В.А.

Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Россия;
dvniilh@gmail.com

Лесные стационарные объекты (ЛСО) – отдельные объекты и участки лесных земель, предназначенные для постоянного наблюдения за различными видами и режимами использования лесов, имеющих научное, практическое или познавательное значение. К ЛСО относятся: отдельные выдающиеся растения, пробные площади и учетные площадки различного назначения, уникальные участки искусственных и естественных насаждений, прививочные плантации и коллекционные посадки, постоянные лесосеменные участки, экологические тропы и профили, типовые водосборные бассейны, лесные памятники природы, эталонные и модельные леса, подлежащие мониторингу лесные массивы (реликтовые, малонарушенные и старовозрастные леса). ЛСО могут различаться также по месту положения, размерности, структуре, составу, функциональному назначению.

Впервые стационарные объекты в лесах России появились в первой половине 18-го века как результат организации лесного дела в соответствии с указами Петра I (Лесные памятники, 1986). Систематические научные наблюдения за ЛСО на территории России

стали проводиться с середины 19-го века (Редько, 2002). Изучение лесов юга Дальнего Востока с использованием стационарных объектов начиналось на рубеже 19-20-го столетий (Данилин, 2014). Всего по разным научным программам на Дальнем Востоке к началу 2-го тысячелетия были заложены сотни ЛСО и более 150 действующих лесных стационаров (Москалюк, 2014). Почти половина из них сосредоточена в лесах Хабаровского края (Грек, Шелогаев, 2014). Отдельные ЛСО (Категенский кедрач и другие) по функциональному назначению относятся к генетическим лесным резерватам (Грек, Нечаев, Морин, 2012). Наиболее востребованные ЛСО хвойных насаждений с улучшенными генетическими свойствами сосредоточены в Хехцирском лесничестве в непосредственной близости от краевого центра г. Хабаровска (Материалы полевой экскурсии, 2014).

Наибольшее научное и практическое значение имеют следующие объекты Хехцирского лесничества: 1) лесосеменная плантация кедр корейского (*Pinus koraiensis*), годы создания 1989-1991, площадь 6,8 га, целевое назначение – ускоренное получение семян кедр корейского с улучшенными генетическими свойствами; 2) географические насаждения кедровых сосен, год создания 1977, площадь 5,6 га, целевое назначение – изучение роста и развития кедр корейского и кедр сибирского (*Pinus sibirica*) с целью интродукции; 3) географические насаждения сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), год создания 1952, площадь 7,5 га, целевое назначение – изучение роста и развития сосны обыкновенной с целью интродукции; 4) смешанные насаждения кедр корейского и ореха маньчжурского (*Juglans mandshurica*), год создания 1962, площадь 2,7 га, целевое назначение – ускоренное выращивание древесины и получение семян ценных пород; 5) естественное возобновление кедр корейского и других ценных пород под пологом искусственных насаждений лиственницы даурской (*Larix dahurica* = *L. gmelinii*), год закладки 1961, площадь 2,2 га, целевое назначение – ускоренное выращивание древесины лиственницы и интенсивное формирование второго яруса из подрост кедр корейского, ясеня маньчжурского (*Fraxinus mandshurica*), дуба монгольского (*Quercus mongolica*).

Названные выше объекты в 2011-2014 годах были обследованы в натуре, подверглись полевой инвентаризации с последующей паспортизацией. Они являются частью базы данных сети ЛСО Дальнего Востока в качестве хвойных насаждений с улучшенными генетическими свойствами.

FOREST STATIONARY OBJECTS OF CONIFER PLANTATIONS WITH IMPROVED GENETIC PROPERTIES IN THE KHABAROVSK TERRITORY

Grekh V.S., Nechaev A.A., Morin V.A.

Far East Forestry Research Institute, Russia; dvniilh@gmail.com

Forest stationary objects (FSO) are separate entities and areas of forest land, intended for continuous monitoring of different types and modes of forest, use of scientific, practical or educational significance. To FSO include: outstanding individual plants, plots and accounting platforms for various purposes, unique areas of natural and artificial plantations, grafting plantations and collection of landing, permanent forest seed plots, ecological paths and profiles, typical catchment areas, forest nature monuments, the reference and the model forest to be monitored forests (relict, old-growth and old-growth forests). FSO can also vary by position, dimension, structure, composition, functional purpose.

First forest stationary objects in the forests of Russia appeared in the first half of the 18th century as a result of the organization of forestry in accordance with the decrees of Peter 1 (Forest monuments, 1986). Systematic scientific monitoring of FSO on the territory of Russia has been held since the mid 19th century (Redko, 2002). The study of forests of the southern Far East using stationary objects FSO began at the turn of the 19th-20th centuries (Danilin, 2014). Just for various research programs in the Far East to the beginning of the 2nd Millennium were laid hundreds of FSO and over 150 current forest stationary objects (Moskaliuk, 2014). Almost

half of them are concentrated in the forests of the Khabarovsk territory (Grek, Chelogaev, 2014). Individual FSO (Kategensky stone pine and other) functionality can relate to forest genetic reserves (Grek, Nechaev, Morin, 2012). The most popular FSO conifer plantations with improved genetic properties are concentrated in Khekhtsyur forestry in the vicinity of the regional center of Khabarovsk (Materials of field trip, 2014).

The greatest scientific and practical value are the following objects Khekhtsyur forestry: 1) seed plantation of Korean pine (*Pinus koraiensis*), years of creating 1989-1991, an area of 6.8 hectares, purpose - rapid acquisition of Korean pine seeds with improved genetic characteristics; 2) geographic plantations of Korean pine and Siberian pine, year of foundation 1977 area of 5.6 hectares, the purpose was to study the growth and development of Korean pine and Siberian pine (*Pinus sibirica*) for the purpose of introduction; 3) geographical plantations of Scots pine (*Pinus sylvestris*), year of establishment 1952, an area of 7.5 hectares, the purpose was to study the growth and development of Scots pine with the purpose of introduction; 4) mixed stands of Korean pine and Manchurian walnut (*Juglans mandshurica*), year of establishment 1962, an area of 2.7 hectares, purpose - the intensive production of wood and obtaining seeds of valuable species; 5) natural regeneration of Korean pine and other valuable species under the canopy of artificial plantations of larch (*Larix dahurica* = *L. gmelinii*), bookmarks year 1961, an area of 2.2 hectares, purpose - accelerated cultivation of larch wood and the intensive formation of the second tier from the undergrowth Korean pine, Manchurian ash (*Fraxinus mandshurica*), Mongolian oak (*Quercus mongolica*).

The above objects in 2011-2014 were examined in kind, were subjected to field inventory with subsequent certification. They are part of the network database FSO of Far East as conifer plantations with improved genetic properties.

К СОХРАНЕНИЮ И КОМПЛЕКСНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КЕДРОВО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Гуков Г.В., Костырина Т.В., Розломий Н.Г., Ли М.И.

Приморская государственная сельскохозяйственная академия, Россия; gukovgv@mail.ru

Кедр корейский (сосна корейская *Pinus koraiensis* Sieboldet Zucc.) – стройное высокое дерево до 35 м высоты. Он является древней породой и относится к категории прогрессирующих реликтов. Представители этой группы хорошо приспособились к условиям окружающей среды, жизнестойки, прекрасно возобновляются естественным путем и хорошо растут в лесных культурах. Естественно кедр корейский растет в Приморском и Хабаровском краях, и в юго-восточной части Амурской области. Кедровые леса представляют наибольшую ценность из-за значительных запасов ценнейшей древесины, являясь кормовой базой и местом обитания разнообразных видов зверей и птиц, лекарственных, плодово-ягодных и орехоплодных растений и грибов. Кедрово-широколиственные леса длительное время были основным объектом лесозаготовок. Выборочные рубки кедрового леса привели к его исчезновению во многих коренных местообитаниях, расстройству и обесцениванию насаждений. Только в Приморском крае общая площадь кедровников с 1929 по 1993 годы сократилась с 4,2 млн. га до 2,2 млн. га, т.е. почти наполовину. В целях сохранения наиболее ценных лесов Приморского края в последние десятилетия был принят ряд решений и постановлений. С 1990 г. в крае прекращены окончательно рубки главного пользования в кедровых лесах и рубки кедрового леса в порядке главного пользования в остальных лесах. Однако, вступивший в силу Лесной кодекс 2006 г. запретил рубки только в спелых и перестойных кедровых насаждениях (с участием кедрового леса 0,3 и более), но разрешил его рубку в других лесных формациях с небольшой долей его участия. Как и многие реликтовые породы (все виды семейства Аралиевые и др.), кедр корейский обладает ценными лекарственными свойствами, которые были известны местным жителям еще в далекой древности. Человек от многих болезней использовал кору, древесину, хвою и все части шишек кедрового корейского –

шелуху, скорлупу, пленку и ядра орешков. Наиболее ценными питательными и различными лечебными свойствами обладают **ядра орешков**, масса которых составляет 43% от массы сухой шишки. В ядрах кедровых орешков содержатся белки, жиры, углеводы, крахмал, микро- и макроэлементы (цинк, калий, фосфор, магний, железо, кальций, йод, хлор, сера, натрий, медь, кобальт), различные витамины.

Современные всесторонние научные исследования кедрово-широколиственных лесов Дальнего Востока дают веские основания считать их прижизненное использование единственной альтернативой дальнейшего развития Приморского края. Разработанная технология извлечения ядер орешков и их вакуумная упаковка дает возможность импортировать в различные страны не древесину и различные дары природы, а готовый к употреблению товар, цена которого на 1-2 порядка выше существующих расценок на различную лесную продукцию.

Для осуществления этой программы необходимо:

1. Правительству России, соответствующим министерствам и ведомствам принять решение о полном запрете рубок деревьев кедр корейского в лесах Приморского края;
2. Всем лесохозяйственным предприятиям Приморского края, в лесном фонде которых имеются кедрово-широколиственные леса, расширить работы по созданию подпологовых лесных культур из кедр корейского;
3. Ввести запрет на закупку и вывоз в соседние страны семян (орехов) кедр корейского. Например, в урожайный для кедр корейского 2014 год гражданами Китая было собрано, закуплено и вывезено из Приморского края десятки и сотни тонн орехов, создав тем самым большие неудобства для животных и птиц, обитающих в этих лесах, а также для работы частных предприятий, занимающихся переработкой и реализацией кедровой продукции.

TO THE CONSERVATION AND INTEGRATED USE OF THE MIXED STONE PINE-BROADLEAF FORESTS IN THE PRIMORYE REGION

Gukov G.V., Kostyrina T.V., Rozlomy N.G., Lee M.I.

Primorskaya state agricultural Academy, Russia; gukovgv@mail.ru

Korean pine (Korean pine (*Pinus koraiensis* Sieboldet Zucc.) is a tall tree up to 35 m in height. It is an ancient breed and it belongs to the category of progressive relicts. Representatives of this group are well adapted to the environment, vitality, perfectly renewed naturally and grow well in forest plantations. Naturally Korean stone pine grows in the Primorsky and Khabarovsk territories, and in the south-eastern part of the Amur region. Pine forests are the most valuable because of the considerable reserves of valuable wood, as food source and habitat for various species of animals and birds, medicinal, fruit and nut plants and fungi. Stone pine-broadleaf forests for a long time been the main object of logging. Selective logging of stone pine led to its disappearance in many indigenous habitats, frustration and depreciation of plantations. Only in Primorsky Krai total area of stone pine from 1929 to 1993 declined from 4.2 million ha to 2.2 million ha. In order to preserve the most valuable forests of Primorye in the last decade adopted a number of decisions and orders. Since 1990 in the province closed permanently felling in pine forests and pine logging in procedure main use in other forests. However, the Forest Law of 2006 has banned felling only in mature and over-mature pine stands (with the participation of the stone pine of 0.3 or more), but allowed his wheelhouse in other forest formations with a small proportion of its participation. Like many relict species (all species of the family Araliaceae family, etc.), Korean pine has valuable medicinal properties that have been known to the locals in the ancient times. People from many diseases used bark, wood, pine needles and cones of all parts of the Korean pine - shells, husks, film and kernel nuts. The most valuable nutritional and medicinal properties have different kernel nuts, whose mass is 43% of the dry weight of the buds. In the nucleus, pine nuts contains proteins, fats, carbohydrates, starch, micro- and

macroelements (zinc, potassium, phosphorus, magnesium, iron, calcium, iodine, chlorine, sulfur, sodium, copper, cobalt) and various vitamins.

Modern all-round researches stone pine-broadleaf forests of the Far East give good reason to believe their lifetime use only alternative further development of the Primorsky Krai. The developed technology for extracting cores nuts and vacuum packaging makes it possible to import in different countries are not wood and various gifts of nature, and ready-to-eat product, price is on 1-2 times higher than existing rates for different forest products.

For the implementation of this programme it is needed:

1. The Government of Russia, the relevant ministries and agencies have to impose a total ban on tree harvest in the Korean pine forests of Primorsky Krai.
2. All the forestry enterprises of Primorsky Krai, in the forests which are stone pine-broadleaf forests, to expand work on creating new forest cultures of Korean pine.
3. To inject a ban on the purchase and export to neighboring countries seeds (nuts) Korean pine. For example, in yielding to Korean pine 2014 Chinese citizens were collected, purchased and taken out of the Primorsky Krai tens and hundreds of tons of nuts, thereby creating a great inconvenience for the animals and birds that live in these forests, as well as for private enterprises engaged in processing and implementation of stone pine products.

ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РОСТ В ВЫСОТУ СОСНЫ СКРУЧЕННОЙ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КУЛЬТУРАХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Гутий Л.Н.

Сыктывкарский лесной институт, Россия; lgutiy@mail.ru

Первые попытки интродукции сосны скрученной в Европу были предприняты еще в 19 веке (Дроздов, 2002). Неоднократно отмечалась перспективность её выращивания и в таёжной зоне нашей страны (Мелехов, 1980 и др.). Исходным материалом для селекции сосны скрученной в Швеции послужили плюсовые деревья, отобранные по фенотипическим признакам в Канаде. Семенными потомствами этих плюсовых деревьев по географическому принципу были заложены 6 лесосеменных плантаций (ЛСП), по одной для каждой лесосеменной зоны (Ericsson, 1994).

Весной 2004 г. в Республике Коми была заложена серия экспериментальных культур сосны скрученной, для чего были использованы семена, полученные на 6-ти шведских лесосеменных плантациях сосны скрученной и в качестве контроля семена сосны обыкновенной местного происхождения (для каждого участка). Для посадки использовали 1-летние сеянцы, выращенные в полиэтиленовой теплице. Сеянцы высаживались в линейные (рядовые) делянки, расположенные рендомизированно в 9-13 блоках.

Исследование экспериментальных культур проведено осенью 2014 г. Сохранность рассчитана как доля выживших растений. Высота измерялась у всех выживших растений. Статистический анализ выполнен на основе деляночных средних значений жизненного состояния и высоты, являющихся независимыми повторностями. Распределение средних деляночных значений близко к нормальному распределению.

Сохранность растений в экспериментальных культурах 11-летнего возраста составила 77, 74 и 65% в Ухте, Сторожевске и Койгородке, соответственно. На самом южном участке экспериментальных культур (Койгородок), заложенных на сухой, хорошо прогреваемой песчаной почве, корневые системы у части растений были повреждены личинками майского хруща (*Melolontha hippocastani*). Также здесь были отмечены повреждения побегов побеговьюном-смолёвщиком (*Petrova resinella*), что привело к снижению сохранности по сравнению с другими двумя участками. Расположение участка, происхождение материала и взаимодействие этих факторов статистически значимо ($p < 0.001$) влияли на жизненное состояние и высоту растений. В целом, жизненное

состояние и рост растений в высоту лучше на участке, вышедшем из-под сельхозпользования (Сторожевск).

Жизненное состояние сосны скрученной двух северных происхождений (Нарлинге и Оппала) немного лучше контроля, а жизненное состояние остальных происхождений сосны скрученной хуже контрольного варианта, но эти различия статистически значимы ($p < 0.05$) только для самого южного происхождения (Остерби).

Сосна скрученная северных происхождений (Нарлинге, Оппала и Скорсерум) обгоняла сосну обыкновенную по росту в высоту на 11–17%, хотя эти различия статистически незначимы ($p > 0.05$). Высота сосны скрученной южных происхождений (Румхульт и Остерби) была ниже контроля вследствие обмерзания верхушечных побегов. Полученные результаты о превосходстве сосны скрученной над сосной обыкновенной по скорости роста соответствуют данным, имеющимся в литературе.

Таким образом, для окончательных выводов необходимы более длительные наблюдения за сохранностью растений, объёмом и качеством ствола этой древесной породы в экспериментальных культурах.

LOGEPOLE PINE SURVIVAL AND GROWTH HEIGHT IN EXPERIMENTAL PLANTATIONS IN THE KOMI REPUBLIC

Gutiy L.N.

Syktvykar Forest Institute; lgutiy@mail.ru

The first time Logepole pine was introduced in Europe in 19th century (Drozdov, 2002). Their growing prospect was noted in taiga of our country (Melekhov, 1980, and others.). The basic material of Logepole pine were collected in Sweden from the plus trees which were selected by phenotypic traits in Canada. Seed progeny of these plus trees were planted on the six seed orchards by a geographical basis, one for each forest seed zone (Ericsson, 1994).

In spring 2004 in the Komi Republic a series of Logepole pine experimental plantations was founded. Seeds were collected in six Swedish seed orchards of Logepole pine and as a control seeds of Scots pine of local origin (for each site) were used. One-year-old seedlings were grown in plastic greenhouse and planted in linear (ordinary) plots located in 9-13 randomized blocks.

A study of experimental plantations were took place in autumn 2014. Survival was calculated as a surviving plants percent. Growth height was measured in all surviving plants. Statistical analysis was made on basis of average values of vitality and growth height. The distribution of average logging site values is close to a normal distribution.

Plants survival in 11-years experimental plantations was 77, 74 and 65 % in Ukhta, Storozhevsk and Koygorodok. In the southern stand of experimental plantation (Koygorodok), with dry, well warmed up and sandy soil, root systems of the plants have been damaged by the larvae of melolontha (*Melolontha hippocastani*). Also, there were shoots damaged by pine resin-gall moth (*Petrova resinella*), and decreased survival in compared to other two stands. Stand location, the origin of the material and the interaction of these factors is statistically significant ($p < 0.001$) influenced on vitality and growth height. In general, the vitality and the growth height of plants better in Storozhevsk.

Survival of two Logepole pine northern origin (Narlinge and Oppala) better than control pine, and survival of the other Logepole pine origins worse than control plants, but these differences were statistically significant ($p < 0.05$) only for the southern origin (Osterbi).

Logepole pine of northern origins (Narlinge, Oppala and Skorserum) is better than Scots pine growth height on 11-17%, although these differences are not statistically significant ($p > 0.05$). Logepole pine growth height of southern origin (Rumhult and Osterbi) was lower than the control due to terminal shoots frosting. The results of the superiority of Logepole pine over Scots pine in growth height are corresponding to the data in the literature.

Therefore, for the final conclusions we need long-term observation of plants survival, stem quality and volume of this tree species in experimental plantations.

GENETIC IMPROVEMENT STRATEGIES FOR CONSERVATION OF POLYGENIC TRAITS OF ECONOMIC IMPORTANCE IN *EUCALYPTUS TERETICORNIS* SM.

Dobhal S., Kumar A.

Division of Genetics and Tree Propagation Forest Research Institute, P.O. – I.P.E.
Kaulagarh, Dehradun, Uttarakhand India, 248 195

Key words: Provenance, breeding, Index value, genetic gain.

In India, *Eucalyptus tereticornis* Sm. is an important forest tree species used mainly as raw material for pulp and paper industry and India ranks first in area covered under *Eucalyptus* plantations. Unfortunately, its productivity has not been commensurating with productivity of countries like Brazil. Though ample variability existed for growth and wood traits but it is required to adopt genetic improvement strategies that could lead into the production of productive and divergent genotypes. A provenance cum progeny trial representing 13 provenances and 91 families established in collaboration with CSIRO, Australia, at Forest Research Institute, India in year 2002. A total of 2216 Plus trees were evaluated for growth parameters *viz.* height, clear bole height (CBH) and diameter at breast height (DBH) and also analyzed for index value. The mean values before selection for average height, CBH, DBH and index value were 8.87, 3.40, 0.22 and 42.80, which were improved after selection to 16.39, 10.16, 0.46 and 100, respectively. In terms of per cent of improvement, substantial improvement for 84.83, 199.21, 107.93 and 133.65 was recorded for height, CBH, DBH and Index value. The maximum improvement after selection was recorded for CBH followed by index value, DBH and height. At total of forty seven plus trees was screened adopting index method of selection from a provenance trail representing selection intensity of 2.12 %. The studies were directed towards identification of *Eucalyptus* genotypes that will be useful in operational and production forestry to accelerate tree breeding programme for higher genetic gain.

ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ МЕТОДА БЫСТРОЙ ОЦЕНКИ АДАПТИВНЫХ РАЗЛИЧИЙ МОНОПОДИАЛЬНЫХ ХВОЙНЫХ ДЕРЕВЬЕВ В ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ

Драгавцев В.А.

ФГБНУАгрофизический институт, Санкт-Петербург; e.mail; dravial@mail.ru

XXI век многие биологи называют веком эпигенетики. Еще в 1984 г. группой исследователей был обнаружен новый эпигенетический феномен – смена спектра и числа генов, детерминирующих один и тот же количественный признак, при смене лимитирующего фактора внешней среды (Драгавцев, Цильке и др., 1984; Драгавцев, Литун и др., 1984). К настоящему времени создана теория эколого-генетической организации количественных признаков (ТЭГОКП) и развиты 24 новых, селекционно важных следствия из нее (Драгавцев, 1998; Кочерина, Драгавцев, 2008; Драгавцев, 2008; Чесноков, Почепня, Бёрнер и др. 2008; Драгавцев, 2012).

Главные следствия из ТЭГОКП: возникли гипотезы о механизмах многих феноменов и появились подходы к прогнозированию многих параметров популяций, которые ранее на базе традиционной геноцентрической парадигмы в принципе невозможно было прогнозировать. Рассмотрим природу феномена «взаимодействие генотип-среда» (ВГС). Традиционная (менделевская), биометрическая и молекулярная ветви генетики в настоящее время не имеют ни одной гипотезы о природе и механизмах ВГС. С позиций ТЭГОКП механизм ВГС – это смена спектров генов, детерминирующих признак, при смене лим-фактора внешней среды.

Рассмотрим общеизвестное явление изменчивости линейных приростов по годам у любого хвойного дерева. В пределах ствола приросты варьируют по длине от года к году. Однако и между деревьями в дикой популяции приросты за один и тот же год также варьируют очень сильно. Очевидно, что изменчивость длин приростов в пределах ствола определяется различием лет – холодный или теплый, влажный или сухой год и т.д. А различие в приростах между деревьями в один и тот же год, с позиций ТЭГОКП, должно определяться наследственными факторами, например, по засухоустойчивости в сухой год.

Хвойные растения не имеют интеркалярных (вставочных) меристем, поэтому величина каждого годичного прироста (в длину или в толщину) фиксируется навсегда и не меняется за всю долгую жизнь дерева. Тогда, утверждает ТЭГОКП, если особь дала в холодный год длинный линейный прирост, это значит, что она несет полигены холодостойкости, которые в холодный год "вышли на прирост". Для идентификации генетически отличающихся деревьев по разным генетико-физиологическим системам адаптивности достаточно определить по метеоданным, например, самый засушливый и самый холодный годы за определенный отрезок времени. Затем идентифицировать определенный годичный прирост самого сухого/холодного года, и найти деревья, у которых прирост в высоту в сухой/холодный год оказался самым большим (конечно, работу надо вести при однородной полноте насаждения).

Изменчивость линейных приростов одного года у деревьев естественной популяции отражает генотипическую изменчивость адаптивности между деревьями. Здесь работает «принцип усиления» слабого генетического преимущества по адаптивности к конкретному году (сухой и теплый или влажный и холодный годы). Принцип усиления впервые сформулирован Н.В. Тимофеевым-Ресовским [1959]: малейшее генотипическое преимущество (или малейший генотипический эффект), незаметные на фенотипе одной клетки, пройдя через десятки тысяч клеточных делений в процессе роста, становятся очень выраженными на уровне фенотипа особи (в частности на линейном годичном приросте сосны).

Для экспериментальной проверки этого подхода чрезвычайно ценны клоновые плантации хвойных пород (напр.: Тараканов и др., 2001).

THE POSSIBILITY OF FAST ESTIMATION OF ADAPTIVE POLYMORPHISM IN NATURAL POPULATIONS OF MONOPODIAL CONIFEROUS TREES

Dragavtsev Victor A.

FSBSE Agrophysical institute, Saint-Petersburg; e.mail<dravial@mail.ru>

The XXI century many biologists call as century of an epigenetics. In 1984 the group of researchers found a new epigenetic phenomenon – change of a spectrum and number of the genes determining the same quantitative trait, at change of the limiting environment factor (Dragavtsev, Tsilke, etc., 1984; Dragavtsev, Litun, etc., 1984). Now the Theory of the Eco-Genetic Organization of Quantitative Character (TEGOQC) was created and 24 new, important for breeding, consequences from it are developed, (Dragavtsev, 1998; Kocherina, Dragavtsev, 2008; Dragavtsev, 2008; Chesnokov, Pochepnyya, Byorner, Dragavtsev etc. 2008; Dragavtsev, 2012).

The main consequences from TEGOKP: there were hypotheses of mechanisms of many phenomena and there were approaches to forecasting of many parameters of populations which on the basis of a traditional genocentric paradigm in principle couldn't be predicted earlier. We will consider the nature of phenomenon "genotype-environment interaction" (GEI). Traditional (mendelian), biometric and molecular genetics branches have no hypothesis of the nature and GCI mechanisms now. From TEGOQC positions the GEI mechanism is a change of spectrums of the genes determining a character at change of a lim-factor of environment.

We will consider the well-known phenomenon of variability of linear accretion by years at any coniferous tree. Within a trunk a accretions vary on length year by year. However and

between trees in wild population accretions for the same year also vary very strongly. It is obvious that variability of lengths of accretions within a trunk is defined by distinction of years – cold year, warm year, damp year, dry year, etc. And here distinction in the accretions between trees in the same year, from TEGOQC positions, has to be defined by hereditary factors, for example, of drought resistance in dry year, or cold constancy in cold year. If two trees have identical drought resistance, they in dry year must to have identical accretions. If they differ on hereditary factors of drought resistance – accretions will be different.

Coniferous plants have no the intercalary (inserted) meristems therefore the size of each year accretion (in length or thickness) is fixed forever and doesn't change for all long life of a tree. Then, approves TEGOQC, if the individual gave a long linear accretion in cold year, it means that it bears cold resistance polygenes which in cold year came to accretion. If other individual gave a large increase in droughty year, she possesses drought resistance polygenes. For identification of genetically different trees on different genetic-physiological systems of adaptability it is enough among years (20 years or more) to determine by meteorological data, for example, the most droughty and coldest years. Then to arrive to the wood, to count from the most top accretion of the last year the necessary number of accretions to accretion of the driest year, and to find trees at which the accretion in height in dry year appeared the longest. These are drought-resistant genotypes. The same algorithm allows to find the most cold-resistant trees (of course, work should be conducted at uniform fullness of forest.).

Variability of linear accretions of one year at trees of natural population reflects genotypic variability of adaptability between trees. Here "the principle of strengthening" of weak genetic advantage on adaptability by concrete year (dry and warm or damp and cold years) works. The principle of strengthening is for the first time formulated by N. V. Timofeev-Resovsky [1959]: the slightest genotypic advantage (or the slightest genotypic effect), imperceptible on a phenotype of one cell, having passed through tens of thousands of cellular divisions in the course of growth, become very expressed at the level of a phenotype of an individual (in particular on a linear year accretion of a pine).

The clonal plantations of a coniferous trees (f.e.: Tarakanov et.al., 2001) are extremely valuable to experimental check of this approach.

ОСОБЕННОСТИ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА КАЛЛУСНЫХ ТКАНЕЙ ХВОЙНЫХ

Дударева Л.В., Шмаков В.Н., Семенова Н.В., Макаренко С.П., Константинов Ю.М.

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Лермонтова 132, г.

Иркутск (Россия); laser@sifibr.irk.ru

Леса Восточной Сибири являются одним из важнейших источников генетического разнообразия таких древесных растений, как сосна, кедр, лиственница и ель. Важную роль в сохранении этого разнообразия в лесах региона могут сыграть подходы, направленные на получение культуры клеток и изучение возможности вегетативного размножения хозяйственно ценных пород. Способность тканей растения к образованию каллуса и формирование в дальнейшем зон вторичной дифференцировки (морфогенных каллусов) и растений-регенерантов открывает широкие возможности как для изучения особенностей морфогенеза так и для практических приложений. Культивирование растений *in vitro* вызывает изменения метаболической активности клеток. Это выражается в изменениях в химическом составе тканей по сравнению с исходным растением.

Известно, например, что состав липидов и жирных кислот как основных структурных компонентов растительных мембран может быть маркером физиологического состояния клеток и тканей, как в целом растении, так и в культуре *in vitro*. Поэтому целью работы был сравнительный анализ особенностей жирнокислотного (ЖК) состава общих липидов каллусов и целых растений некоторых хвойных Байкальской Сибири: сосна, кедр, лиственница, ель голубая. Были использованы неморфогенные

каллусные линии *Pinus sylvestris* L., *Pinus sibirica* Du Tour, *Larix sibirica* Ledeb. и *Picea obovata* var. *coerulea* Malysch. Культуру поддерживали при температуре 23-24°C в темноте. Анализ метиловых эфиров жирных кислот проводили методом газожидкостной хроматографии с использованием хромато-масс-спектрометра 5973N/6890N MSD/DS Agilent Technologies (США). Относительное содержание жирных кислот определяли в весовых процентах от общего их содержания в исследуемом образце. Установлено, что жирнокислотный состав каллусной ткани четырех видов хвойных закономерно носит видоспецифичный характер. При этом между целыми растениями и каллусами одного и того же вида наблюдали существенные различия по составу жирных кислот общих липидов. Так, например, каллусы, полученные из сосновой хвои содержали до 40% отн. пальмитиновой кислоты, в то время как содержание этой жирной кислоты в хвое целого растения не превышало 16% от суммы кислот. Кроме того в жирнокислотном составе тканей *P. sylvestris in vitro* обнаружено меньшее разнообразие кислот $\Delta 5$ серии, характерных для хвойных и некоторых других древних таксонов. Особый интерес вызывает высокое относительное содержание мононенасыщенной олеиновой кислоты в каллусной ткани *P. obovata* – оно в 4 раза превышало таковое в хвое деревьев из природной популяции. Ранее нами было показано, что высокое содержание олеата характерно для жирнокислотного состава морфогенных каллусов лиственницы, и, вероятно, этот факт может служить ранним диагностическим маркером эмбриогенности каллусов хвойных.

Дальнейшее изучение закономерностей изменений липидного состава в ходе морфогенеза в культуре *in vitro* позволит выяснить биологическую роль перестроек липидного метаболизма на начальных стадиях формирования зон вторичной дифференцировки. Результаты этих исследований могут иметь важное прикладное значение для разработки технологии клонального размножения хвойных деревьев с плюсовыми характеристиками.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ_Сибирь_14-44-04118.

PECULIARITIES OF FATTY ACID COMPOSITION IN SOME *CONIFERAE* CALLUS TISSUES

Dudareva L.V., Shmakov V.N., Semyonova N.V., Makarenko S.P., Konstantinov Yu.M.

Institute of Physiology and Biochemistry of Plants, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 132 Lermontova Street, Irkutsk, Russia; laser@sifibr.irk.ru

The East Siberian forests are one of the most important sources of genetic diversity of such woody plants as pine, stone pine, larch and spruce. Approaches oriented towards obtaining the cell culture and the study of a possibility of vegetative propagation of economically valuable species could play a key role in preservation of this diversity in the region forests. The ability of the plant tissues to form a callus along with the further formation of the secondary differentiation zones (morphogenetic calluses) and plants-regenerants gives broad opportunities both for the studies of the morphogenesis' peculiar features and for the practical applications. The cultivation of plants *in vitro* provokes the changes in cell metabolic activity. One of such changes takes place in the tissue chemical composition: it differs from the intact plant's one.

The composition of lipids and fatty acids as main structural components of the intact plant membranes is known to be a marker for the cells and tissues' physiological state, both in the intact plant and in *in vitro* culture. That is why the purpose of the work was to carry out a comparative analysis of the peculiarities of common lipids' fatty acid composition in calluses and intact plants of some conifers of Baikal Siberia: pine, stone pine, larch and blue spruce. The unmorphogenic callus lines of *Pinus sylvestris* L., *Pinus sibirica* Du Tour, *Larix sibirica* Ledeb. and *Picea obovata* var. *coerulea* Malysch. were used. The culture was held at 23-24°C in the dark. The analysis of fatty acids ethyl esters was carried out by a gas-liquid chromatographic method using chromatograph mass spectrometer 5973N/6890N MSD/DS Agilent Technologies

(USA). The abundance of fatty acids was determined in weight percentage of their total content in the sample studied. The fatty acid composition of the callus tissue of the four conifers' species was found out to have a regular species-specific character. At that, the essential differences related to the common lipids' fatty acid composition were observed between the intact plants and the calluses of the same species. Thus, for example, the calluses obtained from the pine needles contained up to 40 % weight of palmitic acid, while the content of this acid in the needles of the intact plant did not exceed 16 % of the total acids. Besides, a smaller diversity of Δ^5 – series acids, so characteristic of the conifers and some other ancient taxa, was discovered in the fatty acid composition of the tissues of *P. sylvestris* in vitro. Of special interest is the high relative content of monounsaturated oleic acid in the callus tissue of *P. obovate*: it exceeded four times the one in the needles of the natural population trees. Earlier we showed that the high content of oleate was characteristic of the larch morphogenic calluses' fatty acid content, and, probably, this fact could serve as an early marker for embryogenic potential of the conifers' calluses.

Further studies of the regularities of changes in the lipid composition in the course of morphogenesis in in vitro culture will allow to determine the biological role of the reorganizations of the lipid metabolism at the early stages of the secondary differentiation zones formation. The results of these studies may have an important applied meaning for the design of the technology of clonal propagation of the conifers with plus characteristics.

The work was supported by RFBR grant (RFBR_Sibir_14-44-04118).

АЛЛОЗИМНЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ И ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОПУЛЯЦИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В СРЕДНЕЙ СИБИРИ И ЗАБАЙКАЛЬЕ

Егоров Е.В.

Ботанический сад УрО РАН, Россия; 31051978@mail.ru

Ныне не только в Европе, но и на Урале и в Сибири почти все доступные сосновые леса уже пройдены рубками или могут быть подвержены им в ближайшие 50-100 лет. Таким образом, возрастает угроза необратимой утраты их сбалансированного генофонда. Между тем, исследования его генетической структуры – залог успешного решения проблемы – явно недостаточны. Цель доклада – краткий анализ результатов изучения аллозимного полиморфизма и дифференциации популяций *Pinus sylvestris* L. в Средней Сибири и Прибайкалье.

Аллозимный анализ 25 локальных популяций *P. sylvestris* проведен общепринятыми методами в 6 филогеографических регионах (ФГР): Среднесибирском плато, Лено-Ангарском плато, горах Южной Сибири, Прибайкалье, Западном Забайкалье и Северной Монголии по 16 локусам (в том числе 14 полиморфных) 10 ферментных систем (GOT, 6-PGDH, SKDH, GDH, ADH, FDH, PGM, DIA, EST-f, SOD). Несмещенные генетические дистанции Неи (Nei, 1978; DN_{78}) между популяциями определены на базе пакета программ BIOSYS.

В пределах региона исследований выявлена однородность внутривидового полиморфизма популяций *P. sylvestris*. Среднее число аллелей на локус (2.4 ± 0.09), кроме маргинальных выборок – (Тура (1.8), Улан-Батор (2.2)), – и ожидаемая гетерозиготность (262 ± 0.015) характерны для вида в целом; их различия по ФГР недостоверны.

Общая амплитуда генетических дистанций Неи между крайними выборками в пределах Средней Сибири и Забайкалья достигает геносистематического ранга географической расы ($DN_{78} = 0.039$), но в отдельных ФГР в несколько раз меньше и в большинстве случаев не превышает уровня средне подразделенных популяций или даже субпопуляций ($DN_{78} = 0.005-0.010$).

Кластерный анализ UPGMA показал отчетливое обособление всех выборок на две географические группы популяций: 1) *гор Южной Сибири* (Усть-Каменогорск, Телецкое озеро, Балгазын, Минусинск) и 2) всех остальных в регионе, в свою очередь слабо подразделенных – на уровне лишь субпопуляций ($DN_{78} = 0.003-0.006$) – на три

компактных подгруппы: *Селенгинскую* (Кяхта, Улан-Удэ, Кабанск, Петровский завод); *Ангаро-Енисейскую* (Иркутск, Качуг, Зима, Братск, Кодинск, Дивногорск, Туруханск) и *Северобайкальскую* (Турка, Баргузин, Северобайкальск, Сосново-Озерское, Романовка) с тяготеющей к ней Ванаварой. Особняком на кластере и в двумерной ординации расположены маргинальные изоляты (Тура на северной и Улан-Батор на южной границах ареала). Обособленность Ангаро-Енисейской группы популяций *P. sylvestris* от популяций в горах Южной Сибири и Забайкалья, вероятно, обусловлена, прежде всего, высокими индексами их горно-механической миграционной изоляции, которые, как и градиенты генетических дистанций DN_{78} максимальны на трансектах, пересекающих оз. Байкал и Саяны.

На основе лабораторных экспериментов и теории гидрохории хвойных (Санников, Санникова, 2008; Егоров и др., 2010) можно предположить, что высокое сходство генофонда сосны обыкновенной в пределах Селенгинской и Ангаро-Енисейской групп, а также между ее популяциями в Предбайкалье и Западном Забайкалье во многом связано с гидрохорией семян этого вида по течению рек Селенги, Ангары, Енисея или озеру Байкал (особенно в районе острова Ольхон). Минимальные генетические дистанции Неи (0.001-0.007) между группами популяций *P. sylvestris* Средней Сибири, с одной стороны, и Южного Прибайкалья (Иркутск), с другой, а также новые данные палинологии (Бляхарчук, 2010), позволяют предположить существование здесь одного из рефугиумов этого вида.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН (№ 15-12-4-13).

ALLOZYMIC POLYMORPHISM AND DIFFERENTIATION OF SCOTS PINE POPULATIONS IN MIDDLE SIBERIA AND TRANS-BAIKAL REGION

Egorov E.V.

Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Russia; 31051978@mail.ru

Today, not only in Europe but in the Urals and in Siberia almost all accessible pine forests have already been passed by cuttings or can be subjected to them in the nearest 50–100 years. Thus, a danger of an irreversible loss of their balanced genofund increases. Meanwhile, researches of its genetic structure – the pledge of a successful solution of the problem – are obviously insufficient. The aim of this report is a short analysis of the results of the study of allozymic polymorphism and differentiation of *Pinus sylvestris* L. populations in Middle Siberia and Near-Baikal region.

Allozyme analysis of 25 local populations of *P. sylvestris* has been made by generally accepted methods in 6 phylogeographical regions (PGR): Middle Siberian Plateau, Lena-Angara Plateau, Southern Siberian Mountains, Near-Baikal Region, Western Trans-Baikal Region and Northern Mongolia by 16 loci (including 14 polymorphic ones) of 10 ferment systems (GOT, 6-PGD, SKDH, GDH, ADH, FDH, PGM, DIA, EST-f, SOD). Nei's unremovable genetical distances (Nei, 1978; DN) among populations have been determined on the base of BIOSYS programmes package.

Homogeneity of intrapopulational polymorphism of *P. sylvestris* populations has been revealed within the borders of the research region. Average number of alleles per loci (2.4 ± 0.09) with the exception of marginal selections – (Тура (1.8), Улан-Батор (2.2), – and expected heterozygosity (262 ± 0.015) are typical for the species in the whole, their distinctions by PGR are not statistically significant.

General amplitude of Nei's genetical distances between marginal selections within Middle Siberia and Trans-Baikal region achieves genosystematic rank of a geographical race ($DN = 0.039$) but in separate PGR it is somewhat less and in most cases it does not exceed the level of average subdivided populations or even subpopulations ($DN = 0.005–0.010$).

UPGMA cluster analysis has shown distinct isolation of all the selections into two geographic population groups: 1) Mountain of Southern Siberia (Ust-Kamenogorsk, Teletskoe Lake, Balgazin, Minusinsk) and 2) all the rest in the region, in their turn, under subdivided – on the level only of subpopulations ($DN = 0.003-0.006$) – into three compact subgroups: Selenga (Kyakhta, Ulan-Ude, Kabansk, Petrovsk-Trans-Baikalian); Angara-Yenisei (Irkutsk, Kachug, Zima, Bratsk, Kodinsk, Divnogorsk, Turuchansk) and Northern Baikal (Turka, Barguzin, Severobaikalsk, Sosnovo-Ozerskoye, Romanovka) with Vanavara attracted towards it. Marginal isolates (Tura on the northern border and Ulan-Bator on the southern border of the range) are situated by themselves on the cluster and in two-dimensional ordination. The isolation of Angara-Yenisei group of *P. sylvestris* population from the populations in the Mountains of Southern Siberia and Trans-Baikal Region are, probably, due to, first of all, high indices of their mountain-mechanical migrational isolation, which, as gradients of DN genetical distances are maximum on the transects crossing Baikal Lake and Sayans.

It can be suggested on the base of laboratory experiments and the theory of hydrochory of the coniferous (Sannikov, Sannikova, 2008, Egorov et al., 2010) that considerable resemblance of Scots pine, genofund within Selenga and Angara-Yenisei groups as well as between its populations in Near-Baikal Region and Western Trans-Baikal Region is connected in many ways with hydrochory of the seeds of this species with the stream of the Selenga, the Angara and the Yenisei rivers or Lake Baikal (especially, in the region of Olkhon Island).

Minimum of Nei's genetic distances (0.001-0.007) between the groups of *P. sylvestris* populations in Middle Siberia, on the one hand, and in southern Near-Baikal Region (Irkutsk), on the other hand, as well as new palynology data (Blakharchuk, 2010) allow to suppose that one of the refugiums of this species exists here.

The work is done under the support of the Programme of fundamental researches of the Ural Division of Russian Academy of Sciences (№15-12-4-13).

МНОГОМЕРНЫЙ АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ РЯДОВ В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

Ефимов В.М., Гончаров Н.П.

Институт цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск), Россия; vmefimov@ngs.ru

В настоящее время получает все большее распространение гипотеза “нестабильного Солнца”. Суть гипотезы заключается в утверждении, что поток тепла от Солнца, приходящийся на планету Земля, не является постоянным, по крайней мере, в масштабах тысячелетий. Время от времени “солнечная активность”, именно в смысле теплового потока, претерпевает неожиданные и, на современном уровне наших знаний, непредсказуемые изменения. Однако есть все основания утверждать, что именно сейчас мы живем в “эпоху перемен”, то есть, в настоящее время, поток тепла от Солнца, приходящийся на нашу планету, по-видимому, резко увеличивается и, соответственно, на нашей планете меняется климатический режим (Solanki et al., 2004; Usoskin et al., 2014). Именно поэтому и именно сейчас селекционерам необходимо учитывать возможные предстоящие изменения климата на десятки лет вперед.

Материал и методы. Проанализированы летописные данные по числу лет с метеорологическими экстремумами и повсеместными неурожаем в Западной и Восточной Европе с VII века до н.э до XV века н.э. (2600 лет) (Раунер, 1981; Бараш, 1989); реконструкция климата Восточной Европы (Русской равнины) за последние 2000 лет по палеоклиматическим данным (Слепцов, Клименко, 2005); реконструкция данных по солнечной активности за последние 3000 лет (Usoskin et al., 2014); данные по стоку шести крупнейших рек Северной Евразии и среднегодовой температуре воздуха их бассейнов за 1936-2008 годы (Shiklomanov et al., 2013).

Метод главных компонент позволяет без априорных предположений о механизме процесса разлагать любой временной ряд на составляющие, отражающие тренд,

квазициклические колебания и «шум» (Ефимов и др., 1988). Фазовые портреты, построенные по главным компонентам, позволяют разбить временной ряд на однородные по паттернам изменчивости интервалы.

Результаты. Судя по фазовым портретам реконструированных данных по солнечной активности за последние 3000 лет, есть все основания предполагать, что именно сейчас тепловой поток от Солнца на нашу планету, претерпевает неожиданные и, на современном уровне наших знаний, непредсказуемые изменения. Однако, начало идущего сейчас потепления следует отнести, как минимум, к XVI-XVII векам, что автоматически исключает гипотезу антропогенного влияния. В реконструированном ряду солнечной активности наблюдается четыре внутренне однородных по паттернам изменчивости интервала, то есть, за три тысячи лет сменилось четыре режима колебаний теплового потока, приходящего от Солнца на Землю. Динамики всех проанализированных нами климатических данных и реконструкций вполне согласуются с этой картиной.

Таким образом, климат в Западной и Восточной Европе по естественным причинам, предположительно под влиянием Солнца, испытывает многовековые колебания, резко переходящие из одного климатического режима в другой. Переломы наблюдались во II веке до нашей эры, а также в VII и XIII веках нашей эры. Происходящие в наше время климатические изменения, возможно, являются либо очередным переходом в новый, пока неизвестный нам, климатический режим, либо продолжением уже наступившего полтысячелетия назад климатического режима, проявляющегося сейчас в виде глобального потепления. Ближайшим аналогом является более теплый и засушливый, чем современный, климатический режим первого тысячелетия нашей эры.

Работа поддержана Проектом №62 фундаментальных исследований, выполняемых СО РАН совместно с другими организациями, и грантом РФФИ №13-7-00315а.

MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS OF CLIMATE SERIES IN CONNECTION WITH THE PROBLEM OF GLOBAL WARMING

Efimov V.M., Goncharov N.P.

Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences Russia,
vmefimov@ngs.ru

"Unstable Sun" hypothesis is becoming more common nowadays. The essence of the hypothesis is the statement that the flow of heat from the Sun, reaching the planet Earth, is not constant, at least in the scale of millennia. From time to time "solar activity" implying heat flow undergoes unexpected and, at the present state of our knowledge, unpredictable changes. However, there is every reason to believe that we live in the "era of change" nowadays, that is, the flow of heat from the Sun seems to be increasing dramatically and, consequently, climatic regime is changing on our planet (Solanki et al., 2004; Usoskin et al., 2014). That is why the breeders should take into account possible upcoming climate changes for decades to come.

Material and methods. Next chronicles were analyzed: meteorological extremes and widespread crop failures in Western and Eastern Europe from the VII century BC to the XV century AD (2600 years) (Rauner, 1981; Barash, 1989); climate of the Eastern European (Russian Plain) reconstruction for the last 2,000 years using paleoclimatic data (Sleptsov, Klimenko, 2005); solar activity reconstruction over the past 3000 years (Usoskin et al., 2014); northern Eurasia six major rivers flow and the average air temperature of their basins for the years 1936–2008 (Shiklomanov et al., 2013).

The principal component analysis (PCA) allows to decompose any time series without a priori assumptions about the mechanism of the process into components reflecting the trend, quasi-cyclic fluctuations, and "noise" (Efimov et al., 1988). Phase portraits constructed from

principal components allow split time series into intervals with homogeneous patterns of variation.

Results. Judging from the phase portraits of the reconstructed data on solar activity over the past 3,000 years, there is every reason to believe that the heat flow from the Sun to our planet undergoes unexpected and unpredictable changes. However, the beginning of nowadays coming warming should be attributed, at a minimum, to the XVI–XVII centuries, which automatically excludes the hypothesis of anthropogenic influence. Four intervals of reconstructed solar activity with internally homogeneous patterns of variability were identified, that is, four climatic regimes replaced one another for three millennia. Dynamics of all climate data and reconstructions that we analysed are quite consistent with this pattern.

Thus the climate of Western and Eastern Europe displays the centuries-old oscillations for natural reasons, presumably under the influence of the Sun, sharply passing from one climate regime to another. Breaks are observed in the II century BC, as well as in the VII and XIII–XIV centuries AD. Nowadays climate changes are possible either transition to a new the climate regime, yet unknown to us, or another the continuation of already came half a millennium ago the climate regime that manifested in the form of global warming now. The closest analogue is the first millennium AD climatic regime that warmer and more arid than the modern climatic regime.

This study was supported by budget project no. VI.53.1.1, partner project no. 62 of Fundamental Research of the Presidium of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, and RFBR №13-7-00315a.

О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ХВОИ В ПОПУЛЯЦИЯХ ЕЛИ ФИНСКОЙ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

Жекина Н.В., Рогозин М.В., Комаров С.С.

Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15; rog-mikhail@yandex.ru

Исследовано 26-летнее потомство ели финской (*Picea x fennica* (Regel) Kom.), которое получено от плюсовых деревьев из семян, собранных в 1986 г. Образцы хвои взяты в сентябре 2012 г. от 52 деревьев из потомства четырех ценопопуляций лесных культур (потомство К) и от 55 деревьев – из потомства семи естественных популяций (потомство Е). Потомства выращивались в опытных культурах и представляли часть большого опыта, где испытывали 15 тыс. растений потомством 525 деревьев ели. Изучалось содержание 10 микроэлементов (МЭ): Ni, Mn, Ti, P, Cu, Zn, Ba, Sr, Zr, Pb (в мг/кг). Содержание хрома и ванадия (Cr, V) оказалось ниже чувствительности метода и их концентрации не исследовали. Анализ проводили по методикам атомно-абсорбционного анализа.

Для общего представления о полученных различиях приводим самое простое сравнение: разность МЭ в потомствах Е и К, принимая за 100% их содержание в потомстве Е: $(E - K)/E \times 100$. В результате оказалось, что в потомстве естественных популяций содержание семи МЭ оказалось выше, а трех – ниже, чем в потомстве К (рис. 1).

Так как исходные данные имели распределения, отличающиеся от нормального, в 7 рядах из 10, то мы преобразовали их через натуральный логарифм (ln), после чего провели их разбиение на 6-8 классов. Применили сравнение выборок по частотам в каждом из 6-8 классов по критерию χ^2 . Различия в среднем содержании МЭ, а также и по их частотам оказались достоверны у марганца, титана, фосфора, меди, бария, стронция, свинца, т.е. для семи микроэлементов из десяти.

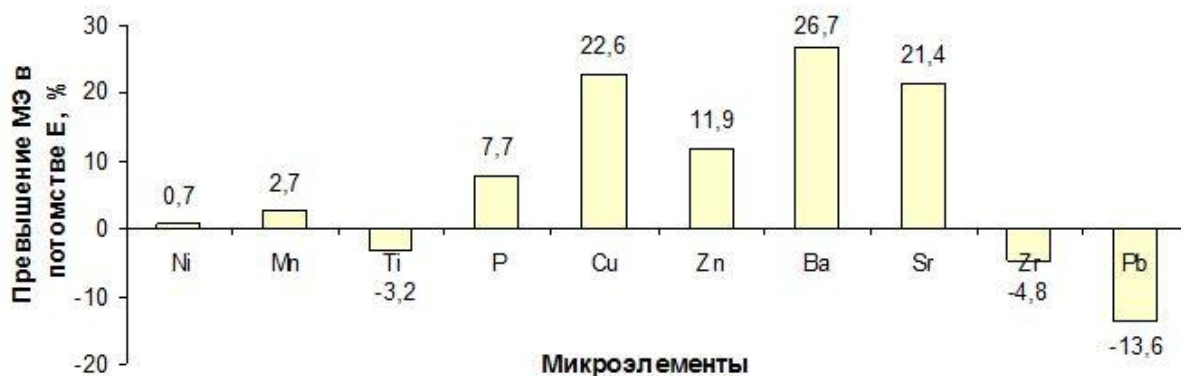


Рис. 1. Превышения в содержании микроэлементов в потомстве из естественных популяций в сравнении с потомством из культур для ели финской (*Picea x fennica* (Regel) Kom.)

Материнские насаждения, от которых были получены потомства, имели существенные различия в морфологии шишек и коры: культуры имели больше признаков от ели европейской, а естественные популяции – от ели сибирской. Поэтому отличия популяций имеют свое «химическое» продолжение в хвое их потомства и подтверждают различия морфологического уровня.

Работа выполнена при финансовой поддержке госзадания 2014/153 в рамках базовой части Минобрнауки России (№ гос. регистрации 01201461915).

ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF PINE NEEDLES IN THE POPULATIONS OF FINNISH SPRUCE IN PERM KRAI

Zhekina N.V., Rogozin M.V., Komarov S.S.

Natural Sciences Institute of Perm State National Research University, 614990, Perm, ul. Bukireva, 15; rog-mikhail@yandex.ru

Investigated 26-year-old offspring of Finnish spruce (*Picea x fennica* (Regel) Kom.), which was obtained from the plus trees from seeds collected in 1986. Needles taken in September 2012 from 52 trees from the progeny of four populations of forest cultures (offspring C), and from 55 trees – from the offspring of the seven natural populations (offspring N).

The offspring were grown in test cultures and were part of the extensive experience, where we have experienced offspring from 525 spruce trees. We have studied the content of microelements 10 (ME): Ni, Mn, Ti, P, Cu, Zn, Ba, Sr, Zr, Pb (mg / kg). The content of vanadium and chromium (Cr, V) was below the sensitivity of the method, and their concentration was not investigated. The assay was performed according to the methods of atomic absorption analysis.

For an overview of the obtained differences, we present the most simple comparison: the difference in ME between progenies N and C, taking as 100% of their content in the offspring N: $(N - C) / N \times 100$. As a result of the comparison it was found that in the offspring of the seven natural populations of ME content was higher, and the three - lower than in the offspring of forest cultures (Fig. 1).

Because the initial data distributions were different from normal in seven ranks of of 10, we transformed them through the natural logarithm (ln), and then conducted their partition into of 6-8 classes. Further sampling frequencies were compared in each of 6-8 classes under the criterion χ^2 . The average content of microelements as well as their frequencies in classes were significantly different among manganese, titanium, phosphorus, copper, barium, strontium, lead, i.e. for seven out of ten microelements.

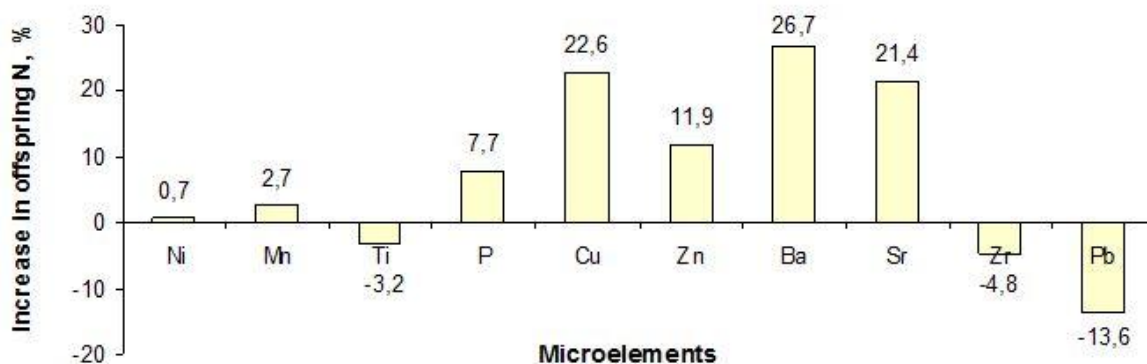


Fig. 1. The increase in the content of microelements in the needles in the offspring of the natural populations in comparison with offspring of Finnish spruce.

Parental populations differed substantially in morphology of cones and bark of the trunk: culture had more symptoms from the spruce European species and natural populations - from the Siberian spruce. In our study population, these differences have found their "chemical" continuation at different microelement composition of the needles offspring from natural populations, and the offspring from the Finnish spruce forest cultures.

This work was financially supported by the state task 2014/153 within the base of the Ministry of Education of Russia (№ state. Registration 01201461915).

ХАРАКТЕР И ПРИРОДА АДАПТИВНОГО РАЗНООБРАЗИЯ У БОРЕАЛЬНЫХ ВИДОВ ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ КЕДРА СИБИРСКОГО)

Жук Е.А., Горошкевич С.Н.

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

Основным эволюционным результатом действия естественного отбора на внутривидовом уровне является формирование адаптаций – приспособлений организмов к окружающей среде. Большинство лесных древесных видов показывают изменчивость адаптивных признаков как внутри экотипов, так и между ними. 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.

Однако природа локальных наследственных адаптаций остается во многом неясной. В последнее десятилетие были попытки установить корреляционные связи между климатическим градиентом и изменчивостью генов, связанных с отдельными адаптивными признаками, например, завершением роста, холодостойкостью, засухоустойчивостью и т.п. Однако реальных успехов тут совсем мало в связи с небольшими пока возможностями самой адаптивной генетики и геномики, а также с незавершенностью исследований самого характера адаптивной изменчивости. Не в полной мере изучены сами изменяющиеся признаки: их перечень, ранжированная значимость, корреляции. Более или менее понятны закономерности лишь фенологии и общей продуктивности. Про элементы этой продуктивности известно значительно меньше, например, практически ничего не известно про половую репродукцию. Пространственная структура также изучена недостаточно. Неизвестно, какова иерархия экотипов, как разнообразие организовано в эколого-географической системе координат. Без решения этих вопросов сложно подступиться к проблеме природы разнообразия. А

решить их можно лишь старым и надежным методом исследования экотипов *ex situ*, когда их потомство выращивается в однородных условиях.

Наш предмет – климатические экотипы. Сибирские экотипы кедра сибирского хороши тем, что у них есть полный набор долготных, широтных и высотных экотипов. На примере этого вида мы попытались выделить признаки, имеющие адаптивное значение и определить закономерности их изменчивости в зависимости от градиента теплообеспеченности и фотопериода. Мы обобщили режимные наблюдения за ростом и развитием широтных (Западно-Сибирская равнина) и высотных (северный макросклон Западного Саяна) экотипов кедра сибирского в клоновом архиве, расположенном на юге лесной зоны. Общая вегетативная продуктивность, а также все без исключения ее элементы, существенно снижались по мере сокращения теплообеспеченности в местах происхождения исходных популяций. Интенсивность органогенеза побегов была одинаково изменчива на обоих профилях, рост оси был более изменчив на высотном, рост хвои – на широтном профиле. Это означает, что три основных элемента продуктивности принципиально по-разному регулируются климатическими и фотопериодическими факторами, что формирует уникальную структуру адаптивных признаков у широтных и высотных экотипов. Различия по половой репродукции имеют другие закономерности. От южных экотипов к северным увеличивается доля деревьев, формирующих микростробилы, а соотношение вегетативной и репродуктивной сферы смещается в сторону последней, тогда как у высотных экотипов репродукция одинаково слабая. Эти выводы открывают новые возможности для моделирования реакции растений на изменения климата и для использования природного генофонда в селекционных программах.

THE PATTERN AND THE BASIS OF ADAPTIVE VARIATION IN BOREAL FOREST TREE SPECIES (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, Russia; eazhuk@yandex.ru

The basic evolution result of intraspecies natural selection is adaptation development of adaptations called individual fitness. The most of forest tree species demonstrates adaptive traits variability both inside and between ecotypes. The detection of the pattern and the basis of adaptive traits is the one of the most actual problem in modern forest genetics. The investigations in geographic variation of phenological and morphological traits is carried out from the middle of the last century, and due to them adaptive variation structure was established for many species. Seed zoning and following seed transfer guidelines were developed on this basis.

However, the nature of local heritable adaptations remains largely unclear. During the last decade there were some attempts to reveal the correlations between climatic gradient and variation in genes related with individual adaptive traits, for example, growth cessation, frost and drought resistance, etc. But there are a few real achievements in this field because of limited abilities of adaptive genetics and genomics now and because the studies of the pattern of adaptive variability are still in progress. The changing traits, such as their list, ranged significance and correlations, are studied incompletely. Only in phenology and general productivity more or less clear patterns were revealed. But the elements of this productivity are less explicit, for example, sexual reproduction is almost totally unclear. Spatial structure is also studied insufficiently. It is unknown how does the ecotypes hierarchy and variation organized in ecological and geographical "system of axes". It is difficult to approach the problem of variation pattern without solving these issues. The only way to solve it is the old and reliable method of ecotype investigation *ex situ* when their progeny is growing in the homogeneous environments.

Our subjects are climatic ecotypes. Siberian ecotypes of Siberian stone pine are convenient because they have the full set of latitudinal, longitudinal and altitudinal ecotypes. By

the example of this species we have tried to find the traits having the adaptive significance and to reveal the pattern of its variation depending on the heat and photoperiod gradient. We have summarized the monitoring observations over the growth and development in latitudinal (West Siberian Plain) and altitudinal (northern slope of Western Sayan) Siberian stone pine ecotypes in clone archive, located in the south of the forest zone. The total vegetative productivity, as well as all of its elements without exception, significantly decreased as the reduction of heat sum in the origins of source populations. The intensity of the shoot organogenesis was equally volatile in both transects, the axis growth was more volatile in the altitudinal transect, the needle growth - in the latitudinal one. It means that the three main elements of productivity have fundamental differences in regulation by the climatic and photoperiodic factors that form a unique structure of adaptive traits in latitudinal and altitudinal ecotypes. Differences in sexual reproduction has another laws. From the southern to the northern ecotypes the portion of trees able to form microstrobili increased, and the ratio of vegetative and reproductive part shifts toward the latter, while the altitudinal ecotypes have equally weak reproduction. These conclusions open up new possibilities for modeling plant responses to climate change and for the using of natural gene pool in breeding programs.

ОПЫТ ИНТРОДУКЦИИ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ В ЛЕСНОМ ПИТОМНИКЕ «АК КАЙЫН»

Залесов С.В., Ражанов М.Р., Данчева А.В., Оплетаев А.С.

Уральский государственный лесотехнический университет, Россия; zalesov@usfeu.ru

Арборетум лесного питомника «Ак кайын» государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Жасыл Аймак» (РГП «Жасыл Аймак») был заложен в 2001 г. с целью испытания и установления перспективности различных таксонов (видов, форм, гибридов, сортов) для целей лесоразведения и озеленения столицы Республики Казахстан г. Астаны.

Территория арборетума расположена в степной зоне, подзоне сухой типчаково-ковыльной степи. Согласно схемы лесорастительного районирования территория арборетума относится к провинции остепненных нагорных островных и равнинных сосновых и березово-осиновых лесов, к району сухостойных сосняков Баяно-Каркаралинских низкогорий, подрайону Ерейментауских остепненных березовых и ольховых лесов с остаточными сосняками.

Перспективность древесных растений, проходящих испытания в арборетуме, устанавливалась в соответствии с методикой Главного ботанического сада [1], модифицированной А.В. Гусевым с соавторами [2, 3]. В качестве показателей оценки жизнеспособности растений и перспективности их выращивания были использованы: степень вызревания побегов, зимостойкость, регулярность прироста побегов, способность к размножению.

За 14-летний период с начала выполнения работ в арборетуме было испытано 132 таксона. Посадочный материал поступал в арборетум из различных районов Республики Казахстан и Российской Федерации. Другими словами, исследуемые таксоны уже прошли первичную адаптацию, что позволяет рекомендовать их как перспективные для лесоразведения и озеленения.

За период исследований из коллекции арборетума выпало 25 таксонов и два таксона показали средние значения показателей жизнеспособности и перспективности растений ниже 20 баллов, что позволило объединить их в группу непригодных. Однако, поскольку большинство выпавших таксонов было завезено однократно из г. Волгограда и г. Алматы, вывод о их непригодности можно считать предварительным. Возможно, что причиной отпада послужили неблагоприятные погодные условия конкретного года или допущенная небрежность при перевозке посадочного материала.

Группы неперспективных составили 11, малоперспективных – 12, менее перспективных – 30, перспективных – 29 и самых перспективных – 23 таксона.

Данные о перспективности древесных и кустарниковых пород установленные в арборетуме лесного питомника «Ак кайын» позволят расширить ассортимент при лесоразведении и озеленении в условиях степной зоны Северного Казахстана.

Библиографический список

1. Куприянов, А.Н. Интродукция растений: учебное пособие. / А.Н. Куприянов. – Кемерово: Кузбасвузиздат, 2004. 96 с.

2. Гусев, А.В. Методика определения перспективности интродукции древесных растений. / А.В. Гусев, С.В. Залесов, Д.Н. Сарсекова // Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса в рамках концепции 2020: Матер. VII междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. Ч. 2. С. 272-275.

3. Залесов, С.В. Перспективность древесных интродуцентов для озеленения в условиях средней подзоны тайги Западной Сибири. / С.В. Залесов, Е.П. Платонов, А.В. Гусев // Аграрный вестник Урала. 2011. № 4 (83). С. 56-58.

INTRODUCTION OF TREES AND SHRUBS IN THE FOREST TREE NURSERY “AK KAJIN”

Zalesov S.V., Razhanov M.P., Dancheva A.V., Opletaev A.S.

The Ural State forest engineering university

“Ak Kajin” forest tree nursery arboretum of the state enterprise entitled to run management “Zhasyl Ainak” was layed in 2001 having in view testing and perspectiveness determining of different taxons (sorts, forms, hybrids, species) for forestation and municipal forestry in Astana, the capital of Kazakh republic.

The arboretum territory is located in steppe zone, subzone of dry tipchacovo-feather-grass steppe. According the scheme of forest-growing in to districts the arboretum territory belongs to the province of steppe highland, insular and flat pine and birch-aspen forests, the region of dead pine stands of Bajjano-Kazkaralinsky low-mountains subregion of Ereimentaysky steppe birch and alder forests with residual pine stands.

Perspectiveness of woody plants tested in arboretum has been established according to Central Botanic Garden method that has been modified by A.V. Gusev and co-authors (2.3). The degree of shoot ripening, cold resistance, regularity of shoot increment, ability to breeding have been used to show the estimation index of plants viability and their perspectiveness in growing.

For the 14-year period when the work has been started in the arboretum 132 taxons has been tested. The planting material was supplied by various regions of Kazakhstan republic as well as Russian Federation in other words taxons tested has already passed the initial period of adaptation, it means that they can be recommended for forestation and municipal forestry for their perspectiveness. For the whole period of investigations only 25 taxons have been attrited out of arboretum collection and 2 taxons have shown mean riability value and perspectiveness lower than 20 points. That made possible to unite them in an useless group. However as the most part of the attrited taxons have been delivered from Volgograd and Almaty only once the conclusion on their uselessness is premature. Perhaps, the cause of attrition was due to unfavorable weather condition in a concrete year or because of the carelessness in plants transporting.

The groups of unperceptive totaled – 11, low perspective – 12, less perspective – 30, perspective – 29 and the most perspective – 23 taxons.

The data on woody and shrubs species perspectiveness that has been established in forest nursery “Ak Kayin” arboretum will make possible to widen the assortment in forestation and municipal forestry in the steppe zone of the north Kazakhstan.

Bibliography

1. Kupriyanov A.N. Introduction of plants: text-boon A.N. Kupriyanjv, Kemerovo: Kusbasvusiaat, 2004. 96 p.
2. Gusev A.V. The methods of perspectiveness of woody plants introduction determining. A.V. Gusev, S.V. Zalesov, D.N. Sarsekova. Socio-economic and ecological problems of forest complex in the frames of conception 2020. Mat. VII intern. scient-tech. confer.
3. Zalesov S.V. Perspectiveness of woody introducents for municipal forestry in the middle taiga subzone of the western Siberia. S.V. Zalesov, E.P. Peatonov, A.V. Gusev. Agrarian vestnik of the Ural. 2011. № 4(83). P. 56-58.

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОПУЛЯЦИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЛЕНТОЧНЫХ БОРАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ, ВЫЯВЛЕННАЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАРКЕРОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

Зацепина К.Г.¹, Кальченко Л.И.², Тараканов В.В.¹, Экарт А.К.¹, Ларионова А.Я.¹

¹ Институт леса СО РАН, Красноярск, Россия; kseniya-zacserina@yandex.ru

² Российский центр защиты леса – Центр защиты леса Алтайского края, Барнаул, Россия; altay-lss@yandex.ru

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) в Алтайском крае является наиболее ценной породой в экономическом и экологическом плане. В то же время нет точных данных о ее популяционной структуре в исследуемом районе. В работе сопоставлены данные по дифференциации популяций этого вида в ленточных борах Алтайского края, полученные при анализе изменчивости фенотипов и аллозимов, а также количественных признаков и их индексов.

В пределах уникальных ленточных боров, произрастающих в степной части Обь-Иртышского междуречья, выделены 2 лесосеменных района (подрайона) сосны: Бурла-Касмалинский (69б) и Прииртышско-Кулундинский (82) [Лесосеменное районирование, 1982]. В изученных нами наиболее массивных барнаульской и касмалинской лентах граница между этими районами практически совпадает с границей между сибирским и кулундинским подвидами сосны по классификации Л.Ф. Правдина [1964]. По аллозимным маркерам были исследованы 4 популяции сибирского (район 69б) и 3 кулундинского (район 82) подвида, по двум другим маркерам – 5 и 7 популяций, соответственно. Электрофоретический анализ изоферментов осуществляли по 20-ти локусам, фенетический – по 5 фенам семян и зрелых шишек, анализ изменчивости количественных признаков – по индексу формы шишек и массе 1000 шт.семян [Кальченко, 2013; Зацепина, 2015].

Генетическое расстояние между популяциями D [Nei, 1972] варьирует от 0.003 до 0.011. При многомерном шкалировании матрицы генетических расстояний Неи (рис.1) ни по одной из координат не прослеживается четкого расположения популяций в зависимости от их принадлежности к тому или иному лесосеменному району.

Наиболее обособленной оказалась популяция «Макарово», относящаяся к западной системе «коротких лент», которая достоверно дифференцирована почти от всех других популяций района 69б, и характеризуется пониженным уровнем полиморфности (60% против 70-75% у других популяций). Об отсутствии дифференциации популяций из разных лесосеменных районов свидетельствует также анализ молекулярной вариации (AMOVA).



Рис. 1. Проекция изученных популяций на плоскости двух координат.

Дифференциация популяций по фенам, индексу формы шишек и массе семян оказалась более выраженной. Это проявляется не только в достоверных различиях между выборками из различных лесосеменных районов, но и в существенных межпопуляционных различиях как внутри района 69б, так и внутри района 82.

Основные выводы из полученных результатов заключаются, во-первых, в целесообразности комплексного изучения популяционной структуры сосны с помощью различных методов и, во-вторых, в необходимости дальнейшего уточнения её лесосеменного районирования. При этом высказано предположение о повышении эффективности аллозимного анализа посредством выявления и последующего применения для дифференциации популяций не всех, а преимущественно «диагностических» локусов. В наших экспериментах ими оказались локусы *Mdh-4* (2.9%), *Lap-2* (2.8%), *Adh-2* (2.5%) и *6-Pgd-2* (2.5%), которые вносят наибольший вклад в дифференциацию изученных популяций.

DIFFERENTIATION OF SCOTS PINE POPULATIONS IN TAPE PINE FORESTS OF ALTAI REGION REVEALED USING DIFFERENT MARKERS

Zatsepina K.G.¹, Kalchenko L.I.², Tarakanov V.V.¹, Ekart A.K.¹, Larionova A.Ya.¹

¹V.N. Sukachev Institute of Forest of, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia; kseniya-zatsepina@yandex.ru

²Center for Forest Protection of Altai Region, Barnaul, Russia; altay-lss@yandex.ru

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Altai region is the most valuable wood species in economic and environmental terms. At the same time, there is no accurate data on its population structure in the research area. The paper compared the data on the differentiation of populations of this species in tape pine forests of Altai region, obtained by analyzing the variability of phenes and allozymes and also quantitative traits and their indexes.

Within the unique tape pine forests growing in steppe zone of the Ob-Irtysh interfluve 2 allocated forest-seed zoning (subdistrict) pine: Burla-Kasmalinsky (69b) and Priirtyshsko-Kulundinsky (82) [Forest-seed zoning, 1982]. In most massive the barnaul and kasmalinsky tapes research by the border between these zone practically coincides with border between siberian and kulundinsky pine subspecies on L.F. Pravdin's classification [1964]. By allozymes markers were investigated 4 populations siberian (the zone 69b) and 3 kulundinsky (the zone 82) subspecies, two other markers – 5 and 7 populations, respectively. Electrophoretic analysis of isoenzymes was performed on 20 loci, phenotypic – on 5 phenes of seeds and mature cones, analysis of variability of quantitative trait – the index form of cones and weight of 1000 pieces of seeds [Kalchenko, 2013; Zatsepina, 2015].

The genetic distance between populations of D [Nei, 1972] varies from 0.003 to 0.011. At multidimensional scaling matrix of Nei genetic distances (fig. 1) by one of the coordinates it no clear location of populations depending on their belonging to a particular forest-seed zoning.

The most isolated was a population of "Makarovo" relating to the western system of "short tapes" which is authentically differentiated almost from all other populations of the zone 69b and is characterized by a reduced level of polymorphism (60% vs. 70-75% in other populations). On the absence of differentiation of populations from different forest-seed zoning also shows the analysis of molecular variance (AMOVA).

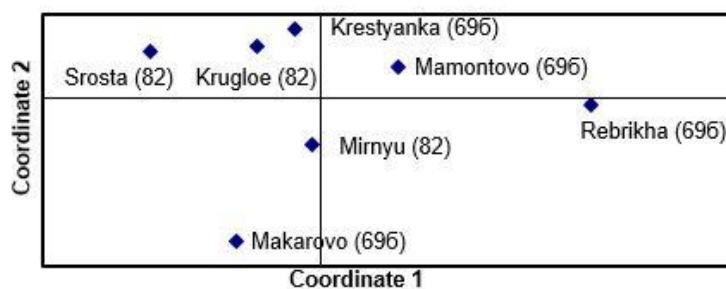


Fig. 1. A projection of the studied populations to the planes of two coordinates.

Differentiation of populations by phenes, the index of form of cones and seed weight was more pronounced. This is evident not only in significant differences between samples from different forest-seed zoning, but also significant differences between populations within the zone 69b, and within the zone 82. The main conclusions from the results obtained are, firstly, the appropriateness of complex researching of the population structure of pine using various methods and, secondly, the need of further specification its forest-seed zoning. Thus it is suggested to increase the efficiency of allozymes analysis by identifying and the applying for the differentiation of populations not all, preferably "diagnostic" loci. In our experiments, they were loci of Mdh-4 (2.9%), Lap-2 (2.8%), Adh-2 (2.5%) and 6-Pgd-2 (2.5%), which make the largest contribution to the differentiation of the studied populations.

О ПРОГРАММЕ СЕЛЕКЦИИ КЕДРА СИБИРСКОГО (*PINUS SIBIRICA DU TOUR*) НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ

Земляной А.И.

Западной-Сибирский филиал Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Россия;
zemlyanoyalex38@mail.ru

Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) или кедр сибирский по разнообразию полезных свойств не имеет себе равных. Кедровые леса являются средой обитания и кормовой базой многочисленных промысловых зверей и птиц. Деревья кедр продуцируют живицу, обладающую целебными свойствами. В хвое кедр содержится 2 % эфирных масел, что в 5 раз больше чем у хвои сосны обыкновенной. Из всего разнообразия полезностей кедр наибольшую ценность представляют его высокопитательные и целебные семена-орешки. В их ядрах содержится: 65 % жиров, 15 % углеводов и 17 % белков, включающих 19 аминокислот, в т.ч. наиболее важные: триптофан, лизин, метионин, аргинин, цистин и гистидин, а также жирорастворимые витамины: А-ретинол, D-кальциферол, Е-токоферол, F, P и дефицитные микроэлементы: Mn, Zn, I, Cu, Co. Благодаря сбалансированному комплексу биологически активных веществ в семенах, кедр сибирский по праву считается символом здоровья и долголетия. Стоимость срубленной древесины кедр с лихвой окупается ценой всего 3-5 урожаев семян. Это определяет актуальность его селекции на семенную продуктивность, качество и биохимический состав семян.

Ввиду слабой изученности частной генетики кедр сибирского, на первоначальном этапе селекционных работ потребовалась широкая мобилизация исходного материала путем отбора плюсовых деревьев по результатам анализа динамики за 10-летний период показателей их структуры семенной продуктивности в естественных популяциях, припоселковых кедровниках, созданных плантациях и клоновых архивах.

Следует отметить, что принципы отбора деревьев по семенной продуктивности прямо противоположны признакам отбора деревьев кедр на массу и качество его стволовой древесины. Это и определило необходимость разработки в Институте леса специальной "Методики отбора плюсовых деревьев кедр сибирского по семенной продуктивности", которая в 1980 г. была утверждена Гослескомитетом СССР в качестве официального документа, изданного тиражом 3000 экземпляров. По этой методике были отобраны более 100 плюсовых деревьев кедр сибирского в лесхозах Новосибирской области. Заготовленные черенки с этих деревьев использовались для прививок на саженцы кедр и последующей их посадки в клоновых архивах и семенных плантациях в Бердском спецлесхозе (плато Буготакских сопок). Основным интегральным показателем оценки семенной продуктивности 30-летних клонов была принята удельная среднемноголетняя (за 10 лет) энергия семеношения, выраженная массой семян на 1м² проекции кроны. У лучших клонов она варьировала от 0,565 до 0,887 кг семян на 1м² проекции кроны, что в несколько раз больше по сравнению с аналогичными показателями 100-120-летних деревьев. Таким образом, девиз-мечта академика В.Н. Сукачева "О

преодоления барьера времени в лесоводстве” по отношению к семенной продуктивности кедра успешно решается.

Модель сорта-клона кедра по семенной продуктивности должна включать следующие основные параметры: 1) хорошо развитую крону с мощными развилками в нижней части ствола, толстыми ветвями в мутовках и многочисленными женскими побегами в средней и верхней частях кроны; 2) среднемноголетнее число шишек на одном побеге – не менее 1,7; 3) длину шишек >75 мм с числом полнозернистых семян >70; 4) массу 1000 семян >230 г; 5) обилие микростробилов с высокой общей комбинационной способностью пыльцы; 6) повышенную устойчивость к факторам среды, повреждениям вредителями и болезнями.

PROGRAM OF SIBERIAN STONE PINE (*PINUS SIBIRICA* DU TOUR) BREEDING FOR SEED PRODUCTION EFFICIENCY

Zemlyanoy A.I.

West-Siberian Branch of V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia; zemlyanoyalex38@mail.ru

Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) is unmatched in a variety of useful properties. Stone pine forests provide habitat and food supply for many game animals and birds. Stone pine trees produce sap which has healing properties. The needles of stone pine contain 2% of essential oil, what is 5 times more than its amount in needles of Scots pine. Among the whole variety of stone pine's useful properties, its highly nourishing and curative seeds – nuts are most valuable. Their kernels contain 65% fats, 15% carbohydrates, and 17% proteins comprising 19 amino acids, among them most important are: tryptophan, lysine, methionine, arginine, histidine, and cystine, as well as fat-soluble vitamins: A-retinol, D-calciferol, E-tocopherol, F, P, and deficient trace nutrients: Mn, Zn, I, Cu, and Co. Due to a balanced set of biologically active substances in seeds, the Siberian stone pine is rightfully considered to be a symbol of health and longevity. The cost of felled stone pine wood is more than compensated by the price of only 3 to 5 seed yields. This determines the relevance of its breeding for seed production, quality, and biochemical composition of seeds.

Due to poor knowledge of the Siberian stone pine species genetics, the initial stage of breeding required a wide-range mobilization of parental material through the selection of plus trees based on the analysis of 10-year dynamics of the structure of seed production in natural populations, near-settlement stone pine forests, orchards, and clone banks.

It should be noted that the principles of seed production selection are exactly the opposite of those of stone pine tree selection based on the weight and quality of trunk timber. This just determined the need for special «Method for selecting plus trees of Siberian stone pine on seed production», which was developed in the Institute of Forest, approved as an official document by the USSR State Forest Committee in 1980, and published in 3,000 copies. Using this method, more than 100 plus trees of Siberian stone pine were selected in forestry enterprises of Novosibirsk region. Cuttings harvested from these trees were used for grafting on stone pine transplants and subsequent planting in clone banks and seed orchards in Berdsky Special Seed Forestry Enterprise (the upland of Bugotak Hills). Specific long-time annual average (over 10 years) energy of seed production expressed by the weight of seeds per 1m² of the crown vertical projection was accepted as main integral parameter for evaluating the seed production of 30-year clones. In best clones it varied between 0.565 and 0.887 kg of seeds per 1 m² of crown projection, what is several times higher when compared with that of 100-120 year-old trees. Thus, the motto and dream of academician V.N. Sukachev "On overcoming the time barrier in forestry" regarding the stone pine seed production is being solved successfully.

A model of stone pine species cloned for seed production should include the following basic parameters: 1) well-developed crown with robust forks in the lower part of the stem, thick whorled branches, and numerous female shoots in the middle and upper part of the crown; 2)

long-time annual average number of cones on a single shoot not less than 1.7; 3) the cone length more than 75 mm with the number of full-grained seeds in a cone more than 70; 4) the weight of 1000 seeds more than 230 g; 5) the abundance of microstrobiles with high general combining ability of pollen; and 6) increased resistance to environmental factors and damage from pests and diseases.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРОН ДЕРЕВЬЕВ МЕТОДАМИ ФОТОГРАММЕТРИИ НА КЛОНОВЫХ ПЛАНТАЦИЯХ

Иванова Ю.Ю.

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Россия; iuu@ngs.ru

Одной из эффективных форм организации лесного семеноводства является закладка лесосеменных плантаций, с использованием плюсовых деревьев, отобранных в лучших насаждениях. Для выявления генетически лучших особей проводятся многолетние наблюдения. С этой целью анализируется изменчивость большого числа морфометрических показателей. Главными признаками, определяющими строение кроны деревьев, являются: длина осевых и боковых побегов, длина и количество ветвей в мутовках, а также угол крепления ветвей к стволу. Для оценки этих признаков использовались материалы цифровой наземной стереофотосъемки. Съёмка деревьев производилась на одном из участков селекционного питомника Озёрского лесничества в Алтайском крае.

Обработка материалов осуществлялась в программном продукте PhotoModeler. Функциональные возможности программы позволяют построить 3 D – модель как по одной стереопаре, так и по большему числу снимков. Построенная модель позволяет определить пространственные размеры объектов. Опции программы позволяют получать не только линейные размеры объектов, но и величину угла между отрезками.

Общая длина ветви вычислялась как сумма длин её однолетних приростов, при этом идентифицировались соответственные точки на левом и правом снимках. Для объективной оценки полученных результатов были измерены длины трёх ветвей в каждой мутовке и рассчитаны их средние значения. Для каждого из клонов учитывали по несколько привитых деревьев (рамет) и рассчитывали средние значения признаков.

Процесс измерения угла отхождения ветви по стереопаре заключался в идентификации точек, определяющих длину осевого побега (ось первого порядка) и длину бокового побега (ось второго порядка) за исследуемый период. Вычисление угла ветвления реализовалось по пространственным координатам замаркированных точек.

Поскольку в процессе формирования ветви меняется вектор направления её роста в пространстве, то угол отхождения ветви, измеренный на разных стадиях её развития, будет различный. Поэтому при измерениях отмечалось по три точки с последующим построением по ним трёх различных углов и определением среднего значения.

Для оценки точности измерения угла ветвления по стереоснимкам был проведён специальный эксперимент. Его результаты показали, что точность определения угла ветвления деревьев по цифровым стереоснимкам является высокой.

По результатам обработки материалов наземной стереофотосъемки были получены длины боковых побегов исследуемых клонов (45, 73, 501, 514) за период с 1997 по 2007 годы. Наибольшим приростом кроны в ширину характеризуются клоны 501 и 514. Угол отклонения (отхождения) ветвей от ствола у клона 73 и 514 больше чем у клона 45 и 510. Клоны 73 и 514 можно охарактеризовать как туповершинные, а клоны 45 и 510 островершинные.

Таким образом, предлагаемый метод определения количественных характеристик деревьев может служить эффективным средством информационного обеспечения исследователей лесных ресурсов.

СОСТОЯНИЕ ГЕНОФОНДА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В КАРЕЛИИ

Ильинов А.А., Раевский Б.В.

Институт леса Карельского НЦ РАН, Россия; ialex33@yandex.ru

Существующее лесосеменное районирование, результаты исследований географических культур и лесосеменных плантаций плохо согласуются с имеющейся информацией о популяционно-генетической структуре сосны обыкновенной в Карелии. Необходимы генетические исследования для обеспечения теоретической базы селекции и семеноводства сосны обыкновенной и, в целом, для сохранения и использования ее генетических ресурсов в регионе. С целью изучения особенностей внутривидового разнообразия сосны обыкновенной *P. sylvestris* в Карелии с помощью четырех микросателлитных праймеров (Spac11,8, Spac12,5, PtTX2123, PtTX2146) был проведен анализ генетической структуры пяти природных (Гридино, Войница, Заонежье, Кивач, Сортавала) и одной искусственной (лесосеменная плантация – ЛСП) популяций. Всего было обнаружено 60 аллелей, из них с частотой менее 0,05 – около 50%. Кроме того, во всех насаждениях, за исключением Заонежья из Центральной Карелии, выявлены уникальные аллели. Максимальное количество аллелей было обнаружено на ЛСП и в южной популяции Сортавала. Минимальным уровнем аллельного разнообразия характеризовались популяции из центральной части Карелии (Заонежье, Кивач). Анализ основных параметров генетического разнообразия (A , ne , He , Ho и $P_{99\%}$) популяций сосны показал, что все четыре исследованных локуса были полиморфны во всех популяциях. Значения основных показателей генетической изменчивости свидетельствовали о минимальном уровне аллельного разнообразия у центральнокарельских популяций по сравнению с другими. Северная популяция Гридино характеризовалась максимальными параметрами наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности. Эта популяция, представленная *ssp. lapponica*, по уровню генетической изменчивости не уступала другим популяциям сосны обыкновенной, а центральнокарельские даже превосходила по этому показателю. Особо следует отметить ЛСП, где уровень генетического разнообразия оказался одним из самых высоких, что свидетельствует о достаточной представленности генофонда карельских популяций сосны обыкновенной на лесосеменной плантации. Уровень наблюдаемой гетерозиготности во всех изученных карельских популяциях сосны обыкновенной был ниже ожидаемой, особенно эта разница велика (практически в два раза) у центральнокарельских популяций, что свидетельствует о значительном дефиците гетерозигот в этих популяциях. В целом, исследованные популяции *P. sylvestris* характеризуются высоким уровнем генетического разнообразия. Анализ AMOVA показал, что, не смотря на значительные различия между карельскими популяциями сосны обыкновенной как в аллельном составе, так и в уровне генетического разнообразия, большая часть выявленной изменчивости приходится на различия между деревьями в пределах популяций. Межпопуляционная доля генетического разнообразия составляет 12%. Количественно уровень межпопуляционной генетической дифференциации популяций сосны оценивали с помощью вычисления генетической дистанции Nei . Популяции разделились на два кластера, генетическое расстояние между которыми оказалось значительным ($D_N=0.21$). В первый вошли географически далеко расположенные друг от друга Гридино, Сортавала и Войница. Популяция Кивач и лесосеменная плантация также объединились в один кластер. Наиболее обособленной оказалась популяция Заонежье, находящаяся на расстоянии $D_N=0,26$ от основной группы. Такая особенность популяционной структуры вида в исследованной части ареала может быть обусловлена несколькими факторами, среди которых важную роль играет история расселения сосны обыкновенной в послеледниковый период.

Работа поддержана грантом Программы фундаментальных исследований Президиума РАН "Живая природа: современное состояние и проблемы развития".

THE CURRENT STATE OF THE *PINUS SYLVESTRIS* GENE POOL IN KARELIA

Ilinov A.A., Raevsky B.V.

Forest Research Institute of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences;
ialexa33@yandex.ru

It has to be emphasized that present knowledge about the *P. sylvestris* population structure in Karelia does not coincide with the results of intra-specific variability investigations in provenance trials and clonal seed orchards. The same is true concerning the existing forest seed zoning. Sufficient theoretical base for development of new programs for Scotch pine breeding and preservation of its genetic variety in the region requires new genetic studies. Five native populations and one seed orchard have been studied using four microsatellite primers (Spac11,8, Spac12,5, PtTX2123, PtTX2146) to find out the peculiarities of Scotch pine intraspecific diversity in Karelia. Totally 60 alleles have been found and around 50% of them had a frequency of less than 0,05. Unique alleles have been found in all populations except Zaoneje one. The analysis of the gene diversity basic parameters of pine populations (*A*, *ne*, *He*, *Ho*, *P_{99%}*) revealed that all investigated loci were polymorphic in all populations. Sortavala population and Petrozavodsk seed orchard (South of Karelia) had the biggest allele numbers, whereas the populations from Central Karelia (Kivach and Zaoneje) had the smallest ones. The same was true for all other basic figures of gene variability in the Central Karelia pine populations. The northern Gridino population was characterized by the highest values of the observed and expected heterozygosity. This population belonging to *ssp. lapponica* was found to have the level of genetic variability not less than the other populations of pine have and even higher than the genetic variability levels of the Central Karelia pine populations. Petrozavodsk seed orchard should be mentioned as having one of the highest levels of the genetic variability, which gives evidences in favor of good state regarding representativeness of Scotch pine gene pool here. The observed heterozygosity level of all studied Karelian populations was lower than expected one, especially in the Central Karelia populations, where it was reduced to almost half of that expected. This states reduction in heterozygosity when compared to Hardy-Weinberg expectation in the studied populations. On the whole, the investigated *P. sylvestris* population can be described as having a high level of the genetic variability. AMOVA analysis showed that despite the significant differences between pine populations, considering both the allele composition and the genetic diversity, the major part of the variety was allocated inside group. The share of intergroup variability was equal to 12%. The investigated populations were subdivided into two clusters characterized by substantial Nei distance ($D_N=0,21$). The first one includes "Gridino", "Sortavala" and "Vojnitsa", while the other cluster comprises "Kivach" and "Petrozavodsk seed orchard". Zaoneje population was found to be the most isolated ($D_N=0,26$) from the first cluster. The revealed peculiarities of Scotch pine population structure could be caused by a number of factors especially by a specific manner of pine expansion during the last post-glacial period.

Work is supported by a grant of the Program of basic researches of Presidium of the Russian Academy of Sciences "Wildlife: current state and problems of development".

СОСТОЯНИЕ КЛОНОВЫХ ОБЪЕКТОВ КЕДРА СИБИРСКОГО (*PINUS SIBIRICA* DU TOUR) РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ: СОХРАННОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ

Ильичев Ю.Н.

Западно-сибирский филиал Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН.
630082, Новосибирск, ул. Жуковского, 100/1, Россия; e-mail: yu.ilyichev2015@yandex.ru

В республике Алтай значительная часть территории занята кедровыми лесами – сосной кедровой сибирской (*Pinus sibirica*), которая в России считается одной из

хозяйственно ценных древесных пород. По учету 2005 г. площадь кедровых лесов 1051.6 тыс.га.

Некоторые исследователи считают, что в Республике Алтай находится фитоценотический оптимум этого вида, имеются рефугиумы третичной флоры, в которых сформировались аутохтонные кедровники [Куминова, 1960], а низкогорные популяции могут являться центрами формообразования и резервации ценного генофонда [Ирошников, 1974]. В процессе селекционной инвентаризации было установлено, что наиболее продуктивные кедровники расположены на среднегорьях в северо-восточной части республики, в пределах географических координат 51°20'-52°20' с.ш. и 86°-88°20' в.д., а так же в северной части Алтайского государственного природного заповедника.

Работы по сохранению ценного генофонда кедра сибирского в Республике Алтай ведутся с 1980-х годов 20 в. Для сохранения генетических ресурсов кедра используются два основных направления: *in situ* – сохранение ценного генофонда в природных местообитаниях; *ex situ* – консервация генофонда вне природных местообитаниях, в основном в прививочных клоновых объектах.

На 2014 г., в Республике Алтай имеется 320 плюсовых деревьев (ПД) отобранных на разные хозяйственно ценные признаки, из которых 285 деревьев клонировано. На основе этого заложено 60.9 га различных прививочных лесосеменных плантаций (ЛСП) – чистых на семеношение, смолопродуктивность, продуктивность и качество ствола и комплексных по этим признакам, а так же архивов клонов (АК) 13.7 га. Общее количество привитых деревьев на клоновых объектах 4932 шт. Выделено лесных генетических резервов 495.4 га и плюсовых насаждений 77.8 га.

Данные объекты имеют важное значение для сохранения и размножения ценного генофонда кедровников Алтая. Разнородность клоновых объектов по селективируемым признакам и вступление части из них в фазу плодоношения уже сейчас создает перспективу селекции по выделению сортов-клонов как на отдельные признаки, так и по исследованию их взаимосвязи.

В связи с важностью данных объектов, большое значение имеет оценка их сохранности и состояния. К сожалению динамика сохранности отрицательная из-за воздействия природных (ветровалы, пожары и др.) и антропогенных факторов.

С начала работ (1980 годы) к настоящему времени количество (ПД) с 456 шт. уменьшилось до 320 шт. Площадь ПН с 86 га до 77.8 га.

В настоящее время у деревьев на плантациях обнаружено покраснение хвои (дехромация). В процессе визуального обследования плантаций в 2011 г. было обнаружено покраснение хвои на отдельных ветвях кроны у отдельных деревьев. Повторное обследование, проведенное нами через год, показало на интенсивное усиление степени повреждения и расширение зоны повреждения плантаций. По данным визуального лесопатологического обследования проведенного сотрудниками ФГУ «Рослесозащита» в 2013 г. установлено, что значительная часть деревьев находится в ослабленном состоянии. Для сохранения объектов, необходимо полное детальное лесопатологическое обследование и проведение химических мер борьбы с возбудителями болезни.

CONDITION OF *PINUS SIBIRICA* DU TOUR CLONAL STANDS IN ALTAI REPUBLIC: CONSERVATION AND PROSPECTS OF BREEDING

Ilyichev J.

West-Siberian Branch of the Institute of Forest of SB RAS (Novosibirsk), Russia;
yu.ilyichev2015@yandex.ru

In Altai Republic the considerable part of territory is occupied by the Siberian stone pine forests (*Pinus sibirica*). In Russia this species is considered as economically valuable. According to the records of 2005 the area of the Siberian stone pine forests is 1051.6 thousands of ha.

Some researchers consider that in Altai Republic there is a phytocenosis optimum of this species, there are refugiums of tertiary flora in which autochthonous Siberian stone pine forests were formed [Kuminova, 1960], and low-mountain populations can be the centers of a shaping and reservation of a valuable gene pool [Iroshnikov, 1974]. In the course of selection inventory was established that the most productive Siberian stone pine forests are located on middle mountains in northeast part of the republic, within geographical coordinates 51° 20'-52° 20' NL and 86°-88° 20' EL, and also in northern part of Altai Nature Reserve.

Works on preservation of a valuable gene pool of a Siberian stone pine in Altai Republic are going since 1980th years of 20 century. For preservation of genetic resources of a Siberian stone pine two main directions are used: *in situ* – preservation of a valuable gene pool in natural habitats; *ex situ* – preservation of a gene pool out of natural habitats, generally in grafting clonal stands.

For 2014, in Altai Republic there were 320 plus trees (PT) which were selected based on the different economically valuable traits, 285 of them were cloned. On their basis 60.9 ha of various grafted forest seed plantations (FSP) were established for seed production, resin production, growth rate and stem quality, and also based on combination these traits, and also the clonal archives (CA) were established 13.7 ha. Total number of the grafted trees on clonal stands is 4932. 495.4 ha of forest genetic reserves and 77.8 ha of plus plantings were marked out.

These stands are important for preservation and reproduction of a valuable gene pool of Siberian forests of Altai. Heterogeneity of clonal stands on selection traits and the introduction of part from them in a seed bearing phase already now creates breeding prospect on allocation of grades-clones both on separate traits, and on research of their interrelation.

Due to the value of these stands, the assessment of their safety and status is of great importance. Unfortunately survival dynamics is negative because of influence natural (windthrown trees, the fires, etc.) and anthropogenic factors.

Since the beginning of works (1980) so far the quantity (PT) from 456 pieces decreased to 320 pieces. The area of PP decreased from 86 hectare to 77.8 hectares.

Reddening (dechromation) of needles on trees on plantations was revealed at present. In the course of visual inspection of plantations in 2011 reddening of needles on separate branches of crown at separate trees was revealed. The repeated examination conducted by us in a year showed on intensive strengthening of a damage rate and expansion of a zone of damage of plantations. According to the visual forest pathology examination conducted by the staff of Russian Center of Forest Protection in 2013 it is established that the considerable part of trees is in the weakened state. Preservation of stands, requires full detailed forest pathology inspection and carrying out chemical measures of fight against infecting agents.

**РЕАКЦИЯ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ (*LARIX SIBIRICA* LEDEB.) НА
РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЛЕСОВ ВОСТОЧНОГО ТАННУ-ОЛА В
РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА**

Ирошников А.И.

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», Воронеж, Россия; ilgis@lesgen.vrn.ru

Лесные экосистемы, как правило, стабильно выполняют важные функции в биосфере по трансформации выбросов техногенных токсикантов, в т.ч. радиоактивных веществ (с 6 августа 1945 г.). Уровень и последствия радиоактивного загрязнения отдельных регионов России продуктами испытания ядерного оружия в атмосфере на Северном и Семипалатинском полигонах, а также крупных катастроф на АЭС и атомных комбинатах – сфера детальных исследований и разработок эффективных мероприятий по их реабилитации: они регулярно освещаются в материалах научных форумов, отчетах Федеральных органов и субъектов РФ.

Особая ситуация характерна для Сибири, где в период прекращения атмосферных испытаний в стране источником загрязнения ее территории (до 20 % объема суммарной мощности), явились продукты ядерных взрывов в 1964-1980 гг. у оз. Лобнор Синьцзянского района КНР. В публикациях Центра общественной информации по атомной энергии имеются указания о мощности бомб и датах экспериментов на этом полигоне [1, 2], но отсутствуют сведения о загрязнении конкретных территорий. Замалчивание (игнорирование) их глобальных последствий для здоровья населения, как и акцент на «пренебрежимо слабом воздействии радиационного фактора на состояние лесных экосистем» [3] требуют реакции научного сообщества. О чем свидетельствуют и последствия взрыва на атомном объекте Фукусима в Японии в марте 2011 г. [4].

В 1975 г. были обнаружены значительные морфозы вегетативных и генеративных органов у деревьев лиственницы сибирской разного возраста в Восточном Танну-Ола (Тандинский лесхоз Республики Тыва – у оз. Чаготай), а в июле 1982 г. аналогичные аномалии выявлены и в лиственничниках урочища Хангиль-Цаг МНР [5]. Тувинский и монгольский объекты характеризовались высоким содержанием радиоактивных элементов вследствие испытаний ядерных бомб на полигоне Лобнор 27.06.1973 г. и (или) 17.06.1974 г. (мощностью 2-3 Мт и 100-1000 кг, соответственно). Результаты исследований специфики роста и репродуктивной деятельности лиственницы и других компонентов биоценоза на Чаготайском объекте (таблицы, графики и фото) в 1976-2014 гг. представлены в докладе.

Использование четких маркерных признаков радиоактивного поражения деревьев лиственницы, как очень высокое представительство брахибластов на их побегах (в виде непрерывной спирали и очаговых скоплений), позволяет ускорить отбор соответствующих объектов. Для проведения длительных фундаментальных исследований реакции генофонда, физиолого-биохимических и генетических аспектов природы аномалий у лиственницы, а также влияние радиации на интенсификацию деятельности энтомофагов целесообразно организовать комплексный центр в Тыве.

1. Челюканов В.В., Савельев В.А. О влиянии ядерных испытаний КНР на радиоактивное загрязнение территории СССР // Метеорология и гидрология. 1991. № 11.

2. Дубасов Ю.В. и др. Семипалатинский испытательный полигон: оценивая радиологические последствия // М. ЦНИИАтомиздат. 20 янв. 1993. С. 22-34.

3. Сахаров В.К. Радиоэкология: Учебное пособие. СПб. Изд. «Лань». 2006. 320 с.

4. Bolsunovsky A., Dementyev D. Evidence of the radioactive fallout in the center of Asia (Russia) following the Fukushima Nuclear Accident // Journal of Environmental Radioactivity. 2011. № 102. P. 1062-1064.

5. Ирошников А.И. О реакции лиственницы сибирской на радиоактивность // Проблемы радиоэкологии леса. Гомель, 2004. С. 216-219.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗНЫХ СХЕМ СКРЕЩИВАНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЦЕННЫХ ГЕНОТИПОВ БЕРЕЗЫ ПО ПРИЗНАКАМ ПРОДУКТИВНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ К ЗАСУХЕ

Исаков И.Ю.¹, Исаков Ю.Н.², Трегубов О.В.¹

¹ФГБОУ ВО Воронежский государственный лесотехнический университет, Россия;
isakov@vmail.ru

²ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, Россия

Представители рода Береза (*Betula* L.) произрастают в северном полушарии, обладая обширным ареалом в умеренной и арктических зонах в Европе, восточных районах Азии и Северной Америке и имеют важное хозяйственное и коммерческое значение.

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

В 1981 году проведено самоопыление двух местных видов берёз (берёзы повислой и б. пушистой), а также их гибридизация как между собой, так и с б. бумажной, б. мажурской, б. вишневой, б. бело-китайской. Испытательные культуры разных видов, гибридов и форм берёзы созданы в 298 квартале Воронежского государственного природного биосферного заповедника (ВГПБЗ) в 1984 году. Объект исследования расположен в пределах лесостепной зоны. Почвы исследуемой территории представлены серыми лесными песчаными, подстилаемыми суглинком в комплексе с дерново-лесными подстилаемыми почвами со вторым темноокрашенным горизонтом, подстилаемыми суглинком.

Инвентаризация культур проводилась в возрасте 5, 10, 13 и 32 лет (в 2014 году). В целом по участку в 2014 году из 1570 посадочных мест живыми остались 510 деревьев (32.5 %). Из них 360 деревьев (70.6 %) – это деревья обычного морфотипа (наличие неповреждённой кроны, ствола, ветвей), а у 150 деревьев (29.4 %) – частичное или полное усыхание ствола и наличие побегов из спящих или придаточных почек.

Анализ конкретных комбинаций контролируемого опыления показал следующее. У берёзы повислой при самоопылении проанализировано 24 семьи (137 деревьев), 38 из них (27.7 %) сохранились живыми. При свободном опылении этого вида – 77 деревьев (26.6 %). У б. пушистой сохранность потомства у 20 семей (118 деревьев), полученного от самоопыления, составила 53 дерева (45 %). В 21 семье (218 деревьев) от свободного опыления 101 дерево (46 %) остались живыми. В целом у б. пушистой сохранность деревьев выше в 1.6 раза, чем у б. повислой; однако ни у б. повислой, ни у б. пушистой способ опыления не оказал достоверного влияния на сохранность семей. У гибридов на основе б. повислой сохранилось 35 % гибридов, а на основе б. пушистой – 40 % с большой вариабельностью по конкретным показателям скрещивания. Сохранность потомств 3-х рассеченолистных форм б. повислой от свободного опыления составила 25 %, 5.9% и 12 % при среднем 16.5 %.

В результате исследований: 1. Выявлены семьи берёзы повислой и б. пушистой, а также полученных на их основе гибридов, проявивших устойчивость к засухе; 2. Отобрано 28 перспективных генотипов по показателям роста и устойчивости к засухе, из которых 20 – берёзы повислой (3 – от самоопыления, 12 – от свободного опыления и 5 гибридных) и 8 – б. пушистой (3 – от самоопыления, 2 – от свободного опыления и 3 – гибрида). Они рекомендуются для создания плантационных культур целевого назначения и ЛСП методами вегетативного размножения (в т. ч. с использованием биотехнологии).

USING DIFFERENT BREEDING SCHEMES FOR DETECTION OF VALUBLE BIRCH GENOTYPES ON THE BASIS OF PRODUCTIVITY AND DROUGHT RESISTANCE

Isakov I.Yu.¹, Isakov Yu.N.², Tregubov O.V.¹

¹G.F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia;
isakov@vmail.ru

²Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia

Members of the genus Birch (*Betula L.*) grown in the northern hemisphere, possessing extensive habitat in the temperate and arctic regions in Europe, the eastern regions of Asia and North America and have great economic and commercial importance.

The aim of the study was monitoring of the object of Unified Genetic Breeding Programs-Test cultures of birches of the first generation produced in different types of controlled

pollination-interspecific, intraspecific, selfing, to identify promising genotypes on the basis of productivity and resistance to drought.

In 1981 self-pollination of two native species of birches (*Betula pendula* and *Betula pubescens*) and their hybridization was carried out, both among themselves and with *Betula papyrifera*, *Betula manshurica* (Regel.) Nakai, *Betula lenta*, *Betula albo-sinensis*. The test cultures of different species, hybrids and forms of birch were created in 298 quarter of the Voronezh State Nature Biosphere Reserve (VSNBR) in 1984. The object of study is located within the steppe zone. Soils of investigated area are represented by gray forest sandy soils, buried loam in combination with sod-forest buried soils with the second dark-colored horizon, buried loam.

Inventory of cultures was performed at 5, 10, 13 and 32 years old (2014). In general, the area in 2014 from 1570 planting points, 510 trees (32.5%) were alive. Of these, 360 trees (70.6%) - trees of common morphotype (presence of intact crown, trunk, branches), while 150 trees (29.4%) - partial or complete drying of the trunk and the presence of shoots from dormant or adventitious buds.

Analysis of specific combinations of controlled pollination showed the following. 24 families (137 trees) of *Betula pendula* in self-pollination were analyzed, 38 of them (27.7%) remained alive. At free pollination of this species - 77 trees (26.6%). At *Betula pubescens* safety of progenies in 20 families (118 trees), received from the self-pollination, was 53 trees (45%). In 21 families (218 trees) of open pollination 101 trees (46%) remained alive. In general, the preservation of trees of *Betula pubescens* is 1.6 times higher than that of *Betula pendula*; however neither *Betula pendula's* nor *Betula pubescens's* method of pollination did not have significant effect on the safety of families. Hybrids based on *Betula pendula* remained 35% hybrids, and on the basis of *Betula pubescens* - 40% with a high variability of specific indicators of breeding. Safety of progenies of 3 cut-leaves forms of *Betula pendula* from open pollination was 25%, 5.9% and 12%, with an average of 16.5%.

As a result of research: 1. Families of *Betula pendula* and *Betula pubescens* were revealed, and their hybrids, resistant to drought, received on their basis; 2. 28 promising genotypes in terms of growth and drought resistance were selected, of which 20 – *Betula pendula* (3 – from self-pollination, 12 – from the open pollination and 5 – hybrids) and 8 – *Betula pubescens* (3 – from self-pollination, 2 – from the free pollination and 3 – hybrids). They are recommended for the establishment of plantation crops of target purpose and FSP by methods of vegetative propagation (including with the use of biotechnology).

ОЦЕНКА ФЕРТИЛЬНОСТИ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ОБЪЕКТАХ ПЛСБ

Исаков Ю.Н.¹, Исаков И.Ю.²

¹ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, Россия; isakov@vmail.ru

²ФГБОУ ВО Воронежский государственный лесотехнический университет, Россия

Оценку фертильности (способности растений производить потомство, плодовитость) проводили с использованием разных способов опыления, само- и свободного, перекрестного (гибридизация), а также опыления смесью пыльцы (самочужеродное опыление). Исследования проводили на специально созданных стационарных объектах постоянной лесосеменной базы (ПЛСБ) сосны обыкновенной: 1. Географических культурах, созданных под руководством М.М. Вересина; 2. Испытательных культурах гибридов и полусибсов; 3. Испытательных культурах потомств, полученных при само- и свободном опылении материнских деревьев (МД); 4. Испытательных культурах потомств МД, полярных по уровню самофертильности, выращенных из семян, обработанными химическими мутагенами; 5. Архиве клонов МД, различающихся уровнем самофертильности; 6. ПЛСУ.

Непосредственным объектом изучения является зрелая шишка урожаев разных лет, начиная с 1974 года, которые включают как средние («обычные») по температурному режиму годы, так и годы с высокой и низкой солнечной активностью (стрессовые годы). Изучаемые признаки – число полных, пустых и недоразвитых семян, полнозернистость, коэффициент самофертильности, всхожесть семян, рост и сохранность потомства, цитогенетические показатели.

Выявлена специфика проявления уровня фертильности на разных объектах. Так, эколого-генетический мониторинг системы семенного размножения в испытательных культурах гибридов и полусибсов за 8 последовательных лет, 2006-2013 (640 учетных деревьев, около 5000 шишек) выявил следующее. Изменчивость показателей за эти годы колебалась для среднего числа полных семян в шишке от 1.1 до 25.7 шт., полнозернистость – от 1.8 до 83 %. Если доля полных семян в структуре урожая соответствовала в среднем полнозернистости, то процент пустых семян изменялся по годам от 10.2 до 57.8 %, недоразвитых – от 6.9 до 29.5 %, а сумма пустых и недоразвитых семян – от 17.5 до 87.3 %. Из 3-х засух (2007, 2010 и 2012 гг.) весенняя засуха 2007 г. привела к редукции урожая семян в шишке в 1.6 – 2.3 раза, но оказала стимулирующее влияние на урожай шишек в 2008 году. В этот же период летне-осенняя засуха 2010 года была самой сильной среди других, однако в этот год выход полных семян – 15.6 шт. на шишку, а полнозернистость – 65 % не согласуется с силой (экстремальностью) стресса. Как выяснилось, засуха 2010 года оказала катастрофическое последствие на признаки семенной продуктивности в 2012 году, которое мы объясняем тем, что в летне-осенний период вегетации у сосны происходит заложение репродуктивных органов, и в это время она очень чувствительна к влиянию внешних, особенно стрессовых воздействий.

Впервые показана перспективность использования полиморфизма по уровню самофертильности и экспрессии рибосомальных генов (оцениваемой по частоте встречаемости вторичных перетяжек) при подборе родительских пар для гибридизации. В докладе будут представлены материалы по специфике проявления уровня фертильности на других объектах ПЛСБ. В целом выявлено неоднозначное влияние обычных и стрессовых факторов на фертильность деревьев, обусловленную разной степенью подвижности системы семенного размножения (т.е. изменением её параметров в онтогенезе). Поэтому систему семенного размножения предложено рассматривать как «инструмент», который потенциально задаёт, через генотип и реализует через эпигенотип адаптивный потенциал наследственного разнообразия деревьев в зависимости от изменения условий внутренней и внешней среды.

FERTILITY ESTIMATION OF SCOTS PINE ON THE AREAS OF PERMANENT FOREST SEED STANDS

Isakov Yu.N.¹, Isakov I.Yu.²

¹Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia

²G.F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia;
isakov@vmail.ru

The fertility estimation (ability of plants to produce progeny) was conducted using different methods of pollination: self-pollination, open pollination, cross-pollination, (hybridization) and mixed pollination.

Research was conducted on the special areas of permanent forest seed stands of Scots pine: 1. Provenance trial plantations, created under the direction of M. M. Veresin; 2. Test plantations of hybrids and half-sibs; 3. Test plantations of progenies obtained by cross-pollination and self-pollination of the parent trees; 4. Test plantations of progenies of the parent trees with the diametrically opposed level of self-fertility; grown from the seeds treated with chemical mutagens; 5. Cloning plantations of parent trees with different level of self-fertility; 6. Constant seed plantations.

The object of study is a ripe pine cone of different seasons starting with 1974, including both the average (or normal) temperature years and high or low solar activity years (years under stressful conditions). The characteristics under investigation are: the number of full, empty and aborted seeds, seed fullness, the coefficient of self-fertility, germinating ability of seeds, offspring growth and survival capacity, cytogenetic characteristics. The specific characteristics of fertility level on different areas has been shown. The ecological-genetic monitoring of seed propagation system on the test plantations of hybrids and half-sibs during 8 consecutive years (2006-2013, 640 accountable trees, about 5,000 pine cones) has revealed the following. The variability of characteristics during these years fluctuated for the average number of full seeds per cone – from 1.1 to 25.7, for seed fullness – from 1.8 to 83 %. As for the proportion of full seeds in crop structure it corresponded to the seed fullness whereas the percentage of empty seeds varied from year to year from 10.2 to 57.8 %. In respect of the percentage of aborted seeds it varied from 6.9 to 29.5% and total number of empty and aborted seeds – from 17.5 to 87.3 %. There were 3 drought seasons (2007, 2010 and 2012), the spring drought of 2007 caused the 1.6 - 2.3 times reduction of the seed production per cone, while having a stimulating effect on the cone production in 2008. The most severe during this period was the summer drought added with autumn drought of 2010. Nevertheless the full seed efficiency that year was 15.6 units per cone and seed fullness – 65% does not correspond to the stress level. It transpired that the drought of 2010 has had a catastrophic aftereffect on the seed production characteristics of 2012. We refer that to the fact that during the summer/autumn vegetation period pine reproductive organs begin to develop, and at that time pine trees are very sensitive to external, especially stressful influences.

The application perspectiveness of the level of self-fertility polymorphism and ribosomal gene expression polymorphism (rated by the occurrence of secondary constrictions) for the selection of parental combination for hybridization has been shown for the first time. The report will present materials on the specificity of fertility level characteristics on the areas of constant forest seed establishment. On the whole an ambiguous influence of normal and stress factors on tree fertility conditioned by degree of freedom of seed propagation system (i.e. it's changing characteristics in ontogeny) has been revealed. Therefore, it has been suggested that the seed propagation system should be considered as a «tool», which through the genotype potentially sets and translate into action the adaptive capacity of hereditary diversity of tree depending on the changing internal and external environment conditions.

НАСЛЕДУЕМОСТЬ БЫСТРОТЫ РОСТА ПОЛУСИБСОВЫМ ПОТОМСТВОМ БЕРЕЗЫ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

Кабанова С.А.¹, Данченко А.М.², Данченко М.А.²

¹ Казахский НИИ лесного хозяйства, Щучинск, Казахстан; Kabanova.05@mail.ru

² Томский государственный университет, Томск, Россия

Изучен рост полусибсового потомства плюсовых деревьев березы в испытательных культурах. Наблюдения за ходом роста потомства отобранных деревьев проведены до возраста 25 лет. Предварительно проведен дисперсионный анализ роста потомств березы повислой и березы пушистой в испытательных культурах. В результате определено, что виды березы различий в росте не имеют ($F_{\text{факт}} = 2,0 < F_{05} = 5,0$). Это позволяет проводить сравнительный индивидуальный анализ семей без учета видовой принадлежности.

Изменчивость растений по диаметру в возрасте 2 лет была очень высокая (более 40%), высота растений варьировала на высоком уровне. К 25-летнему возрасту изменчивость в пределах семей заметно снизилась. Коэффициент вариации диаметра стволов находился в пределах среднего и высокого уровней, а высота растений колебалась в пределах низкого и среднего уровней. Обычно такая изменчивость характерна и для естественных насаждений в возрасте спелости.

Комплексная оценка роста семей в высоту с учетом темпа прироста показала, что наиболее ценными являются семьи 97, 124 и 3. Если оценить связь между ранговой оценкой потомств по высоте и диаметру, то коэффициент корреляции равен 0,807. Это говорит о том, что семьи имеют одинаковую оценку как по высоте, так и по диаметру.

На основании анализа хода роста материнских деревьев проведена комплексная оценка по росту в высоту и по диаметру. По общей оценке наиболее ценными были материнские деревья 97, 186, 124 и 86, из которых два дерева ромбовиднотрещиноватые (97, 86), одно дерево грубокорое (186) и шероховатокорое (124). Практически одинаковые характеристики оценки получены и по диаметру. Оценка связи рангов родителей – потомков показывает, что около 25 % материнских деревьев и потомков имеют близкие показатели ($r_5 = 0,5$) рангов.

Интересно проследить регрессию потомков на родителей по высоте и диаметру. Так, в возрасте 5 лет коэффициент регрессии был равен 0,025, в возрасте 10 лет – 0,203, в 15 лет – 0,01 и в 25 лет – 0,252. Следовательно, коэффициент наследуемости в узком смысле по этим периодам изменялся от 0,02 до 0,54. Отсутствие регрессии потомки – родители в возрасте 5 лет, очевидно, можно объяснить тем, что развитие потомства на благоприятном агрофоне давало возможность реализовать свои возможности без лишних помех (отсутствие конкуренции). Провал в возрасте 15 лет можно объяснить началом дифференциации семей по высоте из-за складывающейся конкуренции. К возрасту 25 лет произошла стабилизация и наиболее конкурентноспособные семьи заняли господствующее положение (как и их материнские растения в естественной популяции).

С некоторым сдвигом такая же закономерность наблюдалась и по диаметру ствола. В возрасте 5 лет регрессия потомков на родителей была 0,01, в 10 лет – 0,06, в 15 лет – 0,167, а в 25 лет – 0,01. Очевидно, по диаметру стабилизация наступит в несколько позднем возрасте. Причину столь различающихся коэффициентов наследуемости в узком смысле следует искать во влиянии, наряду с аддитивными генами, разной степени доминирования, сверхдоминирования и в искажениях, вносимых очень высокой фенотипической корреляцией полусибсов (корреляция родители-потомки в 10 лет – 0,305, в 15 лет – 0,07 и в 25 лет – 0,73 видимо из-за сильного влияния матерей, экологического последствия и влияния общности среды), а также реакцией полусибсов на конкретные условия внешней среды. Необходимо отметить и тот факт, что рост потомства значительно превышает рост материнских деревьев в том же возрасте: в 10 лет в 1,64 раза, в 15 лет – 1,34 и в 25 лет – 1,14 раза. Последствие благоприятного агрофона сохраняется до 25-летнего возраста.

HEREDITARINESS OF THE GROWTH RATE OF THE HALF-SIB BIRCH PROGENY IN THE NORTHERN KAZAKHSTAN

Kabanova S.A.¹, Danchenko A.M.², Danchenko M.A.²

¹Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Shchuchinsk, Kazakhstan;
Kabanova.05@mail.ru

²State University of Tomsk, Tomsk, Russia

There was studied the growth of the half-sib progeny of the best trees of the birch in the trial cultures. Observations for the growth development of the progeny of selected trees were carried out up to the age of 25 years. A dispersion analysis of the growth of the progenies of the silver birch and the downy birch was made preliminary in the trial cultures. As a result of the studies there was determined that the varieties of the birch had no difference in growth ($F_{\text{actual}} = 2.0 < F_{05} = 5.0$). It allows carrying out a comparative individual analysis of the families without taking species characteristics into account.

Variability of the plants by diameter at the age of 2 years was very high (more than 40%), the height of the plants varied at a high level. By the age of 25 years the variability

within the families reduced noticeably. The coefficient of variation of the diameter of the trunks was within the average and the high levels, and the height of the plants fluctuated between the low and the average levels. As a rule, such variability is typical for natural stands at the age of maturity.

Integrated assessment of the growth of the families in height, taking into account the rate of increment, has shown that families 97, 124 and 3 are the most valuable ones. If we compare the connection between the rank assessment of the progenies by the height and the diameter, we shall see that the correlation coefficient is equal to 0.807. It points out that the families have an equal assessment both by the height and by the diameter.

On the basis of the analysis of the growth development of the maternal trees we shall carry out their integrated assessment according to the growth in height and the diameter and compare it with the results of the tests of their families.

According to the general assessment, among the most valuable maternal trees there were trees no. 97, 186, 124 and 86, of which two trees had a rhomboid and fissured bark (97, 86), one tree had a coarse bark (186) and one tree had a rugged bark. Practically the same characteristics of the assessment were received according to the diameter. The assessment of the connection of ranks of parents – progenies shows that about 25% of the maternal trees and progenies have the similar indices ($r_5 = 0.5$) of ranks.

It is interesting to trace the regression of the progenies on their parents by height and diameter. So, at the age of 5 years the regression coefficient was equal to 0.025, at the age of 10 years – 0.203, at the age of 15 years – 0.01 and at the age of 25 years it was equal to 0.252. Therefore, the coefficient of hereditivity, in the narrow sense, according to these periods, changed from 0.02 to 0.54. The absence of regression “progenies-parents” at the age of 5 years can be explained by the fact that the development of the progeny against the favorable agricultural background gave the possibility to realize its potential without additional impediments (the absence of competition). The reduction at the age of 15 years can be explained by the beginning of differentiation of the families by the height because of the developing competition. By the age of 25 years there took place stabilization and the most competitive families occupied a dominant position (as well as their maternal trees in natural population).

With some shift such regularity was observed according to the diameter of the trunk. At the age of 5 years the regression of the progeny was equal to 0.01, at the age of 10 years – 0.06, at the age of 15 years – 0.167 and at the age of 25 years it was equal to 0.01. It is obvious, that, according to the diameter, stabilization will take place in an older age. The reason of such differing coefficients of hereditivity, in the narrow sense, should be looked for in the influence (in comparison with additive genes) of different degree of domination, over dominance and distortions which are introduced by a very high phenotypic correlation of the half-sibs (correlation “parents-progenies” at the age of 10 years is equal to 0.305, at the age of 15 years – 0.07, at the age of 25 years – 0.73, obviously, because of the strong influence of “mothers”, ecological consequences and the influence of the environment) as well as by the reaction of the half-sibs to the specific condition of the environment. It is necessary to pay attention to the fact that the growth of the progeny considerably exceeds the growth of the maternal trees at the same age: at the age of 10 years there is the exceeding in 1.64 times, at the age of 15 years – in 1.34 times and at the age of 25 years there is the exceeding in 1.14 times. The consequence of favorable growth conditions lasts up to 25-year-old age.

**О СОЗДАНИИ И СОСТОЯНИИ ОБЪЕКТОВ ЕДИНОГО ГЕНЕТИКО-
СЕЛЕКЦИОННОГО КОМПЛЕКСА АЛТАЙСКОГО КРАЯ И РЕСПУБЛИКИ
АЛТАЙ**

Кальченко Л.И., Бондарев А.Я., Гольченко С.В.

Российский центр защиты леса – Центр защиты леса Алтайского края, Барнаул, Россия;
altcanis@mail.ru; altay-lss@yandex.ru

К 60-70-м гг. XX века ценные лесные массивы республики и края оказались существенно истощенными. Появился риск утраты ценной части генофонда основных

лесообразующих пород (сосны обыкновенной, кедровой и лиственницы сибирской) и снижения по этой причине продуктивности и устойчивости этих насаждений. Работы по сохранению и консервированию ценного генофонда древесных пород начаты с 1970 г. После консервации генофонда разработаны и утверждены программы по созданию постоянных лесосеменных плантаций. Настоящая работа посвящена истории формирования и состоянию объектов единого генетико-селекционного комплекса (ЕГСК).

В связи с реорганизацией в 2000 г. Федеральной службы лесного хозяйства России и присоединением лесной отрасли к Министерству природных ресурсов РФ сложилась кризисная ситуация для продолжения работ по лесному селекционному семеноводству из-за ухудшения финансирования. В связи с этим была разработана Федеральная программы «О финансировании лесного селекционного семеноводства» на период 2005 –2014 г.г. Полномочия по выполнению этой программы закрепили за отделами «Лесосеменная станция» в филиалах «Рослесозащиты». Специалисты этих отделов оказывали квалифицированную помощь управлению лесами Алтайского края и Министерству лесного хозяйства Республики Алтай в подготовке планов работ и смет на содержание объектов ЕГСК, способствовали увеличения ассигнований из федерального бюджета на эти цели. По указанной программе за 10 лет Алтайскому краю было выделено более 12 млн. руб., Республике Алтай – 9 млн. руб. За счет этих средств на объектах ЕГСК по госконтрактам выполнены работы: в Алтайском крае на площади около 800 га; в Республике Алтай – на 400 га. Специалисты отдела регулярно проводили проверки исполнения работ на объектах лесного семеноводства. Одновременно за последние семь лет отделом «Лесосеменная станция» проведены обследования ЕГСК: в Алтайского края на площади 2740 га; в Республике Алтай –865 га (по 61 % от общей площади ЕГСК в каждом субъекте); а также обследовали плюсовые деревья 222 и 248 штук соответственно. По независимым оценкам ученых состояние основанных лесосеменных объектов (Озерского и Пыжинского (Телецкого) оценивается как удовлетворительное.

В связи с принятием Федерального закона №27-ФЗ от 12.03.2014 г. «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам осуществления федерального государственного лесного надзора (лесной охраны) и осуществления мероприятий по защите и воспроизводству лесов» и в соответствии с решением Рослесхоза (письмо от 22.04.2014 г. №НК-10-46/4586), ЦЗЛ Алтайского края передал полномочия в области лесного семеноводства субъектам РФ. Их перечень указан в таблице.

Таблица. Наличие переданных в субъекты РФ объектов ЕГСК.

Субъект РФ	Плюсовые деревья, шт.	Плюсовые насаждения, га	ЛСП, га		Архивы клонов, га	Маточные плантации, га		ПЛСУ, га				Испытательные культуры, га	Лесные генетические резерваты, га
			Всего	В т.ч. аттестовано		Всего		В т.ч. аттестованные					
						Всего	В т.ч. аттестовано	Всего	Из них улучч. посадочным материалом	Всего	Из них улучч. посадочным материалом		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Алтайский край	542	302,9	123,0	107,0	35,6	12,7	9,5	289,3	184,8	134,5	60	2,7	3660,5
Республика Алтай	538	107,7	69,5	28,5	13,7	0	0	540,3	13,0	488,9	1,5	0	710,1

**ABOUT CREATION AND CONDITION OF THE STANDS OF INTEGRATED
GENETIC-SELECTION COMPLEX OF ALTAI REGION AND ALTAI REPUBLIC**

Kalchenko L.I., Bondarev A.Ya., Golchenko S.V.

Russian Center of Forest Protection – Center of Forest Protection of Altai Territory, Barnaul,
Russia; altcanis@mail.ru; altay-lss@yandex.ru

The important forests of republic and region were significantly depleted in 1960-1970 years. The risk of losing of valuable part of the gene pool of the main tree species (Scots pine, Siberian stone pine and Siberian larch), leading to reduction of productivity and resistance of these plantations has appeared. Work on the preservation and conservation of valuable genetic pool of tree species began in 1970. The programs were developed and approved for the establishment of permanent seed orchards after the preservation of the gene pool. This work focuses on the history of formation and stands of common genetic and breeding complex (UGSC).

There was occurred the crisis situation for achievement further works on forest seed breeding because of the deterioration of financing and due to the reorganization in 2000, the Federal Forestry Service of Russia and joining the forestry sector to the Ministry of Natural Resources RU. Therefore, the Federal program "On the financing of forest seed breeding" for the period 2005-2014 was developed. The authority for the implementation of this program was conveyed to department "Forest seed station" in the branch "Roslesozashchita". Specialists of the department provided the expert support for The forest management of the Altai Territory and the Ministry of Forestry of the Altai Republic, including in the preparation of work plans and budgets for the maintenance of UGSC, that stimulated increasing assignments from the federal budget for these purposes. The Altai Territory and The Altai Republic got more than 12 million rubles and 9 million rubles, accordingly, during this program for 10 years. These means allowed to accomplish following amount of works: in the Altai region - the area of about 800 hectares; in the Altai Republic - 400 hectares. Specialists of the department regularly conducted inspections of implementation of works on the forest seed stands. At the same time over the past seven years, the department "Forest seed station" surveyed UGSC: in the Altai Territory in the area of 2740 hectares; in the Altai Republic - 865 ha (61% of the total area UGSC in each subject); and also examined overall 222 and 248 plus trees, respectively. Independent estimates of scientists shown the satisfactory state of forest seed stands (Ozersk and Pyzhinskogo (Teletskoe).

In according with the adoption of Federal Law №27-FZ of 03.12.2014 "On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation on the implementation of the federal supervision of state forest (forest guards) and the implementation of measures for the protection and reproduction of forests" and in accordance with the decision of the Federal Forestry Agency (letter of 04/22/2014, №NK-10-46 / 4586), Center for Forest Protection of Altai Territory has delegated authority in the forest seed production to regions of Russian Federation. The list is shown in the table.

Table. Specification stands transferred to the UGSC of the Russian Federation.

Region of RU	The amount of plus trees	The plus planting, ha	FSP, ha		Archives of clones, ha	The stool plantings, ha		PFSP, ha				The test cultures, ha	Forest genetic reserves, ha
			All established	Including certified		total	including certified	All established		Including certified			
								total	with improved planting	total	with improved planting		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Altai Ter.	542	302,9	123,0	107,0	35,6	12,7	9,5	289,3	184,8	134,5	60	2,7	3660,5
Altai Rep.	538	107,7	69,5	28,5	13,7	0	0	540,3	13,0	488,9	1,5	0	710,1

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К СТРАТЕГИИ ОХРАНЫ ЛЕСОВ

Кашкаров Е.П., Поморцев О.А.

International Rhythm Research Institute, USA; e.kashkarov@gmail.com
Северо-восточный федеральный университет им.М.К.Аммосова, Россия;
fess117@rambler.ru

Бум природоохранных стратегий на рубеже XXI в. отражает глобальные масштабы давления на биосферу всего человечества. При явном избытке стратегий в них нет ответов на два главных вопроса: (1) что именно их авторы понимают под словом "стратегия" и (2) какое количество природных ресурсов они хотят сохранить? А нет ответов на главные вопросы, нет и стратегии. Эта проблема прямо перекликается с вопросом легенды американского менеджмента Lee Iacocca (2008) ко всем экологам: "Когда говорят, что нам нужен чистый воздух, надо остановиться и спросить: насколько чистый?" В отношении лесов вопрос переформулируется точно так же: сколько лесов необходимо сохранить на Земле, чтобы сохранить в себе человека?

Глобальная модель беспрецедентного уничтожения лесов создана на наших глазах двумя странами: Россией и Китаем. Первая владеет 1/6 суши, вторая – 1/6 народонаселения. Темпы экономического роста Китая также беспрецеденты: 10% в год (CIA, 2010). Этот рост происходит преимущественно за счёт чужих ресурсов и собственных рабочих рук. Масштабы китайской экспансии на волне современного потепления климата сопоставимы только с экспансией европейской 5 веков назад. Она шла при таком же потеплении климата, как современное, и, благодаря Колумбу и Магеллану, получила название "Эпохи Великих географических открытий". Однако за красивым названием эпохи географических открытий стоит тот же смысл, что и за сегодняшней эпохой экономического взлёта Китая: уничтожение природных ресурсов.

Уже три десятилетия подряд железнодорожные составы, гружёные лесом, безостановочно движутся из России в Китай, на Восток и на Запад. Казалось бы, это смертельный приговор бореальным лесам Азии. "Деловой" ресурс их близится к истощению, потому что закрываются лесхозы, уничтожившие лучшую древесину поблизости и неспособные осваивать дальние территории. Но у этого процесса есть обратная сторона: на месте вырубленных лесов поднимаются новые. Расширение ареала северных лесов во всех направлениях – непреложный факт современного потепления. Наиболее очевиден он в зоне экологического оптимума. Поэтому громкие международные акции "Посадить миллион деревьев" оказались бессмысленными и дорогостоящими в умеренной зоне Северного полушария, где природа сама высадила миллиарды саженцев на волне потепления климата. Такими же бессмысленными и дорогостоящими оказались акции посадки деревьев в аридной зоне, где тенденции развития климата противоположны. Вместо теплых и влажных условий аридная зона получила жаркие и сухие. Леса здесь повсюду отступили, как и ледники. Они до сих пор сокращают свои границы, за исключением высотного пояса в горах.

Количественный подход к стратегии охраны лесов должен опираться на временные и географические закономерности изменения климата. Это коротко- (11-22 года) и долгопериодические (80-110, 2600 лет) ритмы, широтная зональность и высотная поясность. Ритмы диктуют периодичность потеплений-похолоданий климата и пульсацию ареалов, географическая зональность – градиентный характер количественного изменения климатических факторов. Синтез количественного подхода с природными ритмами и географической зональностью позволяют количественно обосновать пределы устойчивости лесов и обеспечить надёжную основу стратегии. Эта основа включает в себя периодический закон географической зональности Докучаева (1898) – Григорьева – Будыко (1956), закон гомологических рядов в наследственной изменчивости Вавилова (1920), теорию ритмов Е.В. Максимова (1972, 1995) и теорию эколого-генетической

организации количественных признаков В.А. Драгавцева и Е.В. Драгавцевой (2011). В связи с этим указанные законы и теории также должны стать ключевыми в разработке стратегии.

QUANTITATIVE APPROACH TO THE FOREST CONSERVATION STRATEGY

Kashkarov Evgeniy & Oleg Pomortsev

International Rhythm Research Institute, USA; e.kashkarov@gmail.com
North-eastern Federal University of Ammosov, Russia; fess117@rambler.ru

Boom of environmental strategies at the turn of XXI century reflects a global scale pressure to biosphere of human beings. Despite of obvious abundance of strategies, they have no answers to two main questions: (1) what exactly their authors mean under the “strategy” word, and (2) how many of natural resources they would like conserve? And if there are no answers to main questions – there are no strategies. This problem directly relates to the question of American management legend Lee Iacocca to all environmentalists: “When people say: We need clean air, we've got to pause and ask ourselves: How much clean air do we need?” In relation to forest the Iacocca question re-formulates the same: How much forest do we need to conserve in order to save human beings in ourselves?

Global model of unprecedented deforestation made by two countries: Russia and China. First one owns the 1/6 of land, and the second – 1/6 of population. Rate of economical growth of China is also unprecedented: 10% yearly (CIA, 2010). Such growth occurs mainly thanks to foreign resources and own work hands. The scale of Chinese expansion on the wave of global warming is comparable to European expansion five centuries ago. It was developed under the same climate warming influence, as currently, and got “The Great Geographical Discoveries' Epoch” name thanks to Columbus and Magellan. But behind beautiful name of geographical discoveries hid the same meaning, what has the modern epoch of economical rise of China: extermination of natural resources.

Already three tens the rolling stocks loaded by timber, go from Russia to China, to the East and the West. It looks like a deadly verdict to boreal forest of Asia. “Business” forest resource draws near depletion, because the nearest sources of timber cut up and forestry enterprises shutting down. They have no ability to cultivate wilderness in thousand kilometers away. But thus process has the opposite side: old forest replacing by young generation. Expansion of boreal forest in all directions is indisputable fact of current global warming. It is most obvious in the zone of ecological optimum. And high-flown actions “To plant million trees” sounds pointless in temperate zone of Northern Hemisphere: here nature planted itself billions of trees on the wave of global warming. The same way sounds pointless and costly these actions in arid zone because of opposite climate tendency. Instead of warm-wet conditions the arid zone has hot-dry. Arid zone forest retreated everywhere, as much as glaciers, except the tree-line.

Quantitative approach to the forest conservation strategy should rest upon temporal and geographical regularities of climate change. That are short-term (11-22-years) and long-term (80-110, 2600 years) cycles, and latitude-altitude zonalities. Cycles dictates periodicity of climate warming – cooling, and geographical zonalities – gradient character of quantitative change of climate factors. Synthesis of quantitative approach with natural cycles and geographical zonalities makes possible to ground the limits of forest sustainability and provides reliable basis of strategy. This basis includes periodicity law of geographical zonalities of Dokuchaev (1898) – Grigor'ev – Budyko (1956), Vavilov's law of homologous series in variation (1920), theory of rhythms of Maximov (1972, 1995), and theory of ecological-genetic organizations of quantitative characters of Victor & Elena Dragavtsev (2010). These laws and theories must be also a key to strategy development.

ДНК-БАРКОДИНГ НАСЕКОМЫХ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВРЕДИТЕЛЕЙ ЛЕСА В СИБИРИ

Кириченко Н.И.¹, Лопез-Ваамонде К.²

¹ Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия; nkirichenko@yahoo.com

² Французский национальный институт сельскохозяйственных исследований ИНРА, Орлеан, Франция

Инвазии лесных насекомых – проблема мирового масштаба. Несмотря на ужесточение карантинных правил, рост случаев интродукции и обоснования чужеродных членистоногих в новых регионах не прекращается. Раннее выявление таких насекомых, их точная видовая идентификация, определение путей распространения и изучение эколого-генетических аспектов инвазий необходимы как для понимания основных механизмов инвазий, так и для реализации карантинных программ и эффективного сохранения природных экосистем.

ДНК-баркодинг – метод определения последовательности митохондриальной ДНК (секвенирования гена цитохром оксидазы I – COI) позволяет быстро и надежно определять виды членистоногих, в том числе и насекомых. Большим преимуществом метода является возможность установления видовой принадлежности насекомых по любым стадиям их развития.

Нами ведется программа по ДНК-баркодингу насекомых, минирующих листья аборигенных и интродуцированных древесных растений в Сибири. Эта работа нацелена на создание генетической библиотеки, которая послужит руководством для быстрого и точного определения насекомых этой экологической группы. Среди минирующих насекомых известно немало вредителей и инвайдеров. Личинки этих насекомых питаются внутри листьев растений и при вспышках массового размножения могут причинять вред своим хозяевам. Листовые минеры известны среди представителей четырех отрядов: Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera и Diptera.

К настоящему времени нами проанализировано более 400 образцов и идентифицировано 54 вида и морфовида минирующих насекомых. Среди них 26 представителей минирующих молей (Lepidoptera), 10 пилильщиков (Hymenoptera) и 8 жуков (Coleoptera). Большинство из них определены до вида с высокой надежностью: степень сходства ДНК-баркодов этих насекомых с имеющимися в генетической базе BOLD (the Barcode of Life Data Systems; www.barcodinglife.org) составила 99-100%. Единичные экземпляры молей, пилильщиков и жуков были идентифицированы только до рода или морфовида. Эти представители либо ранее не были подвергнуты ДНК-баркодингу, либо они являются новыми видами для науки. Диагностика минирующих мух по их ДНК-баркодам оказалась самой проблематичной. Ни один из 9 проанализированных представителей не был определен до вида, что связано с плохой изученностью насекомых этой группы в целом.

Среди изученных нами насекомых 24 вида являются вредителями европейских и евроазиатских видов древесных растений. Большинство этих насекомых – представители молей-пестрянок Gracillariidae. Микромолы этого семейства известны своими инвазиями и причинением массового вреда древесным растениям в парках, садах и лесах во многих уголках мира.

Создаваемая генетическая библиотека минирующих насекомых послужит значительным дополнением к существующим международным базам данных для идентификации лесных насекомых, которые потенциально могут расширить свой ареал за пределы Северной Азии.

Исследования поддержаны французским фондом LESTUDIUM и грантом РФФИ (№ 15-29-02645 офу_м).

DNA BARCODING OF POTENTIAL FOREST INSECT PESTS IN SIBERIA

Kirichenko N.I.¹, Lopez-Vaamonde C.²

¹V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
Krasnoyarsk, Russia; nkirichenko@yahoo.com

²INRA Institut National de la Recherche Agronomique, Zoologie Forestière, Orléans, France

Invasive forest insect pests threaten biodiversity and the function of ecosystems worldwide. Despite increasing regulations, the number of insect introductions has grown significantly in the recent years. Early detection, accurate identification of insect invaders, discovery of introduction pathways, ecological and genetic studies of invasions are essential for understanding the underlying mechanisms of invasions processes, as well as for implementation of quarantine programs and effective conservation of native ecosystems.

DNA barcoding, based on the use of a single standard DNA marker (fragment of the COI mtDNA gene), is a powerful tool for fast and accurate insect species identification. Great advantage of this technique is that it is applicable to any insect life stage.

We run a DNA barcoding campaign of leaf mining insects colonizing native and alien woody plants in North Asia. This is a group of herbivores with several important forest pests and invaders. Larvae of these insects feed internally within the host plant leaves and may cause severe damage to their hosts. Leaf miners are known in four insect orders: Lepidoptera, Hymenoptera, Coleoptera and Diptera.

At present, we have DNA-barcoded more than 400 specimens and identified 54 species and morpho-species of leaf-mining insects. Among them, there are 26 representatives of micromoths (Lepidoptera), 10 of sawflies (Hymenoptera) and 8 of beetle (Coleoptera). Most of these insects were identified down to species level with high confidence (species match of 99-100 %) using the Barcode of Life Data Systems (BOLD) (www.barcodinglife.org). Molecular identification of several micromoths, sawflies and beetles was done to a morphospecies level only, suggesting either that they have never been previously barcoded or that they are new species. None of the nine barcoded leaf-mining flies were identified to species, indicating that dipteran leaf miners are poorly studied in general.

Among the identified insects, 24 species can cause damage to European and Eurasian woody plants in North Asia. The majority of them are micromoths of Gracillariidae, a family commonly known by pests and invaders in orchards and forested urban areas.

Our DNA barcoding reference library of North Asian leaf miners will allow quick and reliable identification of pests and invaders and will be a significant addition to the present international databases to cover forest insects that could potentially expand their range beyond North Asia.

The work is supported by LE STUDIUM (France) and RFBR (grant # 15-29-02645 офи_м).

ГИБРИДЫ СИБИРСКИХ ТОПОЛЕЙ: ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Климов А.В.¹, Прошкин Б.В.¹, Тараканов В.В.^{2,3}

¹Новокузнецкий филиал Кемеровского государственного университета
(Новокузнецк), Россия, boris.vladimirovich@mail.ru

²Западно-Сибирский филиал Института леса СО РАН (Новосибирск), Россия

³Новосибирский государственный аграрный университет (Новосибирск), Россия

Сибирские виды тополя - *Populus alba*, *P. nigra*, *P. laurifolia*, *P. suaveolens*, *P. tremula* - ценнейший ресурс для защитного лесоразведения, озеленения населенных пунктов, создания лесосырьевых плантаций, получения биологически активных веществ и других целей (Бакулин, 1990; 2004; 2007; 2010; 2012). Однако к настоящему времени они недостаточно изучены в генетико-селекционном плане и мало используются в лесном

хозяйстве Сибири. В особенности это относится к природным зонам интрогрессивной гибридизации, которые чрезвычайно перспективны как для фундаментальных генетико-эволюционных исследований (Коропачинский, Милютин, 2006), так и для селекции на основе естественных гибридов (Царёв и др., 2014).

Что касается последнего, то особенно большой интерес представляют естественные гибриды тополя черного с т. лавролистным (Климов, 2008). Это обусловлено тем, что осокорь является самым быстрорастущим среди всех сибирских видов этого рода, но он плохо размножается зимними стеблевыми черенками. При этом он морозостоек, достаточно устойчив к болезням и вредителям, очень декоративен. Тополь лавролистный, напротив хорошо размножается в культуре одревесневшими черенками, но менее устойчив к болезням и вредителям. Изучение топольников в зоне контакта ареалов *P. nigra* и *P. laurifolia* с целью выявления гибридных генотипов, сочетающих полезные свойства обоих видов, поставлено в качестве одной из главных задач наших будущих исследований.

В этой связи в настоящем сообщении обсуждаются литературные и собственные данные по гибридизации т. черного и т. лавролистного, особенностям их ареалов и зон спонтанной гибридизации, которые наиболее перспективны для решения поставленной задачи.

СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БИОТЕСТ-СИСТЕМЫ *PINUS SYLVESTRIS* L. ДЛЯ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Клушевская Е.С., Кузнецова Н.Ф.

Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, Россия; ekogenlab@gmail.com

Глобальное изменение климата, увеличение числа и напряженности засух, усиление техногенной нагрузки на лесные экосистемы приводят к их дестабилизации, а зачастую и к гибели целых лесных массивов. Растения вынуждены приспосабливаться к изменяющимся условиям среды. Засухоустойчивость является одним из адаптивных механизмов, который позволяет противостоять обезвоживанию растительного организма под влиянием погодного стресса, быстрее возвращаться к нормальному состоянию и меньше страдать при последующих засухах. Для изучения явления засухоустойчивости *Pinus sylvestris*, нами разработана экспериментальная биотест-система на основе комплексных генетико-селекционных исследований сосны на территории ЦЧР. Для ее создания были отобраны 9 контрастных по засухоустойчивости форм на модельном объекте «Острогжск» (Воронежская обл., Острогжское лесничество), собраны подеревно и пошишечно семена. Перед посевом семена замачивались в воде в течение 24 часов, часть семян с каждой шишки подверглась тепловой обработке в термостате при 40⁰С в течение 4 часов. Затем семена высевались в кассеты, наполненные смесью в соотношении: торф: земля: песок 2:1:1.

Согласно литературным данным растения прошедшие предпосевное закаливание приобретают механизмы устойчивости к стрессу. Такие изменения имеют, как правило, стимулирующий характер и позволяют растению приобретать устойчивость к негативным факторам, напрямую не связанным с исходным стрессом (Генкель, 1982). Одним из наиболее важных интегральных показателей состояния растения является водный режим. Недостаток влаги тормозит фотосинтез, дыхание, деление клеток и т.д., и, как следствие, рост и развитие всего растения (Слейчер, 1970). Весной 2013 г. оценивалось жизненное состояние исходных материнских растений по таким физиолого-биохимическим показателям как содержание свободной и связанной воды, дефицит влаги, содержание аминокислоты пролин, как стрессового метаболита. Установлено, что достоверных отличий между группами чувствительных и устойчивых деревьев по всем анализируемым признакам не обнаружено.

Лабораторная всхожесть семян составляет 69,1%, грунтовая всхожесть семян – 54,3%: для семян прошедших тепловую обработку данный показатель равен 56,5% и 52,0% без нее. Грунтовая всхожесть семян группы устойчивых растений была в среднем в 1,3 раза выше, чем для чувствительных. Осенью проведена оценка сохранности однолетних сеянцев. В варианте тепловой обработки она составляет 73,5%, и 70,8% для растений без нее (данные находятся в пределах ошибки опыта). Вегетационный сезон 2014 г. характеризовался резкими перепадами гидротермического режима. Неблагоприятные погодные условия июня, когда происходит наиболее интенсивный рост растений, ингибировали рост сеянцев. Вследствие чего, растения по высоте оказались несколько меньше стандартных однолетних сеянцев. Высота их колебалась в пределах 0,8-10,3 см, достоверных различий между группами устойчивых и чувствительных форм, и растений прошедших предпосевное закаливание и без него, также не обнаружено. Полученная биотест-система позволит нам в дальнейшем изучать норму реакции of *Pinus sylvestris* в лесостепной зоне, изменчивость физиолого-биохимических показателей в зависимости от жизненного состояния дерева, природы генотипа, эффективности термообработки и экологического потенциала вида при воздействии стрессовых факторов в лабораторных условиях.

Слейчер Р. Водный режим растений. М.: «Мир», 1970. 368 с.

Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. М.: Наука. 1982. 280с.

CREATION OF EXPERIMENTAL BIOTEST-SYSTEM OF *PINUS SYLVESTRIS* L. FOR THE PHYSIOLOGIC-BIOCHEMICAL RESEARCH

Klushevskaya E.S., Kuznetsova N.F.

Research Institute of Forest Genetic, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia;
ecogenlab@gmail.ru

A global climate change, a magnification of drought number and intensity, an increased of technogenic load on the forest ecosystems lead to their destabilization, and often to the death of whole forests. The plants have to adapt to a changing environmental conditions. The drought-resistance is one of the adaptive mechanisms, which provides a protection of plant organism from the dehydration under influence of weather stress, allows more quickly return to the normal state and suffers less during subsequent droughts. For studying of the drought-resistance phenomenon of *Pinus sylvestris* we have developed the experimental biotest-system on the basis of complex genetically breeding investigations of pines on the territory of Central Chernozemic Region (CChR). For its creation on the model object "Ostrogzhsk" (Voronezh region, Ostrogzhsky district) were selected 9 contrasting by a drought-resistance forms, seeds were collected separately for each tree and cones. Before sowing the seeds soaked in water for 24 hours, a part of seed from each cone undergone a heat treatment in a thermostat at 40⁰C during 4 hours. Then the seeds were sown in the cassette, filled with a mixture of peat, soil and sand in the ratio of 2: 1: 1.

According to the literature data the plants, which have passed a pre-sowing hardening acquire the resistance mechanisms to a stress. As a rule, such changes have stimulatory character and allow to develop a resistance of plants to the negative factors that are not directly related with an initial stress (Henkel, 1982). A water regime is one of the most important integral parameters of plant vitality. A moisture deficit inhibits the processes of photosynthesis, respiration, cell division, etc., and, as a consequence, a growth and development of the whole plant (Sleycher, 1970). The vital state of initial mother plants was evaluated in spring 2013 for such physiologic-biochemical parameters as the content of free and bound water, moisture deficit, content of proline amino acid as a stress metabolite. As it has been shown for all analyzed traits a significant differences between the susceptible and resistant groups of trees were not found.

The laboratory seed germination is 69.1%, the ground seed germination – 54.3%: for the seeds after heat treatment this parameters is 56.5% and 52.0% without it. The ground seed germination of the resistant group of plants was on average 1.3 times higher than for the sensitive ones. In autumn a preservation of one-year seedlings carried out. In the variant of the heat treatment it amounts 73.5% and 70.8% for plants without it (data are within experimental error). The 2014 vegetative season was characterized by rapid changes in the hydrothermal regime. A bad weather conditions in June, when the most intensive growth of plants takes place, inhibited the growth of seedlings. As a result, the plant height was slightly less than the standard one-year seedlings. Their height varied within 0.8-10.3 cm, the significant differences between the groups of resistant and sensitive forms, and plants, which have passed pre-sowing treatment and without it, was not revealed. The obtained biotest-system will allow us to study the norm reaction of *Pinus sylvestris* in the forest-steppe zone, the variability of physiologic-biochemical parameters depending of tree vitality, genotype nature, heat treatment efficiency and ecological potential of species after negative impact of stressors in the laboratory conditions.

Sleycher R. The water regime of plants. Moscow: Mir, 1970. 368p.

Henkel P.A. Physiology of heat-and drought resistance. Moscow: Nauka. 1982. 280 p.

НОРМАТИВНОЕ ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РОССИИ

Кострикин В.А.

ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех» Россия; ilgis.lesgen@vnr.ru

Сохранение лесных генетических ресурсов (ЛГР) является проблемой мирового сообщества. Первостепенное значение в организации охраны ЛГР имеет ее нормативное правовое обеспечение. В докладе комиссии ФАО по генетическим ресурсам для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства «...пересмотр соответствующей политики и нормативно-правовой базы для интеграции основных вопросов, связанных с устойчивым управлением ЛГР...» определяется одной из стратегических целей четвертого приоритетного направления [1].

В России традиционно выделяются следующие объекты сохранения лесных генетических ресурсов: генетические резерваты; насаждения и отдельные деревья, входящие в единый генетико-селекционный комплекс; коллекции древесных растений в ботанических садах и дендрариях; образцы растительного материала, хранящиеся в лабораторных условиях. При этом особое значение для сохранения биологического разнообразия лесов имеют первые две категории.

Основная практическая работа по сохранению ЛГР регламентируется действующими законами [2,3] и подзаконными актами. В оба закона в последующем было внесено множество изменений и дополнений. При этом из нормативно-правовой базы исчез такой важный объект как лесной генетический резерват. Положение о выделении и сохранении генетического фонда древесных пород в лесах СССР, утвержденное председателем Государственного комитета СССР по лесному хозяйству 13 августа 1982 года не было опубликовано и в настоящее время не легитимно. Разработанные институтом лесной генетики и селекции "Концепция долгосрочной программы генетического улучшения лесов России" и "Положение о сохранении генетического фонда древесных пород России" в течение продолжительного времени МПР РФ не рассматриваются. Упоминание о генетических резерватах в «Указаниях по лесному семеноводству в Российской Федерации» (2000) не вошло в подготовленные «Правила создания и выделения объектов лесного семеноводства (лесосеменных плантаций, постоянных лесосеменных участков и подобных объектов)», которые должны были утверждены Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации в 2014 году.

В связи с этим в Лесной кодекс Российской Федерации необходимо ввести следующее дополнение:

Статья 59¹. Охрана генетических ресурсов

1. В целях предотвращения снижения внутривидового разнообразия лесообразователей выполняется комплекс мероприятий по сохранению генетических ресурсов древесных растений и устранению негативных последствий эрозии их генофонда.

2. Правила сохранения и реабилитации генетического фонда видов дендрофлоры устанавливаются уполномоченным федеральным органом исполнительной власти.

Литература

1. Глобальный план действий по сохранению, рациональному использованию лесных генетических ресурсов. Доклад комиссии по генетическим ресурсам для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства ФАО, 2014, 36 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fao.3/a-i3849r.pdf>.

2. Федеральный закон от 14.03.1995 № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» // «СЗ РФ» от 20.03.1995, № 12, ст. 1024.

3. «Лесной кодекс Российской Федерации» от 04.12.2006 № 200-ФЗ // «СЗ РФ» от 11.12.2006, № 50, ст. 5278.

NORMATIVE LEGAL GROUNDWORK FOR CONSERVATION OF FOREST GENETIC RESOURCES OF RUSSIA

Kostrikin V.A.

Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Russia; ilgis.lesgen@vrn.ru

The conservation of forest genetic resources (FGR) is a global community problem. The normative legal groundwork of is of primary importance in FGR security arrangements. According to the report of the FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture “...a review of relevant policy, rules and regulations for integration of key issues related to the sustainable management of FGR” is one of the strategic goals of the fourth priority orientations [1].

There are several traditional objects of conservation of forest genetic resources in Russia: genetic reserves; plantations and individual trees included in the unified genetic-breeding complex; arboreal plant collections in botanical gardens and arboreta; samples of plant material stored under laboratory conditions. The first two categories are of particular importance for the conservation of forest biodiversity.

The main practical work on the conservation of FGR is regulated by current laws [2,3] and bylaws. Both of them later have been repeatedly amended. At the same time the important category of forest genetic reserve has disappeared from the regulatory and legal framework. The statute on the allocation and preservation of genetic fund of tree species on the forest territory of the USSR approved by the Chairman of the USSR State Committee on Forestry on the 13th of August 1982 was not published and is not currently legitimate. The "Concept of long-term genetic improvement of Russian forests" and the "regulations on the preservation of genetic fund of Russian tree species" developed by the Institute of Forest Genetics and Breeding have not been considered by the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation for an appreciable length of time. The genetic reserves mention in the "Guidelines for forest seed breeding in the Russian Federation" (2000) was not included in the summarized version of "Rules for creation and selection of forest seed breeding objects (seed orchards, permanent seed plantations, etc)", which should have been approved by the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation in 2014.

In this connection the following addition should be written in the Forest Code of the Russian Federation:

Clause 59¹ Conservation of genetic resources

1. In order to prevent the decrease in intraspecific diversity of forest-forming species there is a conservation project in progress aimed at the conservation of genetic resources of

arboreal plant and elimination of negative implications of their genetic erosion.

2. Rules and regulations for the genofond of dendroflora species conservation and rehabilitation shall be established by the authorised federal authority.

Literature

1. The global plan of action for the conservation and sustainable use of forest genetic resources. The report of the FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, 2014, 36 p. [Electronic resource]. Available at: <http://fao.3/a-i3849r.pdf>.

2. Federal act № 33-ФЗ "On specially protected natural reservations" of 14 March 1995 // "Corpus of legislative acts of the Russian Federation" of 20 March 1995, №12, 1024.

3. "The Forest Code of the Russian Federation" of 4 December 2006 № 200-ФЗ // "Corpus of legislative acts of the Russian Federation" of 11 December 2006, №50, 5278.

ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ЕЛИ СИБИРСКОЙ (*PICEA OBOVATA* LEDEB.) ПО МИКРОСАТЕЛЛИТНЫМ ЛОКУСАМ

Кравченко А.Н., Экарт А.К., Ларионова А.Я.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Россия; krava@fromru.com

На основе анализа изменчивости 9 полиморфных микросателлитных локусов ядерной ДНК (EATC2C06, SpAGG3, UAPgAG150A, UAPgAG150B, UAPgAG105, EATC1B02, EATC1E03, Pa_33, Pa_36) получены данные о внутри- и межпопуляционной изменчивости и степени дифференциации популяций ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) из Красноярского края, республик: Алтай, Бурятия и Монголия, Иркутской и Магаданской областей. В качестве материала для исследования использовали хвою, собранную с 267 деревьев в 9 популяциях.

Всего в девяти микросателлитных локусах выявлено 64 аллеля, 19 из которых являются редкими. Число аллелей обнаруженных в исследованных популяциях варьировало от 26 до 44. Наибольшее аллельное разнообразие наблюдалось в популяции Ванавара из Эвенкии (Красноярский край), наименьшее – в изолированной популяции Магадан, удаленной от основного ареала ели сибирской более чем на 700 км. Среднее число аллелей на локус варьировало в популяциях от 2.89 до 4.89, эффективное число аллелей от 1.84 до 2.78, значения наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности соответственно от 0.268 до 0.471 и от 0.311 до 0.451. Средние для изученных популяций значения этих показателей составляли: $N_a=4.39$; $N_e=2.54$; $H_o=0.388$; $H_e=0.406$. Самые низкие значения всех показателей изменчивости по изученным микросателлитным локусам ядерного генома установлены в изолированной популяции ели Магадан.

Исследование популяционной структуры с помощью F-статистик Райта показало, что каждое дерево в изученных популяциях ели сибирской обнаруживает в среднем 4.9 %-ный дефицит гетерозиготных генотипов ($F_{is}=0.049$) относительно популяции и 11%-ный дефицит гетерозигот ($F_{it}=0.110$) относительно вида. Индекс фиксации Райта F_{st} , отражающий меру дифференциации популяций, равен 0.070. Это означает, что на межпопуляционную генетическую изменчивость приходится только 7% выявленной в популяциях изменчивости. Остальная изменчивость (93%) сосредоточена внутри популяций. Наиболее весомый вклад (18.9%) в дифференциацию популяций вносит локус EATC2C06, наименьший (2.8%) – локус EATC1E03.

Степень генетической дифференциации популяций определяли с помощью генетических расстояний D M. Неи (Nei, 1972), рассчитанных по частотам аллелей 9-ти проанализированных ядерных микросателлитных локусов. Установлено, что генетическое расстояние D между популяциями ели сибирской варьирует от 0.011 до 0.170, составляя в среднем 0.057. Анализ полученных значений D показал, что наиболее значительные различия в генетической структуре по ядерным микросателлитным локусам наблюдаются

между популяцией Магадан и остальными включенными в исследование популяциями (D варьирует от 0.106 до 0.170, составляя в среднем 0.123)

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-04-00777).

INTRASPECIFIC VARIABILITY AND DIFFERENTIATION OF NATURAL POPULATIONS OF SIBERIAN SPRUCE (*PICEA OBOVATA* LEDEB.) BY MICROSATELLITE LOCI

Kravchenko A.N., Ekart A.K., Larionova A.Ya.

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia;
krava@fromru.com

On the basis of the analysis of variability 9 polymorphic microsatellite loci of nuclear DNA (EATC2C06, SpAGG3, UAPgAG150A, UAPgAG150B, UAPgAG105, EATC1B02, EATC1E03, Pa_33, Pa_36), the data about intra- and interpopulation variability and degree of differentiation of populations of Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.) from Krasnoyarsk Territory, Republics: Altai, Buryatia and Mongolia, Irkutsk and Magadan regions were obtained. The needles collected from 267 trees in nine populations were used as a material for the study.

A total 64 alleles were revealed in 9 microsatellite loci, 19 of which were rare. The number of alleles detected in the populations studied ranged from 26 to 44. The greatest allelic diversity was observed in the population of Vanavara (Evenkia, Krasnoyarsk Territory), the smallest - in the isolated population of Magadan which is remote from the main area of Siberian spruce more than 700 km. The mean number of alleles per locus in populations ranged from 2.89 to 4.89, the effective number of alleles from 1.84 to 2.78, the values of observed and expected heterozygosity, respectively, from 0.268 to 0.471 and from 0.311 to 0.451. The average values of these parameters for the studied populations were: $N_a = 4.39$; $N_e = 2.54$; $H_o = 0.388$; $H_e = 0.406$. The lowest values of all parameters variability studied microsatellite loci of nuclear genome have been established in isolated population Magadan.

The study of population structure using the F-statistics Wright showed that each tree in the studied populations of Siberian spruce has on average of 4.9% deficit of heterozygous genotypes ($F_{is} = 0.049$) relative to the population and of 11% deficit of heterozygotes ($F_{it} = 0.110$) relative to the species. Wright's fixation index F_{st} reflecting a measure of population differentiation equal to 0.070. This means that the interpopulation genetic variability accounts for only 7% of the identified in populations variability. The rest of the variability (93%) is concentrated within populations. The most significant contribution (18.9%) to the differentiation of populations was made by locus EATC2C06, the lowest (2.8%) – by locus EATC1E03.

The degree of genetic differentiation of populations was determined using genetic distances D M. Nei (Nei, 1972), calculated on allele frequencies of 9 nuclear microsatellite loci analyzed. It was found that the genetic distance D between the populations of Siberian spruce are ranged from 0.011 to 0.170 and averaged 0.057.

Analysis obtained values D showed that the most significant differences in the genetic structure of nuclear microsatellite loci are observed between population Magadan and others included in the study populations (D ranged from 0.106 to 0.170 with a mean of 0.123).

This study was supported by Russian Fund of Basic Research (grant № 13-04-00777).

ИНТРОДУКЦИЯ *PHYSOCARPUS* MAXIM. В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

Крекова Я.А., Чеботько Н.К.

Казахский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации, Казахстан; yana24.ru@mail.ru

Северный Казахстан включает 4 области – Северно-Казахстанскую, Павлодарскую, Костанайскую и Акмолинскую. Естественный флористический состав древесно-кустарниковой растительности довольно беден (123 вида). Обусловлено это довольно жесткими природно-климатическими условиями. В течении года наблюдаются резкие

колебания среднемесячных температур, средняя годовая температура составляет 0,8 °С. Сумма осадков – 260-390 мм, распределяются неравномерно, ветровой режим усиленный.

Объектами интродукционных исследований в Северном Казахстане являются дендропарк и арборетум Казахского НИИ лесного хозяйства, которые были заложены в 1961 и 1966 гг. соответственно. За время проведенных исследований на территории дендропарка и арборетума для интродукционного испытания было привлечено 10 видов, форм и сортов *Physocarpus* Maxim. в количестве 49 образцов. Семенами было привлечено 41 образец, саженцами – 5 и сеянцами – 3 образца.

Physocarpus Maxim. (пузыреплодник) относится к семейству *Rosaceae* Juss. Род включает около 10 видов, распространенных в Восточной Азии и Северной Америке. Раскидистые декоративные листопадные кустарники, высотой до 2-3 м, с отслаивающейся корой и крупными 3-5 лопастными листьями. Белые цветки расположены в поникающих щитковидных соцветиях. Цветет в июне. Плоды – собранные листовки, которые после отцветания краснеют, а затем приобретают бурый оттенок.

Пузыреплодники морозостойки, засухоустойчивы и теневыносливы. Отличаются быстрым ростом. К почвенным условиям неприхотливы, но плохо переносят избыточное увлажнение и застой влаги. Способны хорошо переносить городские условия (газоустойчивы).

За время исследований в дендропарк было высажено 8 видов, форм и сортов пузыреплодника, в настоящее время произрастает 6 видов. Причинами гибели растений является несоответствие условий произрастания, отсутствие адаптации, своевременного полива или ухода.

Ph. opulifolius (L.) Maxim. (п. калинолистный), *Ph. capitatus* (Pursh) Ktze. (п. головчатый), *Ph. intermedia* (Rydb.) Schneid. (п. промежуточный) привлечены семенами из г. Нижнего Новгорода (г. Горький). Возраст 46 лет.

Образцы семян *Ph. amurensis* Maxim. (п. амурский) получены из г. Томска. Возраст 46 лет.

Наиболее молодые растения (26 лет) – *Ph. monogynus* (Torr.) Coult. (п. однопестичный) и *Ph. ribesifolius* Kom. (п. смородинолистный) получены семенами из городов Ереван и Липецк по обменному фонду.

В арборетум было высажено 5 видов, но до настоящего время сохранился 1 вид. *Ph. opulifolius* (L.) Maxim. (п. калинолистный). Семена получены в 1960 году из г. Нижнего Новгорода (г. Горький). Возраст 55 лет.

В условиях Северного Казахстана все произрастающие экземпляры *Physocarpus* Maxim. проходят полный цикл сезонного развития. Средняя дата начала вегетации у всех изучаемых видов отмечена в период с 14-23 апреля и продолжается до 12-17 октября. Цветут пузыреплодники регулярно с 5-6 лет, во второй половине (с 15 по 23) июня. Плоды начинают созревать с 20 июля и заканчивается эта фаза в среднем 24-28 августа. Листья сохраняются до глубокой осени, приобретая красноватый, желтый или оранжевый оттенок. Вредителями и болезнями не повреждались. Очень хорошо переносят стрижку. Данные экзоты относятся к декоративной группе растений, что позволяет широко использовать их в озеленении населенных мест.

INTRODUCTION OF *PHYSOCARPUS* MAXIM IN THE NORTHERN KAZAKHSTAN

Krekova Y.A., Chebotko N.K.

Kazakh Research Institute of Forestry and Agricultural Afforestation, Kazakhstan;
yana24.ru@mail.ru

Northern Kazakhstan comprises 4 provinces: North Kazakhstan Oblast, Pavlodar Oblast, Kostanay Oblast and Akmola Oblast. The region has rather few species of shrubs and trees (123). Such a low number of species is caused by the harsh climate. With sharp fluctuations of average monthly air temperatures, the mean yearly temperature is 0.8°C. At 260-390 mm per

year, the amount of precipitation is distributed unevenly throughout the year. The region is characterized by strong winds.

The objects of introduction study in Northern Kazakhstan are the tree nursery and arboretum of the Kazakh Research Institute of Forestry, which were founded in 1961 and 1966 respectively. The study looked at 49 samples of *Physocarpus Maxim* of 10 different species, forms and kinds. Forty one of the samples were acquired using seeds, five using saplings and three using seedlings.

Physocarpus Maxim. (the Ninebark) belongs to the *Rosaceae* Juss family. The genus includes about 10 species and is native to East Asia and North America. *Physocarpus Maxim.* are 2-3 meter tall branchy deciduous shrubs with peeling bark and large 3-5 lobe leaves. The white blossoms occur in drooping corymbose clusters. *Physocarpus Maxim.* blooms in June. The fruit of the shrub are follicles which become red after blossom fading and later acquire a brown shade.

The ninebark is a frost-hardy, drought-resistant and shade-enduring plant. It is characterized with quick growth. Unpretentious to soil conditions, the plant is vulnerable to excessive moisture or stagnant water. Also, the ninebark endures urban conditions well (gas-resistant).

In the course of the study, 8 species, forms and kinds of ninebark were introduced into the tree nursery; to date 6 species remain. The loss of plants was caused by the difference in local conditions as well as lack of adaptation and timely watering and care.

Ph. opulifolius (L.) Maxim., *Ph. capitatus* (Pursh) Ktze., and *Ph. intermedia* (Rydb.) Schneid. were acquired in the form of seeds from Nizhniy Novgorod. Their age is 46 years.

Samples of *Ph. Amurensis* Maxim. seeds were received from Tomsk. Their age is 46 years.

The younger trees (26 years old) - *Ph. monogynus* (Torr.) Coult. and *Ph. Ribesifolius* Kom. were acquired as seeds from Yerevan and Lipetsk as part of an exchange program.

Five species were introduced to arboretum, but to date only one species - *Ph. opulifolius* (L.) Maxim. – has remained. The seeds were received in 1960 from Nizhniy Novgorod. The age is 55 years.

In the conditions of Northern Kazakhstan all samples of *Physocarpus Maxim.* go through a full cycle of seasonal development. The vegetation in all studied species is observed to start around 14-23 April and continues until 12-17 October. The ninebark blossom regularly from the age of 5-6, in the second half of June (from 15 to 23). The maturity phase starts around 20 July and ends 24-28 August. The leaves preserve well into the fall and acquire a reddish, yellow or orange shade. The plants did not suffer from any diseases or pests. They are very tolerant to clipping. These alien plants are ornamental shrubs extensively used in landscaping populated areas.

ГЕНОМНЫЕ И ЭПИГЕНОМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ Крутовский К.В.^{1,2,3,4}

¹ Гёттингенский университет им. Георга-Августа, Гёттинген, Германия;
kkrutovsky@gmail.com

² Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

³ Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

⁴ Техасский университет А&М, Колледж-Стейшен, Техас, США

Эпигенетические изменения в геномах растений и животных, вызванные влиянием окружающей среды и влияющие на экспрессию генов и, таким образом, на фенотипы, известны давно. Но только в последнее время появились методы, позволяющие изучать эти изменения на полногеномном уровне и сравнивать их между разными особями внутри видов, между разными видами и в поколениях. Оказалось, что некоторые эпигенетические

изменения, такие как метилирование ДНК и ацетилирование гистонов могут объяснить больше адаптивных фенотипических различий, чем нуклеотидные замены или другие типы генетических мутаций. При этом эпигенетические изменения в отличие от генетических мутаций (если не считать редкие возвратные мутации) обратимы. Более того, недавно обнаружилось, что некоторые из них очень устойчивы и могут наследоваться в течение многих поколений. В докладе будут представлены примеры такой «эпигенетической памяти» в разных видах, в том числе лесных древесных видах. Кроме того, будут рассмотрены и обсуждены наиболее современные методы изучения метилирования ДНК (одного из основных эпигенетических механизмов регуляции экспрессии генов) и обнаружения эпигеномных маркёров с помощью полногеномного бисульфитного секвенирования и использования чувствительных к метилированию изоформ рестрикционных эндонуклеаз.

Работа выполнена в рамках проекта «Геномные исследования основных boreальных лесобразующих хвойных видов и их наиболее опасных патогенов в Российской Федерации», финансируемого Правительством РФ (договор № 14.Y26.31.0004).

GENOMIC AND EPIGENOMIC MECHANISMS OF ADAPTATION IN THE FOREST TREE SPECIES

Krutovsky K. V.^{1,2,3,4}

¹ Georg-August University of Göttingen, Göttingen, Germany, kkrutovsky@gmail.com

² N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

⁴ Texas A&M University, College Station, Texas, USA

Epigenetic changes in plant and animal genomes caused by environment and affecting gene expression and thus phenotypes are known for a long time. However, only recently developed methods allow us now to study epigenetic changes at the genome-wide level and compare them between different individuals and species and across generations. It turned out that some epigenetic changes, such as DNA methylation and histone acetylation may explain more adaptive phenotypic differences than nucleotide substitutions and other types of genetic mutations. Epigenetic changes are reversible in contrast to genetic mutations (except for rare back mutations). Moreover, it was found recently that some of them are very stable and can be inherited for many generations. The presentation will demonstrate examples of such "epigenetic memory" in different species, including forest trees. In addition, the most modern methods for studying DNA methylation (one of the main mechanisms of epigenetic regulation of gene expression) and for detection of epigenetic markers using genome-wide bisulfite sequencing and methylation-sensitive restriction endonuclease isoforms will be presented and discussed.

The presented study was a part of the project "Genomic studies major boreal coniferous forest tree species and their most dangerous pathogens in the Russian Federation" funded by the Government of the Russian Federation (contract № 14.Y26.31.0004).

РЕДКИЕ ФОРМЫ КЕДРА СИБИРСКОГО (*PINUS SIBIRICA* DU TOUR) БАЙКАЛЬСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

Кузнецова Г.В.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Россия; galva@ksc.krasn.ru

Для рода *Pinus* характерен двухлетний цикл развития женских шишек, в год цветения развивается только озимь, и лишь на второй год происходят оплодотворение семяпочек и рост шишек и семян до их окончательного размера и созревания. Для очень редких форм деревьев кедра сибирского, обнаруженных в предгорье Западного Саяна (Ирошников, 1974; Минина, Ларионова, 1976), а также в Хамар-Дабане (Карбаинов, 1982;

Ирошников, 1985) характерно помимо двухлетнего развития шишек образование эндосперма у семян в год цветения, то есть на год раньше, чем у типичных форм. Формы таких деревьев относятся к ускоренному типу развития шишек (Ирошников, 1974). Однако за вегетационный период в год цветения шишка, семена не достигают размеров, характерных при двухлетнем цикле развития. В отдельные годы все семенные чешуи и сама шишка в год цветения сильно разрастаются, достигая почти нормальной величины, свойственной двухлетнему развитию, тем не менее, семена в таких однолетних шишках остаются недоразвитыми без эндосперма и зародыша, и сама шишка опадает в зимний период. Часть редких форм таких деревьев кедра сибирского имеет смешанный тип формирования женских шишек, как с однолетним, так и двухлетним циклом их развития. Формы деревьев смешанного формирования женских шишек произрастают в наиболее оптимальных условиях в низкогорно-высокотравно-папоротниковом кедровнике на высоте 350-400 м над уровнем моря в возрасте 90-100 лет.

В байкальской популяции были исследованы редкие формы деревьев кедра сибирского со смешанным циклом развития женских шишек в районе Байкальского заповедника (Республика Бурятия, Танхойское лесничество). Возраст изучаемых деревьев байкальской популяции – более 100 лет. Для данных деревьев характерна изменчивость в развитии шишек – от смешанного и до нормального двухлетнего цикла развития. На деревьях байкальской популяции отмечено наличие как двухлетних, однолетних женских шишек, так и озимы с разросшимися внизу и нормальными семенными чешуями.

Редкие формы деревьев кедра сибирского со смешанным типом развития шишек являются интересным объектом для селекции и интродукции кедра сибирского, а также для изучения в целом эволюции кедровых сосен.

RARE FORMS OF SIBERIAN STONE PINE (*PINUS SIBIRICA* DU TOUR) IN THE BAIKAL POPULATION

Kuznetsova G.V.

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia;
galva@ksc.krasn.ru

For Siberian stone pine two-year cycle of female cones development is typical, female cones appear in the first year as only pollinated, but fertilization of the ovule, the growth cones and seeds to their final size and maturation takes place in the second year. For very rare forms of Siberian stone pine found in the foothills of the Western Sayan (Iroshnikov 1974, Minina, Larionova 1976), as well as in the Hamar-Daban (Karbainov, 1982; Iroshnikov, 1985) in addition to the characteristic of the two-year cones endosperm formation in seeds flowering year, that is one year earlier than the typical form. The forms of this trees relate to the accelerated development of type cones (Iroshnikov, 1974). However, during the growing season in a year flowering pine cone, seeds do not reach the size typical in the two-year development cycle. In some years, all the seed scales and pine cone in a year flowering grow strongly, reaching near normal values characteristic of a two-year development, however, the seeds of annuals cones remain under developed without endosperm and germ, and pine cone shed in winter. Some rare forms of Siberian stone pine trees has a mixed type of formation of female cones, both annual and two-year cycle of development. Tree forma mixed form of female cones grow in optimal conditions in low-tall-fern stone pine forest at an altitude of 350-400 meters above sea level at the age of 90-100 years. The Baikal populations were studied rare forms of Siberian stone pine trees with a mixed cycle of female cones near the Baikal Reserve (Republic of Buryatia, Tanhoyskoe forestry). Age of trees studied Baikal population - more than 100 years. For these trees are characterized by variability in the development of buds - of mixed and normal to the two-year development cycle. The trees Baikal noted the presence of the population as a two-year, annual female cones, and winter wheat with overgrown bottom and normal seed scales.

Rare forms of Siberian stone pine trees with a mixed type of cones are interesting object for selection and introduction Siberian stone pine, as well as for the study of the overall evolution of pines.

ОЦЕНКА АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ КЕДРОВЫХ СОСЕН К РАЗЛИЧНЫМ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ В МЕСТАХ ИХ ТЕСТИРОВАНИЯ

Кузнецова Г.В.¹, Гродницкая И.Д.¹, Макарикова Р.П.², Наумова Н.Б.², Грек В.С.³,
Дарикова Ю.А.⁴, Грачев А.М.⁵

¹ Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, ² ИПАСО РАН, ³ ДальНИИЛХ, ⁴ Сибирский
Федеральный Университет, ⁵ ХТИ, Россия; galva@ksc.krasn.ru

Для изучения адаптации, выявления биотических свойств, закономерностей взаимодействия биологических сообществ в искусственных фитоценозах кедровых сосен (кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) и кедра корейского (*Pinus koraiensis* Siebold et. Zucc.)) в местах их тестирования на юге Красноярского края и в Хабаровском крае проведены наблюдения за ростом, характером их развития в условиях необычного для них сочетания климата и почвы. В обоих местах тестирования географических культур отмечена высокая сохранность у всех климатипов кедровых сосен в 5 летнем возрасте. К 20-40 летнему возрасту в Хабаровском крае наблюдается большая элиминация деревьев, как у культур кедр сибирского, так и у климатипов кедр корейского. Проведенный корреляционный анализ индексов ширины годичных колец у климатипов кедровых сосен с температурой и осадками в местах тестирования выявил довольно высокую отрицательную корреляцию ширины годичного кольца у кедр сибирского с осадками мая в Хабаровском крае. Такая зависимость демонстрирует реакцию кедр сибирского на неблагоприятные условия роста, в результате чего, выявлено отставание в росте и формирование узких колец по сравнению с таковыми в оптимальных условиях Красноярского края. Экспериментально показано, что сохранность географических культур в местах тестирования не связана с происхождением семян, а обусловлена условием их произрастания на лесокультурной площади.

В результате анализа некоторых химических и микробиологических свойств почв в Хабаровском крае было установлено, что в условиях искусственных фитоценозов кедровых сосен рост и развитие деревьев приводят к проявлению воздействия их межвидовой изменчивости на некоторые химические свойства почвы (кислотность, содержание подвижных форм питательных элементов, солей и неорганического углерода). Микробиологическая активность почвенной микробиоты (по значениям МБ) в бурой лесной почве выше таковой в серой лесной неоподзоленной почве Красноярского края. Показано, что кедр сибирский даже в экстремальных для его роста условиях (Хабаровском крае) способен формировать довольно активно функционирующие микробоценозы, обеспечивающие древостой необходимыми питательными элементами, а также способствовать интенсивности биохимических процессов, за счет повышенного содержания гидролитических и окислительных ферментов.

Полученные данные по фенотипическим, анатомо-морфологическим признакам, фитопатологическому обследованию климатипов кедровых сосен, а также агрохимическому и микробиологическому анализу почв в искусственных фитоценозах в местах их тестирования на юге Красноярского и Хабаровском краях позволили выявить специфику приспособления, адаптацию к новым условиям существования исследуемых культур. При сравнении роста и состояния кедровых сосен более благоприятные условия выявлены для кедровых сосен в возрасте 40 лет на юге Красноярского края.

Работа поддержана грантом РФФИ № 13-04-01671.

EVALUATING THE ADAPTATION CAPABILITIES OF SIBERIAN PINE AND KOREAN PINE TO VARIOUS EKOLOGICAL FACTORS AT THE TESTING SITES Kuznetsova G.V.¹, Grodnitskaya I.D.¹, Makarikova R.P.², Naumova N.B.², Grek V.S.³, Darikova Yu.A.⁴, Grachev A.M.⁵

¹ V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia

² Institute of soil studies and agrochemistry, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia; galva@ksc.krasn.ru

³ Far East Forestry Research Institute, Russia

⁴ Branch of the Siberian Federal University, Russia

⁵ Khakasia Technical Institute, Branch of the Siberian Federal University, Russia

We conducted observations of growth, the character of development of Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour) and Korean pine (*Pinus koraiensis* Siebold et. Zucc.) in the conditions of unusual for them combination of climate and soil at the testing sites in the south of the Krasnoyarsk Region and in the Khabarovsk Region. This was done in order to study the adaptation, identify biotic properties and regularities in the interaction of biological communities in artificial plant communities. At both testing sites of different provenance pines we observed high level of preservation for all provenances of 5-year old pines. When they reach the age of 20-40 years in the Khabarovsk Region there is a large elimination of trees both for Siberian pine and Korean pine of different provenances. The correlation analysis of the indexes of tree-ring width for pines of different provenances with temperature and precipitation at the testing sites that we carried out showed a relatively high negative correlation between the tree-ring width of the Siberian pine with precipitation of May in Khabarovsk Region. This dependence demonstrates the reaction of Siberian pine to the unfavorable growth conditions, which results in the reduced growth and the formation of rings that are narrower, compared with those in the optimal conditions of the Krasnoyarsk Territory. It was shown experimentally that the degree of preservation of trees of different provenances at the testing sites is not related to the origin of the seeds. It is determined by the growth conditions at the testing sites.

The analyses of some chemical and microbiological properties of the soil in the Khabarovsk region showed that some chemical properties of the soil (acidity, the content of mobile forms of nutrients and inorganic carbon) may be altered due to pine growth and development under the conditions of artificial phytocenoses. The microbiological activity of soil microbiota in the brown forest soil is higher than that in the gray forest non podzolized soils of the Krasnoyarsk Territory. It is shown that Siberian pine even is able to form quite actively functioning microbiocenosis in the conditions that are extreme for its growth (Khabarovsk Territory). This microbiocenosis provides necessary nutrient elements for the tree stand and also contributes to the intensity of biochemical processes, due to the higher content of hydrolytic and oxidative enzymes.

Special features of adaptation and the process of adaptation to the new conditions of growth of the studied species were illuminated with the data that we obtained on phenotypic, anatomical and morphological characteristics, phytopathological inspection of pines of different provenances, as well as the data on agrochemical and microbiological soil properties in artificial plant communities at the testing sites in the south of the Krasnoyarsk Region and in the Khabarovsk Region. When comparing the growth processes and condition of the pines more favorable conditions are found for pines in the age group of 40 years in the south of the Krasnoyarsk Region.

This study was supported by the RFBR grant No. 13-04-01671.

РЕПРОДУКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ *PINUS SYLVESTRIS* L. И СТРАТЕГИЯ ВЫЖИВАНИЯ ВИДА В УСЛОВИЯХ И ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Кузнецова Н.Ф.

Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, Россия; ilgis@lesgen.vrn.ru

В России глобальное потепление климата затронуло большую часть Европейской части, юг Западной Сибири, Прибайкалья, Забайкалья и северо-восток Якутии (Замолодчиков, 2011). Среднерусская лесостепь – это зона продуктивных сосновых лесов, характеризующихся высоким репродуктивным потенциалом. $\frac{3}{4}$ вегетационных сезонов являются урожайными для сосны: интенсивность семеношения составляет 4-5 баллов по шкале Каппера, полнозернистость семян – 80-90%, число семян в шишке – 19.6-26.1 шт., лабораторная всхожесть семян – 80-90%, доля инбредных потомств – 6.9-8.3%. На анализируемой территории последнее десятилетие стало самым теплым за всю историю метеонаблюдений, более чем вдвое снизился уровень грунтовых вод, увеличилось число и напряженность засух. Как известно, *Pinus sylvestris* – это засухоустойчивая порода. Даже в сильнейшую засуху 2010 г. верхний предел жароустойчивости вида не был достигнут. Но ее генеративная сфера чутко реагирует на погодный стресс. В засуху стратегия вида направлена на поддержание репродуктивного процесса, сохранение генетического разнообразия семян, повышение их устойчивости к аридным условиям, путем формирования семенного генофонда по принципу взаимодействия «генотип-среда». Мониторинг систем семенного размножения в длительной динамике (1987-2014 гг.) на одной и той же популяционной выборке (30 деревьев) показал, что в оптимальные годы доля инбридинга и репродуктивный вклад каждого дерева в семенную продукцию года варьируют незначительно. В засушливые годы пропорционально силе погодного стресса снижается количество и качество выживших семян, изменяется их генотипический состав. Адаптивные перестройки сопряжены с такими экологически зависимыми и генетически обусловленными процессами, как: подвижность систем семенного размножения в рамках потенциальной нормы реакции признаков; расширение генотипической изменчивости генетического материала во время мейоза, оплодотворения и ее сужение в ходе предэмбрионального и эмбрионального отбора. Важную роль в выработке адаптаций к аридным условиям имеют внутривидовая дифференциация сосны по уровню самофертильности, степени засухоустойчивости; разная выживаемость репродуктивных структур в зависимости от природы генотипа и силы стрессора. Показано, что в слабую засуху 2001 и 2014 гг. урожайность выборки составила, соответственно, 65.2 и 71.0%. Выборка «распалась» на три группы генотипов – модальную, чувствительную и устойчивую. Редукция урожая произошла за счет группы чувствительных деревьев (40-60%) и частично деревьев модальной группы (7-12%), а доля устойчивых потомств в семенном генофонде стала выше. В сильную засуху 1991 г. урожайность выборки снизилась до 15.8%. Модальная и устойчивая группы деревьев представлены приблизительно одинаковым числом семян (35.5 и 34.3%). Остальная треть семян была инбредной по происхождению. Таким образом, устойчивость семенного генофонда к засухе в условиях *ex situ* достигается путем прогрессивного повышения в нем доли инбредных потомств и потомств от засухоустойчивых форм. Генетическое разнообразие зависит от силы засухи и обеспечивается, или генотипами всех плодоносящих деревьев, или двух групп – модальной и устойчивой, что необходимо учитывать при селекции сосны на засухоустойчивость. Неспецифическая и специфическая реакции, возникающие в ответ на глобальное потепление климата, адаптируют семенной генофонд к новым условиям по принципу взаимодействия «генотип-среда», но лишь до определенного уровня – до статуса «умеренная засуха». Более сильный погодный стресс вызывает массовую гибель семян, уменьшение генетического разнообразия и жизнеспособности

семенных потомств. Это ведет к снижению качества, устойчивости и конкурентоспособности новых поколений сосновых лесов по сравнению с аборигенными степными травянисто-луговыми сообществами.

REPRODUCTIVE POTENTIAL OF *PINUS SYLVESTRIS* L AND STRATEGY OF SPECIES SURVIVAL IN THE CONDITIONS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE

Kuznetsova N.F.

Research Institute of Forest Genetic, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia
ilgis@lesgen.vrn.ru

In Russia, a global climate warming has touched the considerable part of European territory, a south of West Siberia, Pribaikalye, Transbaikal and a northeast of Yakutia (Zamolodchikov, 2011). A Central Russian forest-steppe is the zone of productive pine forests with a high reproductive potential. $\frac{3}{4}$ vegetation seasons are a harvest years for the pine: a seed-production intensity is the 4-5 points on the Capper scale, a full seed percentage – 80-90%, a seed number per the cone – 19.6-26.1, a seed laboratory germination – 80-90%, a inbred progeny proportion – 6.9-8.3%. On the analyzed territory the last decade was the warmest for entire history of meteorological observation, the level of groundwater has decreased more than twice, the number and intensity of droughts increased. As known, a *Pinus sylvestris* is the drought-resistant breed. Even in the strongest drought 2010, the upper limit of species heat-resistance has not been achieved. Though, its generative sphere sensitively reacts on a weather stress. In a drought the strategy of species is aimed at maintaining of reproductive process, preservation of seed genetic diversity, increasing their resistance to arid conditions, by forming the seed gene pool on the principle of "genotype-environment" interaction. Monitoring of systems of the seed reproduction in a long-term dynamics (1987-2014) on the same population sample (30 trees) has showed that at the optimal years the inbreeding portion and reproductive contribution of each tree in the yearly seed production is changed insignificantly. In droughty years, the proportionally weather stress decreases the quantity and quality of surviving seeds, their genotypic composition is changed. Adaptive changes of gene pool are associated with such ecological dependent and genetically determined processes, such as: a mobility systems of seed reproduction within the potential reaction norm of traits; increased genotypic variability of genetic material during meiosis, fertilization and its narrowing during proembryonic and embryonic selection. The important role in the development of adaptations to the arid conditions have a differentiation of trees by the self-fertility level, a degree of drought-resistance; various survival reproductive structures in depend of nature of the genotype and the strength of stressor. As it has been shown, in the weak drought 2001 and 2014, the yield of the studied sample was 65.2 and 71.0% respectively. The sample is "split" in three groups of genotypes - modal, sensitive and resistant. The reduction of yield has occurred at the expense the sensitive groups of trees (40-60%) and partly trees of modal group (7-12%), while the proportion of resistant progeny in seed gene pool has become higher. In the strong drought 1991, the sample yield decreased to 15.8%. Modal and resistant group of trees represented approximately the same number of seeds (35.5 and 34.3%). The remaining third seed was inbred by the origin. Hence it follows, the stability of seed gene pool to a drought in the *ex situ* conditions is achieved by means of a progressive increase in it the quantity of inbred progenies and the progenies from drought-resistant forms. Genetic diversity depends from a drought intensity and is provided by, or genotypes of all seed-production trees, or two groups – modal and resistant, that should be considered in the pine selection on the drought- resistance. Nonspecific and specific reactions that arise in the response to a global climate warming are adapting the seed gene pool to the new conditions by the principle of "genotype-environment" interaction, but only to a certain level – to the status of "moderate drought". More strong weather stress induces a mass death of seeds, reducing of genetic diversity and viability of a seed progenies. This will lead to a decrease in the quality, sustainability and competitiveness of new generations of a pine forests in comparison with the aboriginal steppe grassy-meadow communities.

АНАЛИЗ РАДИАЛЬНОГО РОСТА И ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЗДНЕЙ ДРЕВЕСИНЫ У СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ ЗАПАДНОЙ И СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Кузьмин С.Р.¹, Роговцев Р.В.²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Россия; skr_7@mail.ru

²Филиал ФГУ «Рослесозащита» ЦЗЛ Новосибирской области, Россия; rvr79@mail.ru

Объектом исследования являются шесть климатипов сосны, выращиваемые в географических культурах в лесостепной зоне в Сузунском лесничестве Новосибирской области и в южной тайге в Богучанском лесничестве Красноярского края. К ним относятся: богучанский и сузунский климатипы (контрольные в каждом пункте испытания) и климатипы, представляющие контрастные по месту происхождения условия – плесецкий (средняя тайга Архангельской области), балгазынский (горная лесостепь Тывы), чемальский (горная тайга республики Алтай) и енисейский (южная тайга Средней Сибири).

Анализ динамики радиального роста сосны в разных пунктах испытания показал, что исследуемые климатипы в лесостепи и южной тайге имеют разные типы роста. В условиях лесостепи значительно раньше (в 9 лет), чем в южной тайге (в 12-16 лет) отмечается наступление максимальных приростов у климатипов сосны, затем происходит резкий спад роста. Исключение составляет енисейский климатип, который сохраняет тип роста, присущий ему в условиях южной тайги на темно-серой лесной почве.

В пунктах испытания у большинства деревьев исследуемых климатипов сосны выявлены годовые кольца с аномальным развитием поздней древесины, выражающимся в образовании трахеид с большим просветом уже после сформированных обычных клеток поздней древесины. Такие изменения носят названия «светлые кольца», «флуктуация плотности поздней древесины» или «ложные кольца» в зависимости от характера и степени нарушения в годовом кольце. Эти явления, приводящие к существенному уменьшению плотности годового кольца и ухудшению качества древесины, не частые и зависят в основном от соотношения влаги в начале и в конце вегетационного сезона. Наличие или отсутствие подобных изменений в поздней древесине может быть диагностическим признаком в различии между контрастными по происхождению климатипами. Например, все исследуемые деревья чемальского климатипа с юга ареала в годы с погодными условиями, способствующими формированию «ложных колец», в пунктах испытания имеют ярко выраженные характерные изменения в поздней древесине. Деревья енисейского климатипа, исследуемого в южной тайге в Богучанском лесничестве, не имеют ярко выраженных изменений параметров в поздней древесине, но на участке в лесостепи в Сузунском лесничестве у двух из десяти деревьев этого климатипа отмечается увеличение радиального размера и площади просвета трахеид в поздней древесине. В целом в лесостепи у исследуемых климатипов сосны выявлено больше годовых колец с флуктуацией плотности в поздней древесине, чем в южной тайге.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 14-04-31366).

ANALYSIS OF RADIAL GROWTH AND LATEWOOD FEATURES OF SCOTS PINE IN PROVENANCE TRIALS IN WESTERN AND CENTRAL SIBERIA

Kuzmin S.R.¹, Rogovtsev R.V.²

¹ V.N. Sukachev Institute of Forest of, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia, skr_7@mail.ru

² Centre of Forest Protection, Novosibirsk., Russia, rvr79@mail.ru

The objects of research are six Scots pine climatotypes growing in the provenance trials in forest-steppe in Suzun forestry of Novosibirsk oblast and in southern taiga in Boguchany forestry

in Krasnoyarsk krai. These climatypes are: Boguchany and Suzun (control in each trial place) and climatypes from contract origin places: Plesetsk (middle taiga of Arkhangelsk oblast), Balgazyn (mountain forest-steppe of Tyva), Chermal (mountain taiga of Altai Republic), Eniseysk (southern taiga of Central Siberia).

Analysis of radial growth dynamics of pine in different trial places showed that studied climatypes in forest-steppe and southern taiga have different types of growth. In forest-steppe the beginning of maximal radial increments comes much earlier (at 9 years old) than in southern taiga (at 12-16 years old). After it the strong decline is. The exception is Eniseysk climatype which keeps the similar type of growth that is in conditions of southern taiga on dark-grey forest soil.

In the places of trials for the majority of trees of studied pine climatypes were revealed tree rings with anomalous latewood development which is characterized by formation of tracheids with much higher lumen area than first fully formed latewood cells have. Such effects usually called as «light rings», «density fluctuations» or «false rings» against the character and degree of tree ring disturbance. These effects which lead to significant wood density decline and lower quality of wood are rare and mainly depend on relation of moisture between first and second part of vegetation season. The presence or absence of such changes in latewood could be diagnostic feature of differences between climatypes with contrast origin places. For example, all studied trees of Chermal climatype have typical changes in latewood in years with specific for «false rings» weather conditions. Trees of Eniseysk climatype studied in southern taiga in Boguchany forestry have no expressions of such changes of tracheids in latewood but in forest-steppe in Suzun forestry two of ten trees of this climatype have wood density fluctuation in latewood. In general, in forest-steppe studied climatypes have more cases of density fluctuations than in southern taiga.

Supported by RFBR (№ 14-04-31366).

ДИНАМИКА РОСТА КЛИМАТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ – КАНДИДАТОВ В СОРТА-ПОПУЛЯЦИИ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ

Кузьмина Н.А., Кузьмин С.Р.

Институт леса им. В.Н. Сукачева, Россия; kuz@ksc.krasn.ru

В результате исследований географических культур в Богучанском лесничестве Красноярского края по комплексу хозяйственно-ценных признаков выделены и рекомендованы кандидатами в сорта-популяции перспективные климатипы сосны. Из 84 исследуемых климатипов отобраны 19 климатипов для песчаных дерново-подзолистых почв, и 15 – для суглинистых темно-серых лесных.

Результаты анализа динамики годичных приростов в высоту и по диаметру, а также длительный фитопатологический мониторинг, показывают, что объективные выводы по отбору перспективных климатипов возможны только после достижения 25 летнего возраста сосны. Это связано с тем, что максимальные приросты в высоту и по диаметру у климатипов сосны в географических культурах в условиях южной тайги наступают в разном возрасте. Например, климатипы с юга ареала сосны имеют максимальные приросты в 11-14 лет, северные – в 14-22 года. Местный климатип и климатипы из северных регионов способны формировать максимальный радиальный прирост в течение более длительного времени (от 3 до 7 лет), чем южные (от 1 до 3 лет) (Кузьмин и др., 2013).

Заболевания сосны, вызванные грибными патогенами (фацидиоз, ценангиевый некроз) в возрасте 8 и 23-25 лет, также оказали существенное влияние на рост климатипов сосны. Повреждение и элиминация более 50% хвои и почек верхушечных побегов, восприимчивых к патогенам климатипов, привели к остановке роста в высоту, нарушениям деятельности камбия и формирования клеток ксилемы (Кузьмин, 2012).

В настоящее время, с целью объективной оценки перспективности отбора климатипов в сорта-популяции, проведен анализ динамики интенсивности роста и рангового положения климатипов сосны за 37-летний период.

Подтверждается, что ранговое положение исследуемых климатипов в разные возрастные периоды значительно меняется в связи с их биологическими особенностями и разной реакцией на изменение экологических факторов. По характеру роста между климатипами сосны отмечаются существенные различия в пределах каждого экспериментального участка. Выявлены климатипы сосны, которые в годы после посадки (до 10-15-летнего возраста) имели хороший рост, затем ранговое положение их роста значительно снизилось. Многие климатипы сосны, рекомендованные в сорта – популяции, напротив, в первые 15 лет жизни имеют низкие показатели роста, но позднее, в возрасте 20-35 лет успешно конкурируют с местным климатипом и существенно превосходят его. Среди перспективных климатипов особенно выделяются два, из Карелии и Сибири, стабильно имеющие высокое ранговое положение по интенсивности роста, начиная с возраста семян на питомнике и до настоящего времени.

GROWTH DYNAMICS OF SCOTS PINE CLIMATYPES – CANDIDATES INTO BREED-POPULATIONS IN THE PROVENANCE TRIAL

Kuzmina N.A., Kuzmin S.R.

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia;
kuz@ksc.krasn.ru

On the base of economically valuable features studied in the provenance trial in Boguchany forestry of Krasnoyarsk krai perspective pine climatypes were revealed and recommended as candidates to breed-populations. Among 84 studied climatypes 19 climatypes were selected for sandy sod-podzol soils and 15 – for loam dark-grey forest soils.

Analysis of annual height and radial growth dynamics and long-term phytopathological monitoring showed that objective conclusions about perspective climatypes could be possible only after 25-years old of pine trees. The reason of it is that maximal height and diameter increments of climatypes in conditions of provenance trial are came at different age. For example climatypes from the south of pine areal have maximal increments at the age of 11-14 years, northern ones – at the age of 14-22 years. The local climatype and climatypes from northern regions could form maximal radial increment during longer period of time (from 3 up to 7 years) than southern ones (from 1 up to 3 years) (Kuzmin et al., 2013).

Diseases caused by fungal pathogens (snow blight, cenangium dieack) at the age of 8 and 23-25 years had significant impact on pine climatypes growth. Damage and elimination of 50% of needles and apical sprouts buds of pathogen sensitive climatypes led to apical growth stop, disturbances of cambial activity and zylem cells formation (Kuzmin, 2012).

The analysis of growth intensity and rank position of pine climatypes for 37-years period for the purpose of objective assessment of availability of climatype selection into breed-populations was completed in current moment.

It was confirmed that rank position of studied climatypes could be changed significantly in different age stages in connection with climatype's biological features and different reaction to ecological factors changing. Within each experimental plot between pine climatypes significant differences in growth type are observed. Pine climatypes with good growth in the first 10-15 years and with significant decline of growth in next years were revealed. Many climatypes which are recommended into breed-populations during first 15 years had lower values of growth but later at the age of 20-35 years they successfully competed with local one and exceeded it. Among perspective climatypes the special ones are two: from Karelia and Siberia. They have stable high rank position in growth intensity from seedlings till present time.

GENETIC IMPROVEMENT FOR GROWTH PERFORMANCE TO PRODUCE HIGHER BIOMASS IN *Gmelina arborea* ROXB.

Kumar A.

Division of Genetics and Tree Propagation, Forest Research Institute P.O. IPE, Kaulagarh Road, Dehradun 248 195, India; ashok@icfre.org, akcgt@gmail.com

Key words: biomass, diversity, genetic improvement, *Gmelina arborea*.

Gmelina arborea Roxb. is widely been grown in tropical and sub-tropical countries, and occupies important place as raw materials for pulp and paper making when harvested in early stages and becomes excellent timber when grown for longer durations. The centre of diversity for the species is expected to be northeastern states of India from where it seems to have been distributed to other parts of the World. The genetic improvement of the species for increased biomass was started by selecting 119 plus trees from eastern and northeastern parts of India to establish gene banks and first generation seed orchards. Further, half-sibs for 49 genotypes were established across geographical locations to evaluate growth performance, stability and adaptability under G x E interactions as well as to estimate heritability, genetic advance and diversity particularly for traits of economic importance. Maximum survival was recorded in Teliamura, Tripura (70 %) and Imphal, Manipur (62 %). Mean height at Teliamura was recorded to be exceptional with mean increment of 2.69 m against 0.48 m at Imphal. Similarly, mean collar diameter was recorded to 11.20 cm and 4.5 cm with annual increment of 4.70 and 0.33 cm respectively for Teliamura and Manipur. Among the genotypes, progeny No. 39 and 106 were found to be performing exceptionally well both for height and collar diameter across the locations and durations. In fact, both these genotypes were recorded to be top rankers. Though early performance has revealed exciting information, evaluation for longer period needs per se to be conducted for over the years to genetic worth for production of higher biomass.

DIVERSITY ANALYSIS FOR *Dalbergia sissoo* ROXB. AND ITS STRATEGIC EXPLOITATION IN SEED ORCHARDS

Kumar A., Dobhal S., Sharma S.

Division of Genetics and Tree Propagation, Forest Research Institute
(Indian Council of Forestry Research and Education), P. O. New Forest, Dehradun 248 195,
India; ak_meena@yahoo.com, ashok@icfre.org

Key words: *Dalbergia sissoo*, genetic divergence, RAPD, similarity coefficient.

Dalbergia sissoo Roxb. is an important source for production of quality wood for furniture industry and now is being promoted as an excellent source of pulp wood when harvested at early age. However, the species is under tremendous pressure not only due to overexploitation both from natural forests and plantations but severely attacked with an important fungus called *Fusarium solani* to cause dieback in all groups of trees particularly fully mature trees. The available literature amply indicates that such large scale devastations are taking place due to poor diversity level of plantation forestry. It therefore became inevitable to formulate appropriate plans to understand to genetic diversity of the species and chalk out strategies for optimal use of genetic diversity both in production forestry and further genetic improvement including conservation. Though morphological markers play significant role in identification of elite genotypes and their commercialization through conventional methods, complementing with DNA-based molecular markers strengthen process further both in diversity analysis and germplasm characterization. The diversity of forty clones was thus analyzed using randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) markers by selecting 30 decamer primers based on preliminary PCR amplification which were further reduced to 10 purely on polymorphism. A total of 129 distinct DNA fragments (bands) were amplified from which polymorphism for 104 bands ranged from 200 to 1300 bp. The number of amplified bands per clone varied from 11 to 15 and polymorphism percentage ranged from 18.18 to 100, with an average of 79.23. The

analysis indicated that average gene diversify for forty clones was 0.20 which was validated to be poor with PIC value of 0.20. The genetic similarity analysis showed wide range of variability among the clones and Jaccard similarity coefficient ranged from 0.66 to 0.95. The maximum similarity was found between clone 10 and 12 and the most dissimilar clones were 9032 and 5030, with minimum similarity coefficient of 0.66. Forty clones were first grouped into two clusters and cluster I was further divided in seven sub-clusters. The largest sub-cluster II consisted of 12 clones followed by cluster I (11 clones) and cluster VI (7 clones), whereas IV, VII and VIII consisted of single clone each one. In fact, clone 5022 was found to be the most divergent clone and could be used for a number of combinations to be established in the seed orchards and used as parent in hybridization programs.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КЛИМАТИПА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* SUBSP. *KULUNDENSIS*) В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Маленко А.А.¹, Гаврюшов В.И.², Роговцев Р.В.³

¹Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия; malenko51@mail.ru

²Департамент лесного хозяйства Новосибирской области, Новосибирск, Россия

³Филиал ФБУ «Рослесозащита» – «ЦЗЛ Новосибирской области», Новосибирск, Россия

По мнению Л.Ф. Правдина (1971) географические культуры являются основным средством для изучения географической изменчивости наследуемых свойств лесных пород.

Изучение географической изменчивости сосны обыкновенной проведено в 2008 г. на объекте географических культур в Сузунском лесничестве (кв. 120, выд. 14,15) Сузунского лесхоза Новосибирской области. Посадка проведена весной 1976 г. 2-летними сеянцами с начальной густотой 4,7-5,1 тыс. шт./га. Руководство работами осуществляли научные сотрудники ЦНИИЛГиС кандидаты с.-х. наук В.В. Кулаков, Ю.Н. Ильичев и главный лесничий Сузунского леспромхоза кандидат с.-х. наук В.К. Кравцев. Всего было высажено 37 климаэкотипов сосны, охватывающих территорию произрастания рода *Pinus* бывшего СССР.

Для изучения географической изменчивости сосны обыкновенной был взят климатип сосны обыкновенной (*P. sylvestris* subsp. *Kulundensis*) из Долонского лесхоза Семипалатинской области, который сформировался в крайне жестких лесорастительных условиях юго-западной части ленточных боров, отнесенной к области «сухого лесоводства» (Голубинский, 1934; Маленко, 2012). При изучении лесоводственно-таксационных показателей были испытаны 7 климаэкотипов сосны из сибирского, северного и юго-западного происхождения. Контролем служил климатип Сузунского лесничества Новосибирской области. Средняя площадь каждого варианта составила 0,098 га.

Первоначальные данные о развитии исследуемых географических культур оказались следующие: средняя приживаемость сеянцев сосны всех экотипов за первый год роста составила 82,5%, а за второй год – большинство экотипов имели значительный отпад, особенно из южных (Долонский – 69,8 %) и северных (Красноярский край – 47,8%) областей. На третий год отпад всех экотипов резко сократился. Наибольший прирост по высоте имели культуры Сузунского (32 см) и близких ему по климатическим условиям климатипов, а наименьший – в культурах сосны Красноярского края и Семипалатинской области (16-20 см). Аналогичная неравномерность прироста отмечена в культурах и по диаметру стволиков.

В 32-летнем возрасте большая сохранность сосны отмечена в культурах на контроле (50,2%) и Чемальского (48,9%) лесхоза Республики Алтай, а меньшая – в Сургутском (26,5%) и Камышенском (27,5 %) лесхозах Тюменской и Волгоградской областей. Средняя сохранность культур отмечена у сосны Долонского (39,0%),

Вихорьевского (36,5%) и Плисецкого (34,1%) лесхозов Иркутской и Архангельской областей.

Согласно полученным данным, по результатам роста и продуктивности лидировал Сузунский (контрольный) экотип (средняя высота – 17,8 м, диаметр – 14,8 см, запас – 370 м³/га). Близкими к местной сосне, по показателям роста и запасам были культуры: Вихорьевского лесхоза Иркутской и Камышенского Волгоградской областей. Существенно уступали по исследуемым показателям (в порядке убывания) климатипы из Республики Алтай и Архангельской области с показателями: средняя высота – 15,2-14,8 м, диаметр – 15,6-16,5 см, запас – 320-268 м³/га). Наименьшие показатели имели культуры Тюменской и Семипалатинской областей (средняя высота – 13,9-14,8 м, диаметр – 15,2-14,8 см, запас – 165-240 м³/га) соответственно.

Таким образом, в условиях лесостепной зоны юго-востока Западной Сибири лучшие показатели роста и продуктивности имеют культуры сосны местного (Новосибирская область) климатипа, чем других регионов. В сравнении с ними, климатип Долонского лесхоза Семипалатинской области имеет наиболее низкие показатели.

RESULTS OF TESTING THE CLIMATYPE OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* SUBSP. *KULUNDENSIS*) IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE SOUTH-EAST OF WEST SIBERIA

Malenko A.A.¹, Gavryushov V.I.², Rogovtsev R.V.³

¹Altai State Agrarian University, Barnaul, Russia; malenko51@mail.ru

²Department of Forest Management of Novosibirsk region, Novosibirsk, Russia

³The Branch of FBU “Roslesozashchita” – “TsZL of Novosibirsk region”, Novosibirsk, Russia

According to L.F. Pravdin (1971), provenance tests are a key tool for the study of the geographic variability of inherited properties of forest trees.

Our study of the geographic variability of Scots pine is held in 2008 on the object of provenance trials in Suzun forest district (wood compartment 120, subcompartment 14,15) of Suzun forestry of Novosibirsk region. Planting was fulfilled in the spring of 1976 with 2-year-old seedlings under initial density of 4.7 -5.1 thous. plants per ha. Supervision was carried out by the scientists of the TsNIILGiS Institute, Ph.D V.V. Kulakov, Yu.N. Ilchev and Chief Forester of Suzun forest farm Ph.D V.K. Kravtsev. A total of 37 climaecotypes of the *Pinus* genus were planted covering the territory of the former USSR.

To study the geographical variability of Scots pine, its climatype (*P. sylvestris* subsp. *Kulundensis*) was taken from the Dolonsk forestry of Semipalatinsk region, that emerged in the extreme site conditions of the south-western part of the belt-like pine forests, attributed to the “dry forestry” region (Golubinskiy, 1934; Malenko, 2012). When studying forestry-taxation indices, 7 Scots pine climaecotypes from Siberian, Northern and South-Western proveniences were tested. The *Pinus* climatype from Suzun forestry of Novosibirsk region was served as control variant. The average size of each variant was 0.098 ha.

Initial data on the development of the provenance trials studied were as follows: average survival rate of pine seedlings of all ecotypes for first year growth amounted to 82.5%, and for the second year the majority of ecotypes have significant mortality, particularly from the southern (Dolonsk - 69.8%) and northern (Krasnoyarsk territory - 47.8%) proveniences.

For the third year the mortality of all ecotypes declined sharply. The greatest height growth had the plantation of Suzun climatype (32 cm) and the plantations close it according to climatic conditions and the smallest – the climatypes from the Krasnoyarsk territory and the Semipalatinsk region (16-20 cm). A similar irregularity is noted in the tree growth according to stem diameter.

At the age of 32 years the greatest pine survival was featured in the plantation of the control variant (50.2%) and Chemalskiy forestry of the Republic Altai (48.9%), and the least one from the Surgut (26.5 %) and Kamyshensk (27.5%) forestry of Tyumen and Volgograd regions.

Average tree survival was marked in pines from the Dolonsk (39.0%), Vikhor'evsk (36.5%) and Plisetsk (34.1%) forestry of Irkutsk and Arkhangelsk regions.

According to the results of growth and productivity received, Suzunsk (control) ecotype was as a leader (average height is 17.8 m, diameter 14.8 cm, stem volume 370 m³/ha). Close to the local pines, in terms of growth and stem volume, were plantations from the Vikhor'evsk forestry of the Irkutsk region and from the Kamyshensk one of the Volgograd region. Significantly inferior to the studied parameters (in descending order) were the climatypes of the Altai Republic and Arkhangelsk region with the following indices: average height 14.8-15.2 m, stem diameter 16.5-15.6 cm, stem volume 320-268 m³/ha). Lowest had Plantations of Tyumen and Semipalatinsk regions (average height 13.9-14.8 m, diameter 15.2-14.8cm, stem volume 165-240 m³/ha), respectively.

Thus, in the conditions of the forest-steppe zone on the South-East of Western Siberia the best indices of growth and productivity have the plantations of local Scots pine climatype (Novosibirsk region) as compared to the other regions. In comparison to them, climatype from Dolonsk forestry of the Semipalatinsk region has the lowest rates.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НЕКОТОРЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *POPULUS NIGRA* L. НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

Мартыненко Н.А.¹, Боронникова С.В.^{1,2}

¹ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», nikita-martyненко@yandex.ru

²Естественнонаучный институт ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, Россия

В Европе 99% пойменных биоценозов утеряно в результате использования берегов рек, интенсивного использования поймы в качестве пастбища, заготовки древесины, деформации и полного исчезновения пригодных берегов водоёмов из-за водопользования и регуляции рек. Реализация стратегии сохранения биоразнообразия требует исследования генетического разнообразия популяций *P. nigra* во взаимосвязи со степенью изменения фитоценозов в пойменных участках рек. Целью данной работы является изучение генетического разнообразия и генетической дифференциации двух популяций *P. nigra*, расположенных на разных участках поймы реки Белой на Южном Урале.

Исследованы две популяции *P. nigra* на территории республики Башкортостан: первая популяция расположена в среднем течении реки Белой около г. Стерлитамак, а вторая – в нижнем течении этой реки около г. Бирск. Расстояние между изученными популяциями составляет 170 км. Для молекулярно-генетического анализа *P. nigra* были собраны листья с 32 случайно выбранных деревьев на расстоянии не менее 50 м друг от друга. Для выделения ДНК использовали модифицированную методику S.O. Rogers с использованием в качестве детергента СТАВ+PVPP (цетилтриметиламониум бромид и поливинилпириролидон). Концентрацию ДНК определяли с помощью спектрофотометра NanoDrop 2000 («Thermo Scientific», USA).

Молекулярно-генетический анализ проведен с использованием микросателлитных (SSR- Simple Sequence Repeats) маркеров; избраны семь микросателлитных локусов: ORNL214, PMGC14, wpms09, wpms20, wpms17, wpms14, wpms15. Праймеры подобраны по литературным данным. Фрагментный анализ произведён на секвенаторе GenomeLab GeXP производства Beckman Coulter (USA) в Федеральном научно-исследовательском центре лесов, опасных природных явлений и ландшафта в Вене в Австрии (Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape, Department of Genetics, Austria). Для проведения компьютерного анализа данных был использован макрос GenAIEx6.5 для MS EXCEL.

Установлено, что попарное значение показателя генетической дифференциации Райта между двумя изученными нами популяциями *P. nigra* очень низкое ($F_{st}=0.026$). Эти

данные сопоставимы с результатами других исследований тополей в Европе, в которых отмечено, что генетическое разнообразие выше у популяций, находящихся ниже по течению рек. В изученных нами популяциях *P. nigra* уровень наблюдаемой гетерозиготности выше во второй популяции ($H_o=0.657$), находящейся ниже по течению по сравнению с этим же показателем во второй популяции ($H_o=0.620$), расположенной в среднем течении реки. С целью сохранения вида *P. nigra* необходимо, прежде всего, охрана его местонахождений, изучение влияния абиотических факторов на популяционные системы, исследование генетического разнообразия, генетической структуры и дифференциации популяций *P. nigra*.

Выражаем искреннюю благодарность доктору Б. Хайнце и Р.Слански за помощь при проведении фрагментного анализа в Федеральном научно-исследовательском центре лесов, опасных природных явлений и ландшафта (Вена, Австрия).

Работа выполнена при финансовой поддержке задания 2014/153 государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России (проект 144, № гос. рег. 01201461915).

GENETIC DIVERSITY OF SOME POPULATIONS OF *POPULUS NIGRA* L. IN THE SOUTH URAL

Martynenko N.A.¹, Boronnikova S.V.^{1,2}

¹Perm State National Research University, Department of Botany and Plant Genetics, Perm, Russia; nikita-martynenko@yandex.ru

²Natural-Science Institute of Perm State University, Perm, Russia

In Europe, 99% of floodplain ecosystems lost as a result of the use of the river banks, the intensive use of the floodplain for pasture, timber, deformation and the complete disappearance of suitable shores of water bodies due to water use and regulation of rivers. Realization of strategy of biodiversity conservation requires the study of the genetic diversity of populations of *P. nigra* in the relationship with the degree of change of the floodplains ecosystems. The aim of this work is to study the genetic diversity and genetic differentiation of two populations of *P. nigra*, located in different parts of the Belaya River in the southern Urals.

Two populations of *P. nigra* was studied in the territory of the Republic of Bashkortostan: the first population is located in the middle region of the Belaya River near the town Sterlitamak, and the second - in the lower region of the river near the town Birsik. The distance between the studied populations is 170 km. For molecular genetic analysis of *P. nigra* leaves were collected from 30-32 randomly selected trees at a distance of 50 m from each other. DNA isolation was using a modified procedure of S.O. Rogers, using as detergent CTAB + PVPP (Cetyl trimethylammonium bromide+Polyvinylpolypyrrolidone).DNA concentration was measured using spectrophotometer NanoDrop 2000 («Thermo Scientific», USA).

Molecular genetic analysis was performed using microsatellite (SSR- Simple Sequence Repeats) markers; elected seven microsatellite loci: ORNL214, PMGC14, wpms09, wpms20, wpms17, wpms14, wpms15. The primers are selected according to the literature. Fragment analysis is made by sequencer GenomeLab GeXP production Beckman Coulter (USA) in the Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape, Department of Genetics, Austria. For computer analysis of the data was used the macro GenAlEx6.5 MS EXCEL.

It was found that the value of the pairwise Wright's index of genetic differentiation between the two studied populations of *P. nigra* is very low ($F_{st} = 0.026$). This data are comparable with other studies of poplars in Europe, in which noted that genetic diversity is higher in populations located downstream rivers. In the studied populations of *P. nigra* level of observed heterozygosity higher in the population ($H_o = 0.657$), located in the downstream of the river compared with the same index in the second population ($H_o = 0.620$), located in the middle of the river. In order to conservation the species *P. nigra* is necessary, first of all, the protection

of its location, the study of the influence of abiotic factors on population systems, the study of genetic diversity, genetic structure and population differentiation of *P. nigra*.

We express our sincere thanks to Dr. B. Heinze and R. Slunsky for help with the fragment analysis at the Federal Research Centre for Forests, natural hazards and landscape (Vienna, Austria).

This work was financially supported by the task 2014/153 (number 01201461915) of public works in the field of scientific activity within the base of the public task of the Russian Ministry of Science.

СОХРАНЕНИЕ ГЕНОФОНДА СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ В УСЛОВИЯХ ЮГА СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Матвеева Р.Н., Братилова Н.П., Буторова О.Ф., Щерба Ю.Е.

Сибирский государственный технологический университет, Россия; selekcia@sibgtu.kts.ru

Важной проблемой лесного хозяйства является сохранение генофонда древесных растений. Сосна кедровая сибирская является ценной лесообразующей породой Сибири. Формовое разнообразие данного вида проявляется в разных лесорастительных условиях. В связи с негативными природными факторами (пожары, шелкопряд и др.) происходит обеднение генофонда данного вида, на формирование которого потребовалось несколько веков.

С целью сохранения генофонда, ускоренного размножения и выращивания посадочного материала в СибГТУ проводятся исследования в следующих направлениях:

- создание плантаций I и II поколений с использованием семян, собранных в насаждениях, произрастающих в различных условиях, отличающихся высотой над уровнем моря, шириной, долготой, типом леса, составом насаждения, классом бонитета и др.;
- создание гибридно-семенных плантаций с целью получения гибридных семян от переопыления пыльцой деревьев других происхождений;
- размножение плюсовых деревьев, аттестованных по семенной и ствольной продуктивности, изучение изменчивости растений в семьях и клонах;
- проведение селекционной оценки деревьев на созданных плантациях, отбор маточных по хозяйственно ценным признакам: на ствольную, семенную продуктивность и экологическую эффективность;
- размножение отселектированных деревьев вегетативным (прививка, черенкование) и семенными способами;
- декапитация кроны на плантациях с целью изучения формирования шишек на нижних ветвях и формирования низкостамбовых деревьев;
- установление элитности материнских деревьев с определением общей и специфической комбинационной способности;
- ускоренное выращивание посадочного материала с применением микроэлементов и стимуляторов роста (CuSO_4 , H_3BO_3 , KMnO_4 , гиббереллин, гетероауксин и др.);
- разработка элементов ранней диагностики хозяйственно ценных признаков;
- разработка способов длительного хранения резервного фонда семян с применением химических веществ (силикагель, гидроокись кальция, активированный уголь и др.) и созданием определенных условий (температура, влажность семян и др.).

PRESERVATION OF THE GENE POOL OF SIBERIAN STONE PINE IN SOUTH OF CENTRAL SIBERIA

Matveeva R.N., Bratilova N.P., Butorova O.F., Scherba Ju.E.

Siberian State Technological University, Russia; selekcia@sibgtu.kts.ru

An important issue of forestry is the preservation of tree species gene pool. Siberian stone pine is basically a valuable forest forming timber species in Siberia. The variety of forms is

in different site conditions. The adverse natural factors (fires, silkworm, etc.) impoverish of the gene pool of this species, the formation of which took several centuries.

In order to preserve the gene pool, the rapid reproduction and cultivation of planting material in the SibSTU carries out research in the following areas:

- the establishment of plantations I and II generations using seeds collected in forests growing in different environments, different height above sea level, latitude, longitude, forest type, composition of plantations, quality class, etc.;
- create hybrid-seed plantation to produce hybrid seeds from pollination of pollen of trees of other origins;
- reproduction of plus trees, certified by seed and stem productivity, study of the variability of the plants in families and clones;
- the selection of trees on plantations, selection of trees on valuable characteristics: on the stem, seed production and eco-efficiency;
- reproduction of selected trees by vegetative (graftings, cuttings) and seed methods;
- pruning of crowns on plantations in order to study the formation of bumps on the lower branches and the formation of the trees with low trunk;
- the definition of elite value parent trees with the definition of general and specific combining ability;
- the accelerated production of planting material by application of micro elements and growth - stimulators (CuSO_4 , H_3BO_3 , KMnO_4 , gibberellin, heteroauxin etc.);
- elaboration of the elements of the early diagnosis of valuable traits;
- development of ways of reserve fund long-term storage of seeds with chemicals (calcium hydroxide, silica gel, activated carbon, etc.) and the creation of certain conditions (temperature, moisture of the seed, etc.).

МУЖСКАЯ ГЕНЕРАТИВНАЯ СИСТЕМА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ

Махнева С.Г.

Ботанический сад УрО РАН, Россия; makhniovasg@mail.ru

Сосна обыкновенная широко распространена в лесных экосистемах Среднего и Южного Урала. Имея огромное экологическое и хозяйственное значение, древостои сосны обыкновенной, чувствительной к техногенному загрязнению, реагируют изменением продуктивности, численности и генетической структуры популяций. Воспроизводство сосны в природных условиях возможно только семенным путем. Качество и количество пыльцы являются лимитирующими факторами репродукции, что определяет актуальность нашего исследования.

Объектами исследования были культуры и естественные древостои сосны обыкновенной 2-3-го классов возраста, произрастающие в градиенте техногенного загрязнения в промышленных центрах Среднего и Южного Урала. Основными источниками аэрополлютантов в районах исследований являются Полевской криолитовый завод, Среднеуральский медеплавильный завод, Рефтинская ГРЭС, Саткинский магнизитовый комбинат, которые характеризуются различиями по объемам и составу загрязняющих веществ и формируют разные по протяженности и характеру загрязнения зоны.

Определяли обилие, морфометрические показатели мужских шишек, фертильность пыльцы по комплексу морфологических, цитологических и гистохимических признаков; жизнеспособность пыльцы, качественные и количественные параметры пыльцевых трубок пыльцы разных цветопыльниковых форм. Материал собирали в мае-июне с 20-45 деревьев 16-ти пробных площадей, оценивали состояние мужской генеративной системы каждого дерева и древостоя в целом.

Изучение мужской генеративной системы сосны в широком спектре условий среды позволило выявить некоторые общие закономерности микрогаметогенеза. Установлено, что расположение мужских шишек в кроне (экспозиция, ярус) не оказывает существенного влияния на качество пыльцы; однако при определении функциональных показателей следует учитывать различия в фенологических фазах микроспоро- и гаметогенеза. Наибольший вклад в эндогенную изменчивость качества пыльцы вносит расположение микростробила в мужской шишке – чем далее от основания, тем ниже значения исследуемых показателей. Различия по функциональным показателям могут достигать 50-70%.

Установлено, что число мужских шишек у сосны обыкновенной зависит от возраста дерева, формы кроны, сексуализации дерева, санитарного состояния, уровня техногенного загрязнения. При равных условиях атмосферного техногенного загрязнения в импактной зоне Саткинского магнетитового комбината значимым фактором развития мужской генеративной системы становятся благоприятные условия почвенного питания.

Результаты изучения мужской генеративной системы сосны разных цветопыльниковых форм указывают на снижение качества пыльцы краснопыльниковых форм, по сравнению с желтопыльниковыми, однако, малое число краснопыльниковых деревьев на всех пробных площадях и многообразие переходных форм (от ярко малиновых до зеленых с малиновыми точками) не позволяют статистически подтвердить выявленную тенденцию.

В древостоях сосны в импактных зонах промышленных предприятий формируется пыльца, фертильность и жизнеспособность (показатели прорастания пыльцы и развития пыльцевых трубок) которой достоверно ниже, чем в менее загрязненных и фоновых условиях. Степень снижения фертильности и жизнеспособности и преобладающие типы аномалий пыльцы определяются генотипом и условиями биотопа. Результаты исследования являются перспективными для биомониторинга, лесной генетики и селекции.

SCOTS PINE MALE GENERATIVE SYSTEM UNDER THE CONDITIONS OF TECHNOGENIC POLLUTION

Makhniova S.G.

Botanical garden, Ural Division of Russian Academy of Sciences, Russia;
makhniovasg@mail.ru

Scots pine is widely spread in forest ecosystems of the Middle and South Ural. Having vast ecological and economic importance, stands of Scots pine are sensitive to technogenic pollution and respond with the changes in productivity, numerosity and genetical structure of population. Naturally pine reproduction is possible with seeds only. Quality and quantity of pollen are the limitative factors of the reproduction, that determines the relevance of our research.

Objects of our research were cultures and natural stands of Scots pine of 2-3 age classes growing in the gradient of technogenic pollution located in industrial centres of the Middle and South Ural. The main sources of air polluting matters are Polevskoy cryolite plant, Sredneural'skiy copper-smelting plant, Reftinskaya GRES and Satkinskiy magnesite plant, those are different in quantity and composition of polluting substances and form areas different in extension and nature of pollution.

Abundance, morphometric values of male cons, pollen fertility on a complex of morphological, cytological and histochemical signs were defined. Also we determined pollen grow power, qualitative and quantitative parameters of pollen tubes in various colour-anther forms. The material was gathered from 20-45 trees in 16 test areas in May-June, condition of male generative system of each tree and the whole stand of trees was evaluated.

Studying of male generative system of pine under the wide range of environmental conditions allowed us to determine some general regularities of microgametogenesis. In the course of research were defined that location of male cons in the crown (exposition, storey) does not influence greatly the quality of pollen; however, defining functional performance difference in phenological phases of microspore - and gametogenesis should be taken into consideration. Location of microstrobe in the male con makes substantial contribution to variability of pollen quality – the farther its location from the basis the lower the value of studying indicators. The difference in functional performance may vary 50-70%.

It was defined that quantity of Scots pine male cons depends on the age of tree, crown's shape, tree sexualization, sanitary condition and the level of technogenic pollution. Favourable conditions of soil nutrition becomes the important factor of male generative system development under the equal conditions of atmospheric technogenic pollution in the impact zone of Satkinskiy magnesite plant.

Results of studying various colour-anther forms of pine male generative system shows decrease of pollen quality in red-anther forms in comparison with yellow-anther forms, however, low number of red-anther trees in all test areas and variety of transitive forms (vary from bright crimson to green with crimson spots) do not allow to confirm this tendency statistically.

The pollen, which fertility and grow power (pollen germination and development of pollen tubes) are authentically lower than in less polluted background conditions, is formed in the tree stands in the impact areas of industrial works. The degree of decrease in pollen fertility and grow power and prevailing types of anomalies are defined by genotype and biotype conditions. Research results are prospective for biomonitoring, forest genetics and selection.

ДИНАМИКА РОСТА И СОХРАННОСТИ РАЗНОПЛОИДНЫХ ГИБРИДОВ ТОПОЛЯ В УСЛОВИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Машкина О.С.^{1,2}

¹Воронежский государственный университет, Россия; olga_mashkina@yahoo.com

²Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии, Воронеж

Известно, что плантационное лесовыращивание с использованием быстрорастущих пород (в частности, тополя) и селекционно-улучшенного (сортового) материала – один из путей повышения продуктивности и устойчивости насаждений, интенсификации производства древесины для обеспечения сырьем лесоперерабатывающую промышленность. Плантационные культуры должны быть не только продуктивными, но и устойчивыми. Глобальное потепление климата привело в последние годы к увеличению числа засух в центральной части России, которые оказали негативное влияние и на лесные древесные растения. Особенно сильной засуха была в 2010 году.

С целью отбора перспективных для практического использования биотипов тополя, изучена динамика роста и состояние ранее созданных испытательных культур разноплоидных (триплоидных – $2n=3x=57$ и диплоидных – $2n=2x=38$) гибридов (24 клона, по 5-19 рамет каждый) в многолетней динамике (от года до 28-30 лет). Аутотриплоиды тополя белого (*Populus alba* L.) получены нами при использовании в гибридизации искусственно синтезированной с помощью повышенной температуры нередуцированной диплоидной ($2n$) пыльцы (Машкина, 1989), а два аллотриплоида (т. дельтовидный х т. бальзамический – *P. deltoides* Marsh. х *P. balsamifera* L.) – Е.М. Гуляевой (1980) при использовании $2n$ пыльцы, синтезированной с помощью колхицина. В качестве контроля использованы диплоидные клоны тополя бальзамического и быстрорастущего гибрида черных тополей (“Робуста-236”), а также всемирно известный аллотриплоидный гетерозисный клон “Воронежский гигант” (эс-38: дельтовидный х бальзамический) селекции М.М. Вересина (1989). В целом гибриды тополя белого проявили более высокую устойчивость к засухе. Причем, сохранность была выше у триплоидных гибридов (в среднем 56.3%) по сравнению с диплоидными (42.6%) и варьировала в зависимости от

генотипа исходного дерева от 0 до 100%. Наибольшая гибель растений трудноукореняемого тополя белого наблюдалась в первые три года после высадки черенковых саженцев в питомник, что может быть связано с недостаточно хорошо развитой корневой системой у растений, полученных обычным черенкованием. Напротив, у т. бальзамического, т. черного и межсекционных гибридов (дельтовидный х бальзамический) основная гибель растений наблюдалась после засухи 2010 г. Особенно сильно пострадал клон тополя бальзамического (сохранность 40%), в меньшей степени – клон тополя “Робуста-236” (сохранность 60%) и тополя эс 38 (сохранность 86.7%), что привело к снижению у них запаса древесины на 1 га к 30-летнему возрасту. Клоны двух анализируемых аллотриплоидных гибридов практически не пострадали от засухи (сохранность 100%), за исключением появления у них отдельных засохших побегов. В возрасте 30 лет их средняя высота составила 22-23 м, диаметр – 28-30 см, объем стволов 0.51-0.59 м³, расчетный запас древесины – 319-367 м³/га, что выше показателей (или не уступает им) клонов в контроле (т. бальзамического, стандартного сорта Робуста-236 и гетерозисного аллотриплоидного тополя эс 38). Не выявлено статистически достоверных различий по росту между группами диплоидных и триплоидных клонов тополя белого. В обеих группах отмечен полиморфизм клонов по росту в высоту и по диаметру. Отобрано 4 быстрорастущих, продуктивных и устойчивых к засухе гибрида (диплоидные – 184/82 и 136/82 и триплоидные – 65/81 и 143/82), которые представляют интерес для создания плантаций целевого назначения. В возрасте 28 лет (нижний предел возраста рубки) средняя высота деревьев составила 21-23 м; средний диаметр на высоте 1,3 м – 37-46 см; объем стволов – 0.96-1.42 м³; расчетный запас древесины на 1 га при размещении деревьев 4 х 4 м и сохранности 80-84% – 492-737 м³/га, что существенно выше показателей остальных изученных нами клонов тополя белого и приведенных в литературе для культур того же возраста.

GROWTH DYNAMICS AND SURVIVAL OF HETEROPOLOID POPLAR HYBRIDS IN VORONEZH REGION

Mashkina O.S.^{1,2}

¹Voronezh State University, Voronezh, Russia; olga_mashkina@yahoo.com

²Research Institute of Forest Genetic, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia

Establishment of forest plantations by using fast-growing species (such as poplar) and breeding improved material is known to be one of the ways of increasing their productivity and resistance. It is also a way for intensification of production of wood raw material for the wood processing industry. Woody plantations should be not only productive, but also resistant. In recent years, global warming resulted in increasing the number of droughts in the central part of Russia, which had a negative impact on the forest woody plants. Particularly severe drought was in 2010.

The growth dynamics of heteroploid (triploid – $2n = 3x = 57$ and diploid – $2n = 2x = 38$) poplar hybrids (24 clones, 5-19 plants for each clone) has been studied during a long-term period (from one year to 28-30 years). Autotriploids of white poplar (*Populus alba* L.) were obtained by us using in hybridization the unreduced diploid ($2n$) pollen induced by high temperature (Mashkina, 1989). Two allotriploids ($3x-1$ and $3x-2$, *P. deltoides* Marsh. x *P. balsamifera* L.) were obtained by E.M. Gulayeva (1980) using $2n$ pollen produced by colchicine treatment. As controls, the world-famous allotriploid heterosis clone "Voronezh giant" (*P. deltoides* Marsh. x *P. balsamifera* L.) obtained by M.M. Veresin (1989) and diploid clones of poplar and fast-growing black poplar hybrid ("Robusta-236") were used. In general, white poplar hybrids showed higher resistance to drought. However, the preservation of triploid hybrids was higher (average 56.3%) compared to diploid hybrids (42.6%), and varied depending on the genotype of initial trees from 0 to 100%. The greatest loss of plants of white poplar was observed during the first three years after planting of cutting seedlings in the nursery. It may be associated with poor

rooting of plants obtained from cuttings in the greenhouse. On the contrary, major loss of plants of *P. balsamifera* L. and intersectional hybrids (*P. deltoides* Marsh. x *P. balsamifera* L.) was observed after the 2010 drought. Especially high plant mortality was observed in *P. balsamifera* clone (preservation of 40%) and to a lesser extent in poplar "Robusta-236" (preservation of 60%) and poplar "Voronezh giant" (preservation of 86.7%). This led to decrease of wood stock per hectare by the 30-year age. Two clones of allotriploid hybrids (3x-1 and 3x-2) were hardly affected by drought (preservation of 100%), except for emergence of some withered shoots. At the age of 30 years, their average height was 22-23 m, diameter - 28-30 cm, volume trunks 0.51-0.59 m³, the estimated wood stock - 319-367 m³/ ha, which is higher than in the control clones (*P. balsamifera* L., fast-growing black poplar "Robusta-236" and allotriploid poplar "Voronezh giant"). There were no statistically significant differences in growth between groups of diploid and triploid white poplar clones. In the both groups, we observed polymorphism of clones in height growth and diameter. Four fast-growing, productive and drought tolerant hybrids (diploid - 184/82 and 136/82, triploid - 65/81 and 143/82) were selected, which are of interest for establishment of target forest plantations. At the age of 28 years (the lowest age for tree felling), the average height of trees was 21-23 m; the average diameter - 37-46 cm; volume trunks - 0.96-1.42 m³; the estimated wood stock - 492-737 m³/ ha, which is much higher than for the remaining white poplar clones studied and for the trees of the same age reported in the literature.

АНАЛИЗ ИЗУЧЕННОСТИ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ СИБИРИ

Милютин Л.И.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Россия; milyutin@ksc.krasn.ru

Как известно, лесные генетические ресурсы – это совокупность генофондов природных и культивируемых популяций лесных древесных растений, имеющих реальную или потенциальную ценность для определенной территории (Краткий словарь..., 2014). На практике в большинстве случаев лесные генетические ресурсы изучаются на примере лесообразующих видов древесных растений. Изученность этих ресурсов следует рассматривать с двух позиций: таксономической и географической.

С таксономической точки зрения с учетом видового биоразнообразия в Сибири наиболее полно изучены лесообразующие виды хвойных. При этом генетический полиморфизм наиболее детально исследован в популяциях таких видов, как сосна обыкновенная, сосна кедровая сибирская, лиственница сибирская, лиственница Сукачева, ель сибирская, пихта сибирская. Значительно слабее изучены популяции лиственницы Гмелина, лиственницы Каяндера, ели аянской. Практически нет материалов о генетическом полиморфизме лесообразующих мягколиственных пород – представителей родов *Betula* и *Populus*.

Кариологический полиморфизм достаточно хорошо изучен практически у всех сибирских видов хвойных. При рассмотрении этой проблемы следует особо отметить, что на примере ели сибирской были впервые обнаружены особи голосеменных растений с добавочными хромосомами. Особого внимания заслуживает обнаружение в Сибири деревьев триплоидной «исполинской» осины.

Географическая изменчивость наиболее широко представлена в исследованиях сосны обыкновенной, сосны кедровой сибирской, лиственницы сибирской, причем эти исследования проведены как в природных популяциях, так и в географических культурах. У других хвойных и мягколиственных пород, такие исследования или представлены лишь отдельными фрагментами, или вообще отсутствуют. В определенной мере географическая изменчивость сибирских видов хвойных отражена в действующем лесосеменном районировании

Обширные исследования, направленные на анализ морфологической изменчивости, проведены у всех лесообразующих видов, в первую очередь, хвойных. В этой проблеме актуальными остаются вопросы наследственной обусловленности тех или иных

морфологических признаков. Подобные вопросы касаются изменчивости и других признаков: фенологических особенностей, смолопродуктивности и др.

С точки зрения географии можно отметить общую характерную для всех видов особенность: лучшую изученность их генетических ресурсов в южных районах ареалов и соответственно худшую – в северных районах. Это относится практически ко всем видам, за исключением лишь лиственницы Каяндера, которая не распространена на юге Сибири. Отмеченная закономерность легко объясняется более трудной доступностью лесов северных районов Сибири. Конечно, северные леса характеризуются, как правило, низкой продуктивностью, но в то же время они имеют важное экологическое значение. Кроме того, северные леса в большинстве случаев представлены автохтонными насаждениями, что повышает ценность их генетических ресурсов. Необходимо также отметить, что исследования видов древесных растений у северных границ их ареалов (как и у южных) являются важным компонентом адаптивной селекции этих видов.

При анализе лесных генетических ресурсов Сибири следует учитывать специфику различных типов популяций древесных растений: изолированных, островных за пределами основного ареала; гибридных в зонах естественной межвидовой гибридизации и др.

ANALYSIS OF SIBERIAN FOREST GENETIC RESOURCES STUDY

Milyutin L.I.

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia;
milyutin@ksc.krasn.ru

It is known that forest genetic resources are the aggregate of genofonds of native and cultivate populations of forest woody plants, valuable really or potential for specific territory (A brief dictionary...2014). Forest genetic resources are studied in practice in most cases on example of forest-forming woody plants. It is necessary to consider of study of these resources in two positions: taxonomic and geographic

Forest forming coniferous species are studied best of all with taxonomic point of view took into account biodiversity. Genetic polymorphism is studied most in detail by such species as *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica*, *Larix sibirica*, *Larix sukaczewii*, *Picea obovata*, *Abies sibirica*. Populations of *Larix gmelinii*, *Larix cajanderi*, *Picea ajanensis* are studied considerable worse.

Materials about genetic polymorphism of forest forming foliage species – representative of genera *Betula* and *Populus* are absent Caryological polymorphism is studied sufficiently well in all Siberian conifer species. It should be note especially attached to examination of this problem, than individuals with B-chromosome were discover first by gymnosperms as an example *Picea obovata*. Discovery in the Siberia of triploid asp deserve of special attention.

Geographic variability is shoved most broad in the investigations of *Pinus sylvestris* *Pinus sibirica*, *Larix sibirica*. These investigations are conducted both in the natural populations and in the provenances trials. Such investigations of another conifer and foliage species either are shoved by separate fragments or are absent at all Geographic variability is shoved in a large measure in the operative forest seed sources regionalization.

Numerous investigations directed to analysis of morphological variability are conducted by all forest forming species in the first place by conifers. Questions of hereditary determination of either signs remain in this problem. Similar questions concern of the variability other signs: phonological peculiarities, resin productivity etc.

It can note with the geographic point of view general typical peculiarity for all species: best study of forest genetic resources in the south regions of areas and according worse one in the north regions. This fact concern of all species with the exception of *Larix cajanderi* which does not grow in the south of Siberia. Noted regularity is explained simply of more difficult availability of forests in the north Siberian regions. Certainly the north forests are characterized as a general rule of bad productivity, but they have the great ecological importance. Besides that

north forests are presented in most cases autochthonous stands that raise value of their genetic resources. It is necessary to note too that investigations of species woody plants by north border their areas (by south border too) are important component of the adaptive breeding their species.

It is necessary to take into account by analysis of Siberian forest genetic resources specific of different types populations of woody plants: isolated insular populations outside the main areas, hybrid populations in the zones of natural intraspecific hybridization etc.

**ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА «ГЕНОМИКА
ПАТОГЕНОВ, ПЕРЕНОСИМЫХ ИКСОДОВЫМИ КЛЕЩАМИ»**

Молородов Ю.И.¹, Тикунова Н.В.²

¹Институт вычислительных технологий СО РАН

²Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН

На территории значительной части России таежный клещ *Ixodes persulcatus* является основным видом среди нападающих на теплолюбивые организмы. Иксодовые клещи являются переносчиками множества вирусных, бактериальных и протозойных возбудителей заболеваний человека и животных.

Для России наиболее социально значимыми возбудителями природно-очаговых инфекций человека, переносимых клещами, являются боррелии и вирус клещевого энцефалита (ВКЭ).

Исследование территориальной заселенности различных видов клеща и последующее изучение молекулярных основ патогенеза и эволюции вируса клещевого энцефалита (ВКЭ) является одной из важных задач современной вирусологии.

**COMPUTER INFORMATION SYSTEM "GENOMICS OF TICKS BORNE
PATHOGENS"**

Molorodov Yu.¹, Tikunova N.²

¹Institute of Computational Technologies, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences

²Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine

In the territory of a large part of Russian taiga tick *Ixodes persulcatus* is the main among forwards in the calorific organisms. Ticks are vectors of many viral, bacterial and protozoan pathogens of humans and animals.

For Russia, the most socially important pathogens of natural focal infections of human tick-borne *Borrelia* are virus tick-borne encephalitis (TBE).

The study of territorial population of different kinds of mites and subsequent study of the molecular basis of pathogenesis and evolution of the virus tick-borne encephalitis (TBE) is one of the important tasks of modern virology.

**РАЗНООБРАЗИЕ И ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАПЛОТИПОВ
ГЕНА *NAD1* НА АРЕАЛЕ КОМПЛЕКСА *PICEA ABIES* – *P. OBOVATA***

Мудрик Е.А., Полякова Т.А., Шатохина А.В., Политов Д.В.

Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Россия; mudrik@vigg.ru

Разнообразие гаплотипов второго интрона гена *nad1* и их географическое распределение на ареале комплекса европейской и сибирской елей (*Picea abies* (L.) Н. Karst. – *P. obovata* Ledeb.) было исследовано в 32 природных популяциях и 16 провениенциях географических культур, представляющих Восточную Европу (Чехия, Польша, Белоруссия, Украина), Фенноскандию (Швеция), Прибалтику (Эстония), Европейскую часть России (Республика Карелия, Мурманская, Архангельская, Кировская, Вологодская, Тверская, Костромская, Московская, Рязанская обл., Республика Коми), Урал (Республика Башкортостан, Пермский край, Челябинская, Свердловская обл.),

Сибирь (Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский АО, Красноярский край, Иркутская обл., Республики Тыва, Хакасия, Бурятия и Саха (Якутия)), Дальний Восток (Хабаровский край) и Северо-Восток (Магаданская обл.) России. Гаплотипы южноевропейской группы были идентифицированы в Чехии (746^E, 842^E, 874^E, 938^E, 970^E) и Украине (746^E, 815^E). Польская и одна из белорусских выборок характеризовалась одновременным наличием североευропейского (721) и южноевропейского (815^E) вариантов, при этом в популяции из Польши основным гаплотипом являлся южный, а в белорусской – северный. Две другие популяции из Белоруссии обладали только североευропейскими гаплотипами. Североευропейская гаплогруппа второго интрона гена *nad1* (721, 755, 789, 823, 857, 891, 925) распространена от Швеции и Эстонии по всей Европейской части России, а также на Урале. Наиболее частый гаплотип – 721, содержит одну копию первого минисателлитного мотива размером 34 п.н., наиболее редкие – варианты с шестью (891) и семью копиями (925).

На всем протяжении сибирской, северо- и дальневосточной частей ареала комплекса *Picea abies* – *P. obovata* в основном распространен один вариант сибирской гаплогруппы – 712^O. Так же, как и наиболее частый в Северной Европе гаплотип 721, он характеризуется наличием одной копии первого минисателлитного мотива, однако сибирские варианты не обладают девятинуклеотидной инсерцией, что отличает их североευропейских. Полиморфизм второго интрона гена *nad1* в изученных нами выборках был выявлен только в двух популяциях: в Западном Саяне и Тыве. В Тыве были идентифицированы гаплотип 746^O, содержащий два повтора размером 34 п.н., а в Саянах впервые описан гаплотип с тремя копиями данного мотива – 780^O.

Медианная сеть гаплотипов демонстрирует обособленность южной гаплогруппы от североευропейской, а сибирские гаплотипы занимают промежуточное положение. Отсутствие в зоне интрогрессивной гибридизации европейской и сибирской елей, очерченной ранее по морфологическим и аллозимным маркерам, одновременного наличия североευропейских и сибирских гаплотипов указывает на более выраженные барьеры для распространения митохондриальной ДНК по сравнению с ядерными маркерами. Об этом свидетельствуют и данные анализа молекулярной дисперсии AMOVA: межпопуляционная компонента генетической изменчивости изученных выборок составляет 65 %, внутривидовая – 35 %. Высокое значение этого показателя указывает на сильную генетическую подразделенность европейских и сибирских популяций ели по мтДНК, вероятно, обусловленную затруднением потока генов с семенами (мтДНК наследуется только по материнской линии) через безлесные участки Западно-Сибирской равнины в плейстоцене и, возможно, через поймы крупных рек.

Работа поддержана проектами РФФИ № 14-04-31059 and № 15-04-07961.

DIVERSITY AND SPATIAL DISTRIBUTION OF NAD1 GENE HAPLOTYPES ACROSS THE PICEA ABIES – P. OBOVATA SPECIES COMPLEX RANGE

Mudrik E.A., Polyakova T.A., Shatkhina A.V., Politov D.V.

N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Russia;
mudrik@vigg.ru

Length and sequence variation among haplotypes of intron 2 of mitochondrial *nad1* gene have been studied in Norway and Siberian spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst. – *P. obovata* Ledeb.) species complex. 32 native populations and 16 provenances representing Czech Republic, Poland, Belarus, Ukraine, Sweden, Estonia, European Russia, the Urals, Siberia, the Far East and the Northeast were analyzed. The South European haplogroup was identified in populations from the Czech Republic (746^E, 842^E, 874^E, 938^E, 970^E) and Ukraine (746^E, 815^E). The admixture of South (815^E) and North (721) haplotypes was found in Polish population as well as in one provenience from Belarus (721, 823 and 815^E). Distribution of the North European haplogroup (haplotypes 721, 755, 789, 823, 857, 891, 925) is delimited in the west by

the Ural region inclusively. Haplotype 712^O is widespread in populations of Siberia, in the Far East and in the North-East of Russia. The rare Siberian haplotype 746^O containing two copies of the first minisatellite motif (34 bp) was found only in one population from Tyva. A novel variant of the Siberian haplogroup (780^O) containing three copies of that motif was recognized for the first time in the Western Sayan.

A constructed median haplotype network shows intermediate position of Siberian haplotypes between North European and South European haplotypes. The absence of admixture of North European and Siberian haplotypes in the zone of spruce species introgression previously marked by morphological traits and nuclear allozyme loci was demonstrated. This may evidence for the existence of more sharp geographic boundary between the two haplogroups as compared to phenotypic and allozyme data. A high proportion of inter-population component of variation (65%) estimated through AMOVA indicates a substantial genetic subdivision of European and Siberian populations of the Palearctic spruce complex by mtDNA that can be putatively explained by natural barriers for gene flow with seeds related, for instance, to the woodless regions of the West Siberian Plain in the Pleistocene and probable floodplains of large rivers.

This work was support by grants of Russian Foundation for Basic Research № 14-04-31059 and № 15-04-07961.

**РЕПРОДУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЮМЕНСКОЙ РАСЫ СОСНЫ
ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ ЕВРОПЕЙСКОГО
СЕВЕРА РОССИИ**

Наквасина Е.Н.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Россия;
nakvasina@yandex.ru

Потомства тюменской географической расы сосны обыкновенной (сургутская, заводоуковская провениенции) поступили на испытание в географических культурах государственной сети в 4-х пунктах Европейского Севера России: в подзонах северной (Мурманская область, 67°51'с.ш.), средней (Архангельская область, 62°54' с.ш. и Республика Коми, 61°41'с.ш.) и южной (Вологодская область, 59° 15'с.ш.) тайги в пределах от 32° 51' до 51° 31' в.д. Однако к 30-летнему возрасту культур тюменская сосна сохранилась лишь в пунктах испытания средней и южной подзон тайги (приживаемость сургутского потомства 35-60 %, заводоуковского – 4-51 %). На Крайнем Севере гибель потомства связана с выходом из-под снегового покрова в конце первого класса возраста.

Сургутская провениенция сосны обыкновенной показала высокую приживаемость и успешный рост, по сравнению с другими сибирскими экотипами, отличалась от близких по происхождению потомств по вступлению в репродукцию, начав генеративную фазу с образования макростробилов (также как местные и близкие к ним происхождения), редкие микростробилы появились на 5-7 лет позже. Тогда как ряд сибирских потомств сосны (томская, якутская, свердловские) начали вступление в репродукцию с образования микростробилов, аналогично южным и юго-западным, по сравнению с местом испытания, климатипам. В географических культурах южной подзоны тайги (Вологодская область) тюменская сосны вступила в семеношение в 6-летнем биологическом возрасте, в средней подзоне – на 4 года позже, одновременно с местной сосной. Потомство тюменской расы сосны с первых лет репродукции отличалось более высоким количеством семеносящих деревьев, в 10-летних культурах Вологодского пункта испытания в стадию репродукции вступило более 80% особей.

При наблюдениях обратили на себя внимание отличия тюменской популяции от местной европейской по структуре цветковых форм микростробилов. В обеих популяциях преобладала (более 70%) желтопыльниковая форма стробилов, однако у сибирской сосны их доля была на 9% меньше. Размеры (длина) колосков у сибирской

сосны значительно превосходили местную сосну: 31,6-32,4 см и 18,0-19,2 см соответственно, однако различия по числу пыльников на 1 сантиметр длины стержня стробила были незначительны (у архангельской сосны 17,0-17,6 шт., у тюменской 15,5-18,1 шт.). Возможно, в определенной мере это связано с различиями в наступлении фенологических фаз и потребности в их обеспечении теплом. Фазы пыления и цветения у сибирской сосны совпадали с местной сосной, что говорит о возможности переопыления, но все же у сибирской сосны продолжительность фазы пыления в среднем была на 1 день больше, а сумма эффективных температур, требующаяся для прохождения фазы – на 70 °С меньше, по сравнению с потомством плесецкой одновозрастной сосны.

В первые годы репродукции тюменская сосна формировала шишки нормальных размеров (длина – 33,0-35,4 мм, ширина – 18,9-19,6 мм), однако выход полнозернистых семян был низким (10-25 шт. из одной шишки), что могло быть связано с недостаточностью опыления. Семена (скорее всего, опыленные сосной окружающих сосняков) в разные годы репродукции имели массу 1000 шт., равную 5,3-6,5 г и лабораторную всхожесть 55-86%, что говорит о достаточности условий для их формирования.

Особенности роста и репродукции потомства тюменской сосны при выращивании в географических культурах Европейского Севера России показывают уникальную пластичность данной географической расы, которая требует дополнительного изучения.

REPRODUCTIVE FEATURES OF TJUMEN RACE SCOTCH PINE PROVENANCE IN EUROPEAN NORTH OF RUSSIA

Nakvasina E.N.

Northern (Arctic) Federal University named by M.V. Lomonosov, Russia;
nakvasina@yandex.ru

Offspring of Tyumen geographical race of Scots pine (Surgut, Zavodoukovsk proveniences) entered the trial in provenance state network in 4 points of the European North of Russia: northern subzones (Murmansk region, 67° 51' n.lt.), Medium (Arkhangelsk region, 62° 54' and the Komi Republic, 61° 41' n.lt.) and southern (Vologda region, 59° 15' n.lt.) taiga in the range of 32° 51' to 51° 31' el. However, by the age of 30 Tyumen pine cultures preserved only in testing stations of middle and southern taiga subzone (survival rate of offspring Surgut 35-60%, Zavodoukovsk – 4-51%). In the far north is associated with mortality of the offspring gets out of the snow cover at the end of the first age class.

Surgut provenience of Scots pine showed high survival and successful growth, compared to other Siberian ecotypes differed from similar origin progenies for accession to the reproduction, starting with the formation of the generative phase makrostrobiles (as well as local and close to them origin), appeared on the rare microstrobiles 5-7 years later. While a number of Siberian pine progenies (Tomsk, Yakutsk, Sverdlovsk) started joining the reproduction with education microstrobiles, similarly southern and south-west, as compared to the test site climatotypes. In provenance tests of southern taiga subzone (Vologda region) Tyumen pine seed-entered the 6-year-old biological age, in the middle subzone – 4 years later, in conjunction with local pine. Tyumen pine progeny race from the first years of reproduction has a higher number of seed-trees, a 10-year-old cultures of the Vologda test item to the stage of reproduction took more than 80% of the individuals.

In observations attracted the attention of the differences Tyumen population of local European structurally color forms mikrostrobiles. In both populations predominated (70%) yellow form of strobiles, but the Siberian pine their share was down 9%. Dimensions (length) of the Siberian pine ears were significantly superior to the local pine: 31.6-32.4 cm and 18.0-19.2 cm, respectively, but the difference in the number of anthers 1 centimeter length of the rod strobiles were insignificant (from Arkhangelsk pine 17.0-17.6 pc., in Tyumen pine 15.5-18.1 pc.). Perhaps, to some extent, this is due to differences in the occurrence of phenological phases

and the need for them to provide heat. Dusting and flowering phase of the Siberian pine coincided with local pine, suggesting the possibility of cross-pollination, but still in the Siberian pine dusting phase duration was on average more than 1 day, and the sum of effective temperatures required for passing phase - 70 ° C lower compared with the offspring of the same age Plesetsk (local) pine.

In the early years of the reproduction Tyumen pine cones formed a normal size (length – 33.0-35.4 mm, width – 18.9-19.6 mm), but the yield of full of granular seeds was low (10 - 25 pcs. of one bumps), that could be due to lack of pollination. Seeds (likely pollinated surrounding pine) in different years were reproductions weight of 1000 pcs. of 5.3 - 6.5 g and laboratory germination of 55 - 86%, indicating that the sufficiency of the conditions for their formation.

Features of growth and reproduction of offspring Tyumen pines when grown in the provenance of the European North of Russia show a unique plasticity of the geographical race, which requires further study.

СЕЛЕКЦИЯ СОСНЫ КОРЕЙСКОЙ (*PINUS KORAIENSIS* SIEBOLDET ZUCC.) НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ

Никитенко Е.А.

Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Россия;
dea1808@mail.ru

Кедрово-широколиственные леса российского Дальнего Востока – наиболее ценная лесная формация. Начиная с 60-х годов XX века, в Дальневосточном НИИ лесного хозяйства проводились исследования семенной продуктивности естественных кедровников, разрабатывались критерии отбора плюсовых деревьев, оптимальные методы вегетативного размножения, закладывались и изучались лесосеменные плантации сосны корейской (кедра корейского) – *Pinu skoraiensis* Siebold et Zucc.

Изучение семенной продуктивности проводилось на прививочной лесосеменной плантации, заложенной в Хехцирском опытном лесхозе ДальНИИЛХ (сейчас Хехцирское лесничество Хабаровского края) с момента закладки (1989-1990 гг.) по 2014 год. Прививки выполнялись на 3-4-летние саженцы сосны корейской с закрытой корневой системой. В докладе представлены результаты индивидуальной и клоновой изменчивости показателя количества макростробилов и шишек на привитых деревьях, рассмотрены факторы, влияющие на их семенную продуктивность.

Как отмечают многие исследователи семеношения хвойных, для показателей числа генеративных органов на одном дереве характерен очень высокий уровень изменчивости. В естественных кедровниках Дальнего Востока коэффициент вариации числа шишек на дереве за один год составляет 61-79 % (Сенчукова, 1967). На прививках кедра сибирского в ареале произрастания внутриклоновый коэффициент вариации достигает 92 % (Титов, 2004). Коэффициент вариации числа макростробилов и шишек на одновозрастных прививках кедра корейского за один год в условиях лесосеменной плантации иногда превышает 100 %. Поэтому для отбора наиболее урожайных деревьев был введен показатель относительной суммарной семенной продуктивности (ПОССП), представляющий частное суммы шишек и макростробилов на дереве за несколько учетных лет на среднюю суммарную урожайность всех прививок за эти же годы.

Из 18 клонов нормально лучших деревьев Хорской популяции Хабаровского края, в группу 25 наиболее урожайных деревьев (ПОССП = 2.6-1.5) попали представители трех клонов заготовки 1988 года. Эти маточные деревья были срублены в возрасте 165-195 лет и отличались сравнительно невысокими темпами роста (средний ежегодный прирост в высоту 0.12-0.15 м, по диаметру 0.24-0.30 см). Прививки маточных деревьев 235-280 лет имели низкую приживаемость, и, немногочисленно высаженные на плантацию, погибли.

Начало массового образования макростробилов и шишек (третья часть прививок) отмечено через 6 лет после прививки с максимальным числом 8 шишек (средний

показатель 4.0 шт. на одно дерево с шишками). Из прививок с урожайностью выше средней (ПОССП>1) шишки уже тогда дали 47 % прививок, в то время как из низкоурожайных – лишь 24 %. У пятой части прививок без шишек отмечено заглушение привоя подвоем. У 12-летних прививок максимальный показатели макростробилов – 50, шишек – 14, при средней урожайности соответственно 10.4 и 4.7 шт. на одно семеносящее дерево; по суммарной урожайности эти деревья не попали в лидирующую группу. Наиболее урожайные прививки имеют к этому моменту несколько вершин. Через 17 лет после прививки максимум шишек 55, макростробил – 116. Лучшие деревья дают урожай не только на вершине, но и по всей кроне, регулярно подвергаясь при этом механическим повреждениям.

Коэффициент наследуемости H^2 для низкоурожайных клонов изменяется от 0,56 до 0,89, для высокоурожайных клонов равен 0, т.е. очень высокая семенная продуктивность прививок полностью обусловлена внешними факторами¹. Для увеличения выхода семян с привитых лесосеменных плантаций сосны корейской перспективна оптимизация технологий прививок и ухода, способствующих формированию кроны только за счет привоя и семеношению по всем ярусам кроны.

***PINUS KORAIENSIS* BREEDING FOR SEED PRODUCTIVITY** **Nikitenko E.A.**

Far East Forestry Research Institute, Russia; dea1808@mail.ru

A Korean pine broadleaf forest of Russian Far East is one of the most valuable formations. Since 60-s years of XX century, investigations in seed productivity of natural Korean pine broadleaf forest have carried out, the criterions of the best (plus) tree selection and the optimal methods of vegetative reproduction have worked out in Far East Forestry Research Institute. Forest seed plantations of Korean pine (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) were created and begun to study.

The seed productivity assessment have implemented in forest seed plantation in Khekhtsir experimental forest enterprise of Far East Forestry Reseat Institute (now - Khekhtsirsky Forestry) since making of a plantation (1989-1990) to 2014. Grafting have been making on 3-4 years old containerized planting stock. In this report the results of individual and clone variability the number of macrostrobiles and cones on the grafting trees are presented, factors on seed productivity influencing are considered.

As many researchers of coniferous species note, high level of variability is typical for generative characteristics of individual tree. In natural Korean pine forests coefficient of variation of the number of cones from one tree during the year is 61-79 % (Senchukova, 1967). On grafting Siberian pines within natural areal the intracloal coefficient of variation reaches 92 % (Titov, 2004). The coefficient of variation of the number of macrostrobiles and cones on even-aged Korean pine grafts sometimes exceeds 100 %. That's why Rate of Relative Total Seed Productivity (RRTSP) has introduced for the most productive trees selection. It corresponds a ratio of sum of macrostrobiles and cones from one tree during some years to average sum productivity of all grafts during the same years.

From 18 clones of normal-to-best trees of Khor population in Khabarovsk region, only 3 ones 1988-harvested appear within the group the most productivity trees (RRTSP = 2.6-1.5). These maternal trees were fallen at the age of 165-195 and characterized by not high grow (the average annual height growth 0.12-0.15 m, the same diameter - 0.24-0.30 cm). The grafts of maternal trees at the age of 235-280 had a low establishment. They planted in a small number have lost.

The beginning of large (one third of grafts) macrostrobiles and cones formation was observed in six years after graft with maximum 8 cones (the average – 4.0 per each tree with cones). By that time cones were given 47 % above the average productive grafts (RRTSP >1), but only 24 % low productive grafts. One fifth of grafts were oppressed with stocks. At the age

¹ По мнению редакторов сборника данное заключение не корректно

of 12 maximum of the macrostrobiles was 50, cones – 14, the average, respectively - 10.4 и 4.7 ones per each bearing tree; but these trees were not found within leading group under the sum productivity. The most productive grafts have several tops to this time. Over 17 years after graft maximum number of the macrostrobiles was 116, cones – 55. The best trees have given yield not only on the top, but all over the crown, be regularly strongly damage mechanically.

Heritability coefficient H^2 varies from 0.56 to 0.89 for low productive clones and equal zero for high-productive clones; thus extra-high productivity is fully stipulated by the external factors. To increase the seed production of Korean pine graft plantation, it is perspective to optimize graft and care techniques, promote the crown formation at the expense of the graft only and total crown bearing.

АНАЛИЗ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЗАПАДНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ С ЦЕЛЮ УТОЧНЕНИЯ ЛЕСОСЕМЕННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

Новикова Т.Н.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия; nota@ksc.krasn.ru

Лесосеменное районирование является одним из основных резервов повышения продуктивности и устойчивости культур сосны обыкновенной. Географические культуры могут выполнять роль экспериментального объекта для уточнения и дополнения лесосеменного районирования сосны обыкновенной.

Географические культуры сосны обыкновенной в Западном Забайкалье (республика Бурятия) являются частью обширного эксперимента по созданию сети географических культур основных лесообразующих видов на территории России и стран бывшего СССР.

Географические культуры сосны в Бурятии были созданы в 1979 году Институтом леса им. В.Н. Сукачева в лесостепи (51°50' с.ш.; 110° в.д.). В географических культурах изучались потомства 57 климатипов, представляющих значительную часть ареала сосны обыкновенной, в том числе 24 – из европейской части России, 29 – из районов Сибири, 1 – из Казахстана и 3 – из районов Дальнего Востока.

Предложения для уточнения лесосеменного районирования (1982) сформированы на основании анализа результатов многолетних исследований выживаемости и роста потомств климатипов сосны. Установлено, что для предприятий Селенгинского лесосеменного района, поставщиками семян могут быть не только предприятия юга Бурятии и юго-запада Читинской области (Лесосеменное районирование, 1982), но и востока Бурятии (Баргузинский лесхоз), и востока Читинской области (Нерчинский и Читинский лесхозы). В схеме лесосеменного районирования эти предприятия представляют соответственно Ингодинский и Шилкинский подрайоны в составе Шилкинского лесосеменного района и Баргузинский подрайон в составе Прибайкальского лесосеменного района. Таким образом, не только южные и юго-восточные, но и незначительно удаленные в северо-восточном и восточном направлении климатипы демонстрируют в условиях эксперимента хорошую устойчивость и удовлетворительный рост. Этот факт был основанием для расширения числа предприятий – поставщиков семян для Селенгинского лесосеменного района. Перспективными по росту и сохранности являются также потомства популяций из Оханского лесхоза Пермской области и Госненского лесхоза Ленинградской области. Однако для этих потомств (биологический возраст 24 года) необходимы дальнейшие исследования в связи со значительными различиями природных условий между районом выращивания географических культур и районами произрастания материнских популяций. Выявлены лучшие по стволу продуктивности климатипы.

Безусловно, исследования потомств сосны на последующих возрастных этапах внесут коррективы в предложенные сообщения.

ANALYSIS OF SCOTS PINE PROVENANCES TRIAL IN THE WEST ZABAİKALIE WITH A VIEW TO SPECIFICATION OF FOREST SEED SOURCES REGIONALIZATION

Novikova T.N.

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia;
nota@ksc.krasn.ru

Forest seed sources regionalization is one of main reserves of raising productivity and stability of Scots pine culture. Provenances trials are able to realize role of experimental objects for the specification and addition of Scots pine forest seed sources regionalization. Provenances trial of Scots pine in the West Zabaikalie (Republic Buryatia) is the part of wide experiment according to the establishing of the net of provenances trials of main forest forming species in territory of Russia and countries of former USSR.

The provenances trial of Scots pine in the Buryatia were established in the 1979 by V.N. Sukachev Institute of Forest in the forest-steppe (in latitude 51°50' North, longitude 110° East). In the provenances trial are studied of progenies 57 climatotypes representated of great part of areas Scots including 26 – from European part of Russia, 27 – from Siberian regions, 1 – from Kazakhstan and 3 – from Far East. Offers for the specification of the of the forest seed sources regionalization (1982) are formed on base of the analysis results of long-term investigation of survival and growth progenies of climatotypes Scots pine.

It is established that not only enterprises from south of Buryatia and south-west of the Chita region are able supplier for enterprises of Selenginski forest seed region (Forest seed sources regionalization, 1982), but also from east of Chita region and east of Buryatia region. These enterprises present on the scheme of forest seed sources regionalization according Ingodinski and Shilkinski subregions in the structure of Shilkinski forest seed region and Barguzinski subregion in the Pribaikalski forest seed region.

In that way, not only south and south-east climatotypes demonstrate in the conditions of experiment good stability and satisfactory growth, but a little move off in the north-east and east directions climatotypes. This fact was in the basis for extension of number enterprises - suppliers of seeds for Selenginski forest seed region. The progenies of populations from Okhanski forestry (Perm' region) and Tosnenski forestry (Leningradski region) are perspective on growth and survival. However further investigations of these progenies (biological age is 24 years) are necessary in connection with great differences of natural conditions between the region of growing provenances trial and the regions of growing maternal populations.

Climatotypes with the best stem productivity are revealed. There is no doubt investigations of Scots pine progenies on following age stages will be amend in the proposed report.

ОПЫТ ПОЛУЧЕНИЯ УЛУЧШЕННЫХ СЕМЯН В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Носков В.И., Кулаков В.Е., Юдинцев А.Н.

ОАО "Бердский лесхоз" (Бердск), Россия

Получение улучшенных семян хвойных пород в Новосибирской области осуществляется на базе открытого акционерного общества (ОАО) «Бердский лесхоз». Он создан на территории селекционно-семеноводческого лесхоза, специализирующегося на создании постоянной лесосеменной базы на генетико-селекционной основе. С 1973 года он был экспериментальным подразделением Центрального научно-исследовательского института лесной генетики и селекции – ЦНИИЛГиС (теперь ВИИЛГСиб).

С начала 90-х годов научное сопровождение и специальные структурные производственные подразделения, занимающиеся селекционным семеноводством, были ликвидированы и федеральное финансирование на охрану и уход за ССЛО практически

прекратилось. С тех пор ОАО «Бердский лесхоз» все работы по развитию селекционного семеноводства выполняет за счет собственных средств.

Доля улучшенных семян в нашей стране в общем сборе семенного фонда мелкохвойных пород составляет 3%. В странах Европы данный показатель составляет, в среднем, 20%. В Новосибирской области доля улучшенных семян в последние годы занимает более 30% (таблица).

Таблица. Собрано семян в Новосибирской области в 2009-2014 г.г.

Год	Собрано семян, кг						
	Всего	В том числе мелкохвойных.			Кедра		
		Всего	Улучшенных.	%%	Всего	Улучшенных	%%
2009	2135.5	335.5	115	34	1800	600	33
2010	1976.8	406.8	148	36	1570	620	39
2011	5135.1	825.1	300	36	4310	720	17
2012	1863.5	463.5	210	45	1400	0	0
2013	1220.8	220.8	80	50	1000	0	0
2014	3453.2	253.2	202	80	3200	950	30
Всего	15784.9	2504.9	1055	42	13280	2890	22

Здесь впервые в Сибири проектируется лесосеменная плантация повышенной генетической ценности кедра сибирского на базе испытательных культур, заложенных на повышение продуктивности древесины. Лесхоз продолжает наращивать объемы получения улучшенных семян путем проектирования и создания новых селекционно-семеноводческих объектов.

EXPERIENCE OF OBTAINING OF IMPROVED SEEDS IN NOVOSIBIRSK REGION

Noskov V.I., Kulakov V.Ye., Yuditsev A.N.

The obtaining of improved seeds of conifers is carried out in [Novosibirsk Region on the basis of publicly traded corporation “Berdsk forest farm”. It was founded at the territory of selection and seed-growing farm. Since 1973 this farm is specialized on establishment of permanent seminal genetic and selective base and is as an experimental subdivision of research institute of forest genetics and selection.

From the beginning of the 90-ties scientific support and special structural subdivisions which deal with selection seed-growing were liquidated and federal financing of guarding and maintenance of selection seed-growing objects practically ceased. Since then forest farm performs at the expense of own means all the works on development of selection seed-growing.

The part of improved seeds accounts in our country for 3 per cent of total yield of seed fund of conifers with small seeds. In European countries this index averages 20 per cent. The part of improved seeds accounts for more than 30 per cent in recent years in Novosibirsk Region (Table).

Here for the first time in Siberia seed plantation of Siberian stone pine of increased genetic value is being projected on the basis of test cultures grown for productivity and quality of wood. The amounts of improved seeds continue increasing thanks to projecting and establishing new selection seed-growing objects.

Seed material of conifers harvested in 2009-2014

Year	Harvested seeds, kg						
	Total	Including conifers with small seeds			Siberian stone pine		
		total	improved	%%	total	improved	%%
2009	2135.5	335.5	115	34	1800	600	33
2010	1976.8	406.8	148	36	1570	620	39
2011	5135.1	825.1	300	36	4310	720	17
2012	1863.5	463.5	210	45	1400	0	0
2013	1220.8	220.8	80	50	1000	0	0
2014	3453.2	253.2	202	80	3200	950	30
Total	157846.9	2504.9	1055	42	13280	2890	22

СЕЗОННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ЛИПИДОВ У ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ЯКУТИИ

Нохсоров В.В.¹, Дударева Л.В.², Чепалов В.А.³, Перк А.А.³, Петров К.А.³

¹ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
Россия

²ФГБУН Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Россия

³ФГБУН Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Россия; kap@bk.ru

Климат Якутии, полностью расположенной в пределах распространения многолетней мерзлоты (криолитозона), характеризуется максимальными сезонными амплитудами температур, не встречающимися ни в одной другой точке мира. Уникальным является существование в таких условиях древесных форм растений с их способностью переносить зимой самый жесткий низкотемпературный стресс. Последний выступает как главный фактор отбора при адаптации местных видов.

Для древесных растений Якутии, выживание при экстремально низких температурах обусловлено, в том числе, поддержанием оптимальной физиологической активности клеточных мембран, что зависит от особенностей их жирнокислотного состава. Имеются данные о способности генетически модифицированных организмов (мутантов по генам десатураз) лучше адаптироваться к температурному стрессу (Лось, 2014). В связи с этим, особый интерес может представлять изучение сезонных изменений качественного и количественного состава общих липидов и их ЖК в хвое *Pinus sylvestris* L. и *Picea obovate* Lebed. – основных вечнозеленых хвойных пород в условиях криолитозоны.

Двухлетнюю хвою сосны и ели собирали летом (23.08), осенью (15.09) и зимой (10.12) 2010 г. у средневозрастных деревьев, произрастающих на лесных участках, прилегающих к Ботаническому саду ИБПК СО РАН. Экстракцию липидов проводили по модифицированному методу Smolenska et al. (1977). Анализ полученных метиловых эфиров ЖК проводили методом газожидкостной хроматографии с использованием хромато-масс-спектрометра 5973/6890N MSD/DS (Agilent Technology, USA).

Всего в изученных образцах сосны было выявлено 21 ЖК, ели – 23 ЖК. Качественный состав ЖК существенно варьировал по сезонам. Если летом и осенью у обоих видов идентифицировали 10-12 ЖК, то зимой – около 20 ЖК. Во все сезоны основными насыщенными ЖК являлись C12:0 (лауриновая); C14:0 (миристиновая); C16:0 (пальмитиновая) кислоты, ненасыщенными ЖК – C18:2 (линолевая) и C18:3 (линоленовая) кислоты. Сезонная динамика количества ЖК показывает выраженную тенденцию увеличения их абсолютного содержания от лета к зиме. Так, в декабре в хвое сосны, по сравнению с августом (10.3 мг/ сух. массы), сумма ЖК было выше почти в 1.6 раза, а в хвое ели (7.5 мг/г сух. массы) – в 1.2 раза. Причем, максимальное количество

ненасыщенных ЖК также отмечалось зимой. Относительное содержание суммы основных насыщенных ЖК у сосны также значительно варьировала по сезонам от 36.6% до 52.7%, а ненасыщенных ЖК – от 29.8% до 47.9%, у ели эти изменения были не столь сильно выражены – от 39.5% до 41.3% и от 35.0% до 41.1% соответственно. Пик относительного содержания ненасыщенных ЖК приходился на осенние месяцы, уменьшаясь в зимний период. Особенностью жирнокислотного состава зимних растений также являлось появление большого числа уникальных ЖК, например, метилированных (Me C14:0 и C16:0), изо-кислот (i-C18:1), ЖК нечетного ряда (C15:0, C17:0, C19:0, C23:0) и длинноцепочечных ЖК (C \geq 22). Предполагается, что выявленные выше закономерности, присущие зимующим органам (хвое) вечнозеленых растений Якутии: высокое абсолютное содержание суммарных ЖК, особенно их ненасыщенных форм, влияющих на стабилизацию клеточных мембран, а также многообразие уникальных ЖК, могут играть существенную роль в формировании уникальной криорезистентности данных видов.

SEASONAL CONTENT OF LIPIDS FATTY ACIDS IN ARBOREAL PLANTS OF YAKUTIA

Nokhsorov V.V.¹, Dudareva L.V.², Chepalov V.A.³, Perk A.A.³, Petrov K.A.³

¹A.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Russia

²Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia

³Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia; kap@bk.ru

The climate of Yakutia situated within the area of permafrost (cryolithiczone) distribution is characterized by maximum seasonal amplitudes of temperatures found nowhere else in the world. Existence of arboreal plants capable to withstand the most rigorous winter low temperature stress is unique under such conditions. This stress is a key factor of selection for adaptation of local species.

Survival of arboreal plants in Yakutia under extremely low temperatures is, among other things, accounted for by maintenance of optimal physiological activity of cell membranes, which depends on their fatty acids composition. There are data on the ability of genetically modified organisms (mutants by desaturases genes) to get better adapted to temperature stress (Los⁷, 2014). With this in view, on particular interest is the study of seasonal changes of qualitative and quantitative composition of total lipids and their FA in the needles of *Pinus sylvestris* L. And *Picea obovata* Lebed. As primary evergreen coniferous species in cryolithic zone.

Two years old needles of pine and fir-tree were collected in summer (23.08), autumn (15.09) and winter (10.12) of 2010 from middle aged trees growing in forest zones adjacent of the Botanical garden of IBPC, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences. Lipids were extracted as per the modified method by Smolenska et al (1977). The obtained FA methyl ethers were analyzed by gas-liquid chromatography with chromate-mass-spectrometer 5973/6890N MSD/DS (Agilent Technology, USA).

In the studied pine samples there were identified 21 FA, in fir-tree samples – 23 FA. Qualitative composition of FA varied significantly from season to season. In summer and autumn in both species 10-12 FA were found, in winter – about 20 FA. Throughout all the seasons primary saturated FA were presented by C12:0 (lauric); C14:0 (myristic); C16:0 (palmitic) acids; unsaturated FA – C18:2 (linoleic) and C18:3 (linolenic) acids. Seasonal dynamics of FA amount shows a well pronounced tendency towards increase in their absolute content from summer to winter. Thus, in December pine needles had almost 1.6 times higher FA content as compared to August (10.3 mg/g dry mass), fir tree needles (7.5 mg/g dry mass) – 1.2 times higher. Maximum amount of unsaturated FA was registered in winter. Relative content of the overall sum of primary saturated FA in pine also significantly varied throughout seasons from 36.6% to 52.7%, that of unsaturated FA – from 29.8% to 47.9%, in fir tree these alterations

were not as pronounced – from 39.5% to 41.3% and from 35.0% to 41.1% respectively. Relative content of unsaturated FA peaked in autumn decreasing in winter. The peculiarity of fatty acid composition of winter plants was the emergence of a large amount of unique FA, for instance, methylated (MeC14:0 and C16:0), iso-acids (i-C18:1), FA of uneven row (C15:0, C17:0, C19:0, C23:0) and long-chain FA ($C \geq 22$). It is assumed that the above peculiarities characterizing winter organs (needles) of Yakutia evergreen plants: high absolute content of overall FA, particularly their unsaturated forms affecting stabilization of cell membranes, as well as diversity of unique FA, might play a significant role in the formation of unique cryoresistance of these species.

ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ В КЕДРОВО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСАХ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ

Орехова Т.П.

ФБГУН Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Россия; orekhova@ibss.dvo.ru

Лес может быть возобновляемым ресурсом только при его устойчивом управлении неистощимом пользовании, т.е. когда при его эксплуатации не происходит нарушение естественного лесообразовательного процесса. В Приморском крае интенсивная эксплуатация ценных кедрово-широколиственных лесов привела не только к сокращению их площадей, но и значительной деградации лесных экосистем. Основная причина такого положения – слабая изученность лесообразовательного процесса в эксплуатационных лесах и почти полное игнорирование этого процесса при лесовосстановительных работах. Заповедные территории – идеальные модели для изучения хода лесообразовательного процесса в сложных, многопородных и разновозрастных лесах Южного Приморья. Лабораторией лесоведения ФБГУН БПИ ДВО РАН с 2002 по 2012 гг. проводилось изучение процессов семеношения, диссеминации и семенного возобновления древесных пород в кедрово-широколиственных лесах заповедника «Уссурийский».

Наблюдения за семеношением деревьев позволило установить периодичность урожаев, а также определить тесные связи качества семян и урожайности деревьев с отдельными климатическими параметрами среды. Например, выявлена достоверная зависимость качества формирующихся на деревьях семян и количества выпавших годовых осадков. После обильного урожая в последующие 2-3 года наступал период понижения семенной продуктивности, при этом количество появившихся всходов возрастало. Отрицательное влияние оказывали летние засухи, вызывающие массовую гибель однолетних всходов древесных пород. На пробных площадях заповедника отмечено слабое возобновление основных лесообразующих хвойных пород. Вероятно, данные лесные фитоценозы вступают в длительную стадию доминирования лиственных древесных пород (по Б.П. Колесникову, 1956). В нарушенных фитоценозах процессы восстановления основного лесообразователя могут быть растянуты на более длительный период, а отдельные типы кедровых лесов, как же установлено, не могут восстановиться без вмешательства человека.

Лесовосстановление в кедрово-широколиственных лесах с помощью посева и посадки саженцев в подпологовые культуры предполагает применять эту технологию сегодня только для ограниченных лесных территорий. В Приморском крае для реконструкции нарушенных лесов за последние 30-40 лет создавали подпологовые культуры сосны корейской. К сожалению, в таких насаждениях не проводились рубки ухода, поэтому они имеют сегодня низкую производительность.

Таким образом, в настоящее время для восстановления кедрово-широколиственных лесов в Приморском крае перспективными являются: создание смешанных кедровых

насаждений на сплошных вырубках и гарях, а также посадка подпологовых лесных культур сосны корейской, в которых необходимы регулярные рубки ухода.

THE PECULIARITIES OF NATURAL AND MAN-MADE REFORESTATION IN KOREAN PINE BROADLEAVED FORESTS OF SOUTH PRIMORYE

Orekhova T.P.

Institute of Biology and Soil Science, Far-East Division of Russian Academy of Sciences, Vladivostok; orekhova@ibss.dvo.ru

The reforestation and conservation of the tree resources is possible under sustainable management and rational use, when there is no breakdown between the natural forest forming process and the forest exploitation. In Primorye Territory the intensive forest exploitation of the valuable Korean pine (*Pinus koraiensis*) broad-leaved forests caused not only the reduction of the area but resulted in a large degradation of the forest ecosystems. The main reason of this situation consists in a poor investigation of the forest forming process in the exploited forests and complete disregard of this process in the reforestation work.

The Reserve territories are the perfect forest models to study forest formation process in the forests of different age and various types in the South Primorye. The scientists of the Forestry Laboratory (IBSS FEB RAS) have studied the processes of seed formation, dissemination and germinability of plantlet young seedling in the Korean pine broad-leaved forests in the Ussuriyski Reserve.

The observations of the seed formation allowed to determine a periodicity for the tree species and reveal the connections between the seed quality and seed crop with the climatic characteristics of environment. For instance, the interdependence between the seed quality and quantity of the annual precipitations has been found out. After the plentiful seed crop the reduction of the seed productivity has been observed in the next 2-3 years, but a number of the germinating seedlings increased.

The summer droughts have negative effect causing mass destruction of the annual plantlet young seedling. At the sample plots of the Reserve a little regeneration of the basic forest forming coniferous species has been observed. Perhaps, these forest phytocenoses are in the long stage of the broadleaved species domination (by B.P. Kolesnikov, 1956).

In the impaired phytocenoses the processes of the restoration of the basic tree species can last for a long time, and the stone pine forests of the certain types, as it has been established, cannot restore without man's help.

It is supposed to regenerate Korean pine broadleaved forests with the help of sowing and planting seedlings into the canopy layer on the limited forest areas. So in Primorye the *Pinus koraiensis* young trees have been planted under canopy layer for the last 30-40 years for conversion of the disturbed forests. Unfortunately, no cleaning cuttings have been done in these tree stands, so they have low productivity nowadays.

Thus, to create the mixed stone pine stands on the clearcut and post fire sites and planting of *Pinus koraiensis* young trees followed by the regular cleaning thinning is the perspective technology to regenerate the Korean pine broad leaved forests in Primorye Territory.

СЕКВЕНИРОВАНИЕ И СБОРКА ГЕНОМОВ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ (*LARIX SIBIRICA* LEDEB.) И СОСНЫ СИБИРСКОЙ КЕДРОВОЙ (*PINUS SIBIRICA DU TOUR*) И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ АНАЛИЗА ТРАНСКРИПТОМА

Орешкова Н.В.^{*1,2}, Путинцева Ю.А.¹, Кузмин Д.А.¹, Шаров В.В.¹, Бирюков В.В.¹, Дейч К.О.^{1,6}, ИбеА.А.^{1,6}, ШилкинаЕ.А.⁶ Крутовский К.В.^{1,3,4,5}

¹Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, Россия

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия

³Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

⁴Геттингенский университет, Геттинген, Германия

⁵Техасский агро-механический университет, Колледж Стейшин, Техас, США

⁶Филиал Российского центра защиты леса «Центр защиты леса Красноярского края», Красноярск, Россия

*e-mail: oreshkova@ksc.krasn.ru

Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) и сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour.) являются важными видами бореальных лесов Сибири и имеют огромное экономическое, экологическое и эстетическое значение. В связи с тем, что данные виды не являются модельными объектами геномных исследований, на текущий момент накоплено крайне мало знаний об их генах и геномах. Сложность исследований геномов этих видов связана также с их огромными размерами. Так, геном лиственницы сибирской составляет 12,03 Gbp, сосны сибирской кедровой – 23,6 Gbp, что в 4 и 7 раз больше размера генома человека.

Основной целью наших исследований является проведение полногеномного секвенирования, сборки, сравнительного анализа и аннотирования геномов лиственницы сибирской и кедра.

Секвенирование осуществляется с использованием секвенаторов Illumina HiSeq 2000 и MiSeq. Для *L. sibirica* произведено секвенирование парноконцевых (PE) библиотек длиной 250-500 bp и сцепленноконцевых (MP) библиотек для фрагментов 3000 bp, полученных из хвои, мегагаметофитов и каллусной культуры. Для *P. sibirica* секвенированы аналогичные библиотеки, полученные из мегагаметофитов. На текущий момент покрытие геномов составляет 74X и 25X для лиственницы и кедра соответственно. Также, произведено секвенирование транскриптома почек лиственницы сибирской.

Полученные данные секвенирования позволили получить черновые сборки геномов *L. sibirica* и *P. sibirica*, которые использовались для поиска микросателлитных локусов и дизайна праймеров к ним с целью дальнейшего выявления высокополиморфных и высокоинформативных SSR-маркеров для популяционно-генетических исследований. Для лиственницы сибирской впервые был собран и аннотирован хлоропластный геном, для сосны сибирской удалось улучшить сборку опубликованного в Genbank хлоропластного генома (FJ899558.1), закрыв пропуски суммарной длиной в 16085 bp. По результатам секвенирования образцов, обогащенных мтДНК, проведены черновая сборка митохондриального генома и его предварительный анализ.

Сборка транскриптома позволила получить 43717 юнигенов общей длиной более 26 Mbp, длина наиболее длинного юнигена составила 8512 bp, N50 = 1330 bp, число юнигенов длиной более 1000 п.н.о. составило 6919. Сравнительный анализ полученной сборки с опубликованными сборками транскриптомов некоторых хвойных показал достаточно высокую степень сходства полученных контигов и контигов предыдущих сборок. Таким образом, на данный момент получена сборка, составляющая около 70% от предполагаемой общей длины транскриптома лиственницы сибирской.

Работа выполнена в рамках проекта «Геномные исследования основных бореальных лесобразующих хвойных видов и их наиболее опасных патогенов в Российской Федерации», финансируемого Правительством РФ (договор № 14.Y26.31.0004).

GENOME SEQUENCING AND ASSEMBLY OF SIBERIAN LARCH (*LARIX SIBIRICA* LEDEB.) AND SIBERIAN PINE (*PINUS SIBIRICA* DU TOUR) AND PRELIMINARY TRANSCRIPTOME DATA

Oreshkova N.V.^{*1,2}, Putintseva Yu.A.¹, Kuzmin D.A.¹, Sharov V.V.¹, Biryukov V.V.¹, Makolov S.V.¹, Deych K.O.^{1,6}, Ibe A.A.^{1,6}, Shilkina E.A.⁶, Krutovsky K.V.^{1,3,4,5}

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

²V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia

³N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

⁴University of Göttingen, Göttingen, Germany

⁵Texas A&M University, College Station, Texas, USA

⁶Branch of the Russian Centre for Forest Protection Centre for Forest Protection of Krasnoyarsk Territory, Krasnoyarsk, Russia

*e-mail: oreshkova@ksc.krasn.ru

The whole genomes of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) and Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour.) were sequenced using Illumina HiSeq 2000 and MiSeq, and their first draft genome assemblies were generated. We searched for microsatellite loci in the assemblies and designed PCR primers to identify and develop highly polymorphic and informative SSR-markers

for population genetic studies. For the first time the chloroplast genome of Siberian larch has been assembled and annotated. For Siberian pine we improved the chloroplast genome assembly published in Genbank (FJ899558.1) by closing gaps with the total gap length of 16085 bp. The draft assembly of mitochondrial genomes for these species has been done. The transcriptome assembly consisted of 43717 unigenes with a total length of ~26 Mbp. The longest unigene was 8512 bp; N50 =1330 bp, and the number of unigenes longer than 1 Kbp was 6919. The obtained transcriptome assembly represented ~70% of the estimated total transcriptome in Siberian larch and was similar to other published conifer transcriptomes.

This study was supported by Research Grant No. 14.Y26.31.0004 from the Government of the Russian Federation.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГЕНОФОНДА ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ БЕЛАРУСИ

Падутов В.Е., Баранов О.Ю., Каган Д.И., Ивановская С.И.

ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», Республика Беларусь; forestgen@mail.ru

Информация о популяционно-генетической структуре видов дает возможность проводить мониторинг изменений, происходящих из-за воздействия ряда дестабилизирующих природных и антропогенных факторов, а также прогнозировать нарушение стабильного воспроизводства генетических ресурсов во времени.

Одним из главных критериев оценки состояния генофонда, безусловно, является уровень генетической изменчивости, определяющий устойчивость и пластичность популяций. Лесообразующие виды Беларуси по данным изоферментного анализа могут быть разделены на три условные группы. К видам с низким уровнем изменчивости можно отнести *Fraxinus excelsior* ($P_{99}=0.273$, $A=1.4$, $H_o=0.050$, $H_e=0.051$), *Tilia cordata* ($P_{99}=0.300$, $A=1.7$, $H_o=0.050$, $H_e=0.052$) и *Alnus glutinosa* ($P_{99}=0.563$, $A=1.9$, $H_o=0.056$, $H_e=0.056$). Средний уровень изменчивости имеют *Acer platanoides* ($P_{99}=0.417$, $A=1.6$, $H_o=0.091$, $H_e=0.099$), *Carpinus betulus* ($P_{99}=0.500$, $A=1.6$, $H_o=0.091$, $H_e=0.098$), *Betula pendula* ($P_{99}=0.650$, $A=2.5$, $H_o=0.114$, $H_e=0.115$), *Populus tremula* ($P_{99}=0.385$, $A=1.9$, $H_o=0.129$, $H_e=0.147$) и *Picea abies* ($P_{99}=0.667$, $A=2.4$, $H_o=0.142$, $H_e=0.141$). Высоким уровнем изменчивости характеризуются *Betula pubescens* ($P_{99}=0.556$, $A=2.0$, $H_o=0.268$, $H_e=0.287$), *Quercus robur* ($P_{99}=0.796$, $A=3.2$, $H_o=0.237$, $H_e=0.227$) и *Pinus sylvestris* ($P_{99}=0.800$, $A=3.6$, $H_o=0.247$, $H_e=0.240$). С популяционно-генетической точки зрения, в стратегии сохранения видов, имеющих низкий и средний уровень генетической изменчивости, мероприятия по сохранению как методом *in situ*, так и методом *ex situ* имеют равную ценность и значимость. Не исключено, что метод *ex situ* в определенных ситуациях может оказаться единственным способом сохранения генофонда вида. Для видов с высоким уровнем изменчивости основным направлением следует рассматривать сохранение *in situ*, поскольку позволяет сохранять популяционные генофонды в объеме, достаточном для адаптации к изменениям окружающей среды. Второе направление – *ex situ*, может быть использован только в качестве дополнительного, позволяющего сохранять генофонд особо ценных деревьев и насаждений.

Другим приоритетным критерием, оказывающим влияние на разработку мероприятий по сохранению видового генофонда, является степень дифференциации между популяциями. Этот критерий позволяет определять количество популяций, которое необходимо сохранять для предотвращения существенного обеднения генетических ресурсов вида. Для лесообразующих видов Беларуси характерна невысокая степень межпопуляционной дифференциации: значения F_{ST} , G_{ST} и усредненная величина D_N варьируют от 0.003, 0.003 и 0.001 соответственно (*Acer platanoides*) до 0.030, 0.032 и 0.007 соответственно (*Betula pendula*). Несмотря на то, что степень межпопуляционной дифференциации в целом невысока, во внутривидовой структуре различных пород достаточно отчетливо проявляются определенные особенности, которые нельзя не учитывать, планируя мероприятия по сохранению лесных генетических ресурсов:

экологическая пластичность вида, спектр формового разнообразия вида (особенно по тем признакам, которые могут приводить к возникновению какого-либо уровня репродуктивной изоляции и образованию структурированности популяций на отдельные группировки особей), степень генетического родства популяций, которая связана с эволюционной историей вида.

При разработке мероприятий по сохранению генофонда видов и подборе соответствующих насаждений следует учитывать интенсивность лесохозяйственной деятельности. Анализ 45 сосновых древостоев показал, что чем выше степень антропогенной нагрузки, тем ниже показатели генетической изменчивости. Так, например, усредненное значение H_o в группе насаждений из эксплуатационных лесов составляет 0.247, плюсовых насаждений – 0.258, генетических резерватов – 0.269, Национального парка «Беловежская пуща» – 0.275.

EVALUATION OF THE GENE POOL STATE OF FOREST TREE SPECIES IN BELARUS

Padutov V.E., Baranov O.Yu., Kagan D.I., Ivanovskaya S.I.
Forest Research Institute of NASB, Belarus; forestgen@mail.ru

Information about population genetic structure of the species allows to monitor changes taking place due to the impact of a number destabilizing natural and anthropogenic factors, and predict the violation of a stable reproduction of genetic resources in time.

One of the main criteria for evaluating the state of the gene pool, of course, is the level of genetic variation, which determines the stability and plasticity of the population. Forest forming species of Belarus, according to isozyme analysis data, can be divided into three groups. Group of species with low level of variation includes *Fraxinus excelsior* ($P_{99}=0.273$, $A=1.4$, $H_o=0.050$, $H_e=0.051$), *Tilia cordata* ($P_{99}=0.300$, $A=1.7$, $H_o=0.050$, $H_e=0.052$) and *Alnus glutinosa* ($P_{99}=0.563$, $A=1.9$, $H_o=0.056$, $H_e=0.056$). *Acer platanoides* ($P_{99}=0.417$, $A=1.6$, $H_o=0.091$, $H_e=0.099$), *Carpinus betulus* ($P_{99}=0.500$, $A=1.6$, $H_o=0.091$, $H_e=0.098$), *Betula pendula* ($P_{99}=0.650$, $A=2.5$, $H_o=0.114$, $H_e=0.115$), *Populus tremula* ($P_{99}=0.385$, $A=1.9$, $H_o=0.129$, $H_e=0.147$) and *Picea abies* ($P_{99}=0.667$, $A=2.4$, $H_o=0.142$, $H_e=0.141$) have the average level of variation. A high level of variation is characteristic for *Betula pubescens* ($P_{99}=0.556$, $A=2.0$, $H_o=0.268$, $H_e=0.287$), *Quercus robur* ($P_{99}=0.796$, $A=3.2$, $H_o=0.237$, $H_e=0.227$) and *Pinus sylvestris* ($P_{99}=0.800$, $A=3.6$, $H_o=0.247$, $H_e=0.240$). From population genetic point of view, the strategy of conservation of species with low and medium level of genetic variation, conservation activities as a method of *in situ*, and *ex situ* method have equal value and importance. It is possible that the *ex situ* method, in some situations, it may be the only way to preserve the gene pool of the species. For species with high levels of variation should be considered the main focus of *in situ* conservation, because it allows to keep population gene pool in sufficient amount to adapt to environmental changes. The second direction - *ex situ*, can only be used as an additional, so as to maintain the gene pool of the most valuable trees and plants.

Another priority criterion influencing the development of measures for the preservation of the gene pool of the species, is the degree of differentiation between populations. This criterion makes it possible to determine the number of populations that should be maintained in order to prevent substantial depletion of species genetic resources. Forest forming species in Belarus is characterized by a low level of interpopulation differentiation: the value F_{ST} , G_{ST} , and the average value of the D_N range from 0.003, 0.003 and 0.001 respectively (*Acer platanoides*) to 0.030, 0.032 and 0.007 respectively (*Betula pendula*). Despite the fact that the degree of interpopulation differentiation in general is not high, in the intraspecific structure of various breeds quite clearly show certain characteristics that can not be ignored when planning activities for the conservation of forest genetic resources: the ecological plasticity of the species, the spectrum of form diversity of species (especially on those grounds, which can give rise to any level of reproductive isolation and the formation of structured populations into separate groups of

individuals), the degree of genetic relatedness of populations, which is linked to the evolutionary history of the species.

During design of measures to preserve the gene pool of the species and the selection of appropriate stands should take into account the intensity of forest management. Analysis of 45 pine stands showed that the higher the degree of anthropogenic load, the lower the levels of genetic variability. For example, the average value H_0 of the group commercial forests populations is 0.247, plus stands - 0.258, genetic reserves - 0.269, National Park "Bialowieza Forest" - 0.275.

МОЛЕКУЛЯРНО-ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЕСНОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Пантелеев С.В.¹, Баранов О.Ю.¹, Шестибратов К.А.², Колганихина Г.Б.³

¹ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», Беларусь forinstnanb@gmail.com

²ФГБУН «Институт биоорганической химии имени академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова», Россия; schestibratov@mail.ru

³ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса», Россия;
kolganihina@rambler.ru

В связи с повышением интенсивности использования лесных ресурсов все более актуальной становится потребность в получении большого количества высококачественного лесного посадочного материала. С этой целью ежегодно создаются и функционируют крупные фабрики по производству семян и саженцев – лесные питомники. На протяжении последних лет только в Беларуси ежегодно выращивается около 300 млн. шт. стандартного посадочного материала.

Одним из негативных факторов, снижающих выход и качество лесного посадочного материала в питомниках, являются инфекционные болезни. Актуальной становится проблема вторжения многочисленных чужеродных фитопатогенов, характеризующихся большей вредоносностью по сравнению с аборигенными видами. Как инвазивные, так и местные фитопатогены представляют собой значительную угрозу в области питомнического хозяйства, причиняя экономический и экологический ущерб лесной отрасли.

Существующие традиционные методы определения болезней растений характеризуются рядом недостатков и при их использовании часто возникают трудности с идентификацией возбудителей на видовом уровне. Решение данной проблемы требует разработки и внедрения в лесное хозяйство современных методов, позволяющих определять болезни лесного посадочного материала с высокой точностью, идентифицировать их возбудителей, в том числе инвазивных, на ранних этапах болезнетворного процесса. В настоящее время данным требованиям отвечает ведущий и наиболее надежный способ видовой идентификации возбудителей болезней – ДНК-анализ.

Отбор растительных образцов для молекулярно-фитопатологического анализа посадочного материала в лесных питомниках проводится круглогодично, вне зависимости от климатических, сезонных факторов и физиологического состояния растений.

В лесных питомниках Беларуси, на основании данных молекулярно-генетического анализа, диагностировано более 120 видов патогенных и условно-патогенных грибов, 50 из которых являются доминирующими. В наибольшей степени (23-34%) представлены некротрофные грибы родов *Phoma*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Epicoccum* и *Aureobasidium*. Выявлены инвазивные для Беларуси виды фитопатогенов посадочного материала древесных пород: *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyco et Sutton, *Sclerophoma pithya* (Sacc.) Died, *Sporobolomyces* sp. и др. Идентифицированы ранее неизвестные виды эндофитных микромицетов (идентификационные номера в базе данных генного банка NCBI GQ413953, GU984802 и др.)

Проблема получения большого количества высококачественного лесного посадочного материала разрешима благодаря применению метода ускоренного размножения – клонального микроразмножения. В процессе вегетативного размножения растений традиционными способами возникает проблема возрастания инфекционной нагрузки вследствие увеличения количества изначально зараженного материала. Одним из главных преимуществ клонального микроразмножения является возможность оздоровления посадочного материала от патогенных микроорганизмов. На основании вышеизложенного, проведена молекулярно-фитопатологическая диагностика микрофлоры клонов березы, осины и ясеня на этапах микроразмножения и укоренения *in vitro*, адаптации и доращивания *ex vitro*. Установлено, что способ клонального микроразмножения лесных древесных растений позволяет получать посадочный материал, свободный от инфекционной микрофлоры с учетом латентной инфекции.

MOLECULAR PHYTOPATHOLOGICAL ASSESSMENT OF FOREST PLANTING MATERIAL

Panteleev S.V.¹, Baranov O.Yu.¹, Schestibratov K.A.², Kolganihina G.B.³

¹Forest Research Institute National Academy of Sciences of Belarus, Belarus;
forinstnanb@gmail.com

²M.M. Shemyakin-Yu.A. Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Russia schestibratov@mail.ru

³Moscow State Forest University, Russia kolganihina@rambler.ru

Due to the increased intensity using of forest resources is becoming increasingly urgent need to produce large amounts of high-quality forest planting material. To this end, each year are created and operate large factories for the production of seedlings and saplings - forest nurseries. In recent years, in Belarus are grown each year about 300 million. pcs. standard planting material.

One of the negative factors that reduce yield and quality of forest planting material in nurseries are infectious diseases. Urgent becomes the problem of the invasion of numerous alien plant pathogens, characterized by more malware compared to native species. Invasive and local phytopathogens pose a significant threat in the nursery economy, causing economic and environmental damage to the forest sector.

The existing traditional methods for the determination of plant diseases are characterized by a number of disadvantages and using it often have difficulties with the identification of pathogens at the species level. The solution requires the development and implementation of modern forestry methods to detect disease of planting material with high precision, to identify the causative agents, including invasive, early in the pathogenic process. Currently, DNA analysis is the leading and most reliable way to identify the disease causative agents.

Sampling for plant tissue for molecular phytopathological analysis in forest nurseries held year-round, regardless of weather, seasonal factors and the physiological state of the plant.

In forest nurseries of Belarus, on the basis of molecular genetic analysis, detected more than 120 species of pathogenic and opportunistic fungi, 50 of which are dominant. In most (23-34%) are necrotrophic fungi genera *Phoma*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Epicoccum* and *Aureobasidium*. Identified invasive alien pathogens of forest planting material: *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyco et Sutton, *Sclerophoma pithya* (Sacc.) Died, *Sporobolomyces sp.* et al. Identified a previously unknown species of endophytic micromycetes (identification numbers in the Genebank NCBI GQ413953, GU984802 et al.).

The problem of a large number of high-quality forest planting material is solvable through the use of the accelerated method of reproduction – micropropagation. In the process of vegetative plant propagation by conventional methods have a problem of increasing the infectious load as a result of increasing the number of initially infected material. One of the main advantages of micropropagation is the possibility of improvement of planting material from

pathogenic microorganisms. Based on the foregoing, molecular diagnostics for the phytopathological microflora of the clones birch, aspen and ash on the stages of micropropagation and rooting *in vitro*, adaptation and rearing *ex vitro* carried out. It was found that the method of micropropagation of forest tree species produces planting material free of infectious microflora with the latent infection.

ИЗУЧЕНИЕ ТОЛЕРАНТНОСТИ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАЛЛУСНЫХ КУЛЬТУР *IN VITRO* В МОДЕЛИРУЕМЫХ СТРЕССОВЫХ УСЛОВИЯХ

Пардаева Е.Ю.^{1,2}, Табацкая Т.М.¹, Машкина О.С.^{1,2}

¹Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии, Воронеж

²Воронежский государственный университет, Россия; elena.pardaeva@mail.ru

Одна из актуальных проблем современности – выявление устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Для её решения используются различные методы и подходы, в том числе биотехнологический. К настоящему времени положительные результаты по изучению реакции клеточных и тканевых культур на различные условия культивирования получены в основном на сельскохозяйственных растениях, и в значительно меньшей степени – на древесных. С помощью использования питательных сред с заданными агентами (например, солями (NaCl, MgSO₄, KCl), тяжелыми металлами и др.) создаются биотехнологические модели в культуре *in vitro* с различной стрессорной нагрузкой, что дает возможность изучения стрессоустойчивости различных генотипов.

Нами изучено влияние засоления питательных сред (½ MS+ α-НУК (2мг/л)+6-БаП (0,5мг/л)) хлоридом натрия (NaCl) на каллусогенные реакции различных генотипов сосны обыкновенной. Объекты исследования – контрастные по степени устойчивости к засухе деревья сосны обыкновенной («устойчивые» и «чувствительные»), отобранные Н.Ф. Кузнецовой по признакам семенной продуктивности. Всего 5 деревьев, произрастающих в экологически благоприятном районе Воронежской области. Экспланты – стеблевые сегменты зеленых побегов сосны длиной 1-1.5 см, изолированные в мае месяце. Критерии оценки каллусогенеза: скорость инициации первичных каллусных культур (СК), интенсивность (ИК) и частота (ЧК) каллусогенеза, жизнеспособность каллусных культур (ЖК). Испытано несколько условий засоления NaCl: 1) 0.2-0.5%; 2) 1-1.5%; 3) 2%. Контролем служили культуры, растущие на средах без NaCl.

В целом наблюдалось угнетение ростовых процессов каллусных культур, которое усиливалось пропорционально увеличению содержания NaCl в питательной среде. Тем не менее, каллусогенные реакции в условиях солевого стресса были различны у разных генотипов и не всегда коррелировали с их групповой принадлежностью («устойчивые» или «чувствительные») и изученными показателями каллусогенеза в контроле. Так, например, каллусные культуры деревьев №23 («устойчивое») и №24 («чувствительное»), имеющие достаточно высокие значения ИК в контроле (3.7 и 3.6 балла), не выдерживали «засоление» среды даже при малых дозах NaCl (0.2-0.5%). Каллусные культуры дерева №12 («чувствительное») с низкой ИК (2.0-2.2 балла) как в контроле, так и в опытном варианте (0.2-0.5% NaCl) сохраняли достаточно высокую жизнеспособность (60%) в течение 20 дней. Культуры остальных деревьев, независимо от их групповой принадлежности («устойчивые» или «чувствительные») при тех же условиях культивирования сохранили жизнеспособность в диапазоне 0,2-0,5%. При увеличении содержания NaCl в питательной среде до 1.5% отмечено резкое снижение сохранности культур. Как и предполагалось, 2% концентрация NaCl была летальной для всех культур.

Таким образом, все каллусные культуры проявляли чувствительность к «засолению». Однако, каллусогенная реакция в условиях солевого стресса была неоднозначна и варьировала в зависимости от генотипа исходного дерева. Выявлены как толерантные генотипы к данному стресс-фактору, так и погибающие в течение первых

дней его воздействия. Полученные данные о чувствительности каллусогенезов, дифференциации в ответах показали возможность использования их особенностей в комплексной оценке устойчивости деревьев к стрессовым факторам.

STUDY OF TOLERANCE OF SCOTS PINE TREES (*PINUS SYLVESTRIS* L.) USING CALLUS CULTURES *IN VITRO* IN MODELED STRESS CONDITIONS

Pardayeva E.Yu.^{1,2}, Tabatskaya T.M.¹, Mashkina O.S.^{1,2}

¹Research institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia

²Voronezh State University, Voronezh, Russia; elena.pardaeva@mail.ru

One of the actual problems of our time is the identification of plant resistance to adverse environmental factors. For its decision used different methods and approaches, including biotechnology. To date, the positive results of a study of the cultures cell and tissue reaction to various culture conditions were obtained mainly on agricultural plants, and a significantly lesser extent – on woody. By using the nutrient media with desired agents (for example, salts (NaCl, MgSO₄, KCl), heavy metals and others) are created biotechnological models *in vitro* culture with varying stress load, which gives the opportunity to study stress resistance of different genotypes.

We have studied the influence of salinization culture media (½ MS + α-NAA (2mg/l) + 6-BAP (0.5 mg/l)), sodium chloride (NaCl) on reactions of callusogenesis of different genotypes of Scots pine. Objects of research - Scots pine trees contrasting in degrees of drought resistance («resistant» and «sensitive») selected by the N.F. Kuznetsova on the basis of seed production. Total 5 trees that grow in ecologically auspicious district of Voronezh region. Explants - stem segments of green pine shoots 1-1.5 cm long, isolated in the month of May. Criteria for assessing of callusogenesis: the speed of initiation of primary callus cultures (SC), intensity (IC) and frequency (FC) of callusogenesis, callus cultures vitality (VC). Tested several conditions of NaCl salinization: 1) 0.2-0.5%; 2) 1-1.5%; 3) 2%. Culture grown on media without NaCl served as a control.

Generally, there was inhibition of growth processes of callus cultures which amplified proportionally to the increase of content NaCl in the nutrient medium. Nonetheless, reaction of callusogenesis under salt stress were different in various genotypes and do not always correlated with their group affiliation («resistant» or «sensitive») and the studied parameters of callus formation in control. For example, callus cultures of trees №23 («resistant») and №24 («sensitive») having sufficiently high values of IC in the control (3.7 and 3.6 points), could not withstand the «salinization» of environment, even at low doses of NaCl (0.2-0.5%). Callus culture of wood №12 («sensitive») with low IC (2.0-2.2 points) as in the control and as in the experimental variant (0.2-0.5% NaCl) saved sufficiently high vitality (60%) for 20 days. Culture of other trees irrespective of their group belonging («resistant» or «sensitive») under the same culture conditions preserved the vitality in the range of 0.2-0.5%. With increasing content of NaCl in the medium up to 1.5% showed a severe decrease in preservation of cultures. As expected, the NaCl concentration of 2% was lethal to all plants.

Thus, all the callus cultures showed sensitivity to «salinization». However, reaction of callusogenesis under salt stress was ambiguous and varied depending on the genotype of the original tree. Identified as tolerant genotypes to this stress factor, and dying within the first days of its impact. Data obtained on the sensitivity of callusogenesis, differentiation in the responses showed the possibility of using their features in a comprehensive assessment of the stability of trees to stress factors.

УЧАСТИЕ СТРЕССОВЫХ БЕЛКОВ-ДЕГИДРИНОВ В ФОРМИРОВАНИИ МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТИ *PINUS SYLVESTRIS* КРИОЛИТОЗОНЫ

Перк А.А., Пономарев А.Г., Татарина Т.Д., Васильева И.В., Бубякина В.В.

ФГБУН Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Россия; aperk@mail.ru"

Сосновые леса Якутии по своей распространенности (почти 7% лесопокрытой территории) занимают второе место после лиственничников республики (Тимофеев, 2003). Меньший экологический ареал сосны здесь обусловлен тем, что она не выдерживает конкуренции с лиственницей на водораздельных пространствах и надпойменных террасах рек. Вместе с тем сосна является основным сырьем для деревоперерабатывающей промышленности в виду ценных свойств ее древесины. Как и любой вечнозеленый вид, в зимний период сосна подвергается воздействию холодого фактора, причем низкотемпературный стресс затрагивает не только почки и однолетние побеги, но и зеленые части растений – листья (хвоя). В связи с этим интересным является изучение специфических белков, которые синтезируются в растениях в ходе подготовки к зимнему покою и способствуют выживанию в условиях экстремального холода криолитозоны. К таковым относятся белки-дегидрины, которым в последнее время отводится одна из основных ролей при формировании криорезистентности растений. Вероятная функция дегидринов – участие в защите клеток от обезвоживания у зимующих видов растений на этапе формирования экстраклеточного льда, а их уровень может быть использован в качестве не прямых стресс-маркеров морозоустойчивости.

Целью настоящей работы явилось выявление особенностей внутривидового полиморфизма и сезонной динамики дегидринов однолетней хвои – органа наиболее подверженного холодному стрессу сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. в уникальных климатических условиях Центральной Якутии.

Сбор полевых материалов осуществляли в 2009-2014 гг. ежемесячно на постоянных пробных площадях в лесопарковой зоне на территории Ботанического сада ИБПК СО РАН (г. Якутск, 62°15' с.ш., 129°37' в.д.). Использовали однолетнюю хвою средневозрастных растений сосны обыкновенной. Подробно изучена сезонная динамика и полиморфизм дегидринов отдельных растений.

Для выделения суммарных белков из хвои сосны (6 г) применяли электрофорез в 12.5% SDS-PAGE. Идентификацию дегидринов выполняли с помощью поликлональных антител против их консервативного К-сегмента (Agrisera, Sweden). Дегидрины визуализировали при помощи кроличьих антител, конъюгированных с щелочной фосфатазой (Sigma, USA).

При сравнении экземпляров сосны обыкновенной выявлен небольшой внутривидовой полиморфизм дегидринов у изученной популяции. Мажорные дегидрины были представлены двумя группами: средне- (мол. масса 66 kDa, а также 127 и 140 kDa) и низкомолекулярные (мол. масса 15 kDa) полипептиды. Основные средне- (мол. масса 66 kDa) и низкомолекулярные (мол. масса 15 kDa) дегидрины у индивидуальных растений различались количественно. Кроме того, только 15 kDa-дегидрин, в отличие 66 kDa-дегидрина, обладал выраженной сезонной динамикой, что предполагает его связь с морозоустойчивостью растений. Он отсутствовал полностью во время вегетации и появлялся вновь в начале осеннего сезона при подготовке к зимнему покою. Данный дегидрин достигал относительно постоянного уровня в октябре, в конце фенологической осени в Центральной Якутии. У отдельных экземпляров растений наблюдались различия во времени появления и исчезновения низкомолекулярных дегидринов.

Таким образом, в однолетней хвое *P. sylvestris* Центральной Якутии обнаружены стрессовые белки-дегидрины со стабильно высоким содержанием в период покоя. Среди них 15 kDa-дегидрин можно связать с формированием экстремальной

морозоустойчивости растений криолитозоны, а также предположительно использовать в качестве маркера криорезистентности.

CONCERN OF STRESS PROTEIN DEHYDRIN IN THE FROST HARDINESS DEVELOPMENT OF *PINUS SYLVESTRIS* IN CRYOLITHOZONE

Perk A.A., Ponomarev A.G., Tatarinova T.D., Vasilyeva I.V., Bubyakina V.V.

Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia; aaperk@mail.ru

In Yakutia pine forests of take the second place after the larch and take (almost 7% in the forested area of the Republic) (Timofeev, 2003). On watershed areas and flood plain terraces of rivers pine can not compete with larch and therefore has a smaller ecological area. Valuable properties of pine wood make it the main raw material for the wood industry. Cold stress not only affects the buds, annual shoots, but leaves (needles) and green parts of coniferous trees. Therefore it is of interest to study of specific proteins that synthesized in plants preparation for the dormancy period in winter and plants survival in conditions of extreme cold in the permafrost zone. Among them there are proteins dehydrins which play a major role in the processes of plants cryoresistance. It is assumed that the dehydrins are involved in the protection against dehydration overwintering plants of plant cells (extracellular ice formation step). Dehydrins may be indirect markers of stress-hardiness in plants.

The aim of this work is to characterize of intraspecific polymorphism and seasonal dynamics of scotch pine one-year needles dehydrins *Pinus sylvestris* L. in the unique climatic conditions of Central Yakutia.

The field material was sampled monthly in 2009-2014 from the plots of the forest park at the Botanical Garden of the Institute for Biological Problems of the Cryolithozone (Siberian Branch, Russian Academy of Sciences) located in Yakutsk (62°15' N, 129°37' E).

One-year needles of Scots pine middle age has been the subject of study. It was got detailed in formation on the seasonal dynamics and polymorphism dehydrins individual plants. For isolation of total proteins from pine needles (6 g) electrophoresis was used in 12.5% SDS-PAAG. Dehydrins were identified using the polyclonal antibody against dehydrin conserved K-segments (Agrisera, Sweden). Dehydrins were visualized by antirabbit antibody conjugated with alkaline phosphatase (Sigma, United States).

Small intraspecific polymorphism through comparative analysis dehydrin was identified in the studied populations of Scots pine. The two major groups are dehydrin: medium molecular weight polypeptides (66 and 127kD, 140 kD) and low molecular weight polypeptides (15 kD). The quantitative difference in content medium molecular weight dehydrins (66kDa) and low molecular weight dehydrins (15kDa) was found among individual plants. Likely to have a pronounced seasonal dynamics of 15 kD dehydrin associated with frost resistance of plants as opposed to 66-kD dehydrin. During the growing season 15-kD dehydrin was completely absent at the beginning of the fall season and in preparation for the winter dormancy reappeared. Dehydrin 15-kD attained a relatively stationary level by the end of phenological autumn – October in the Central Yakutia. Found differences in the time of appearance and disappearance of low-molecular dehydrins in individual specimens of plants.

Thus, in Central Yakutia in a dormancy period in *P. sylvestris* one-year needles was found high level of stress proteins dehydrins. Dehydrin 15-kD cryolithozone plants can be probably related with the process of extreme cold hardiness and can be used as a marker cryoresistance.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КЕДРА СИБИРСКОГО (*PINUS SIBIRICA* DU TOUR): СТРУКТУРА И ВЗАИМОСВЯЗЬ НЕЙТРАЛЬНОГО И АДАПТИВНОГО КОМПОНЕНТОВ

Петрова Е.А., Горошкевич С.Н.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск;
e_a_petrova@mail.ru

Понятия «популяция» и «экотип» вошли в генетическую терминологию почти одновременно, в первой четверти 20-го века, и до сих пор используются параллельно, иногда необоснованно заменяя друг друга. При определении популяции основное значение отводится способности включенных в нее особей скрещиваться, вследствие чего они находятся в определенной степени родства. Под экотипом понимают группу репродуктивно совместимых особей, у которых в процессе приспособления к условиям местообитания выработались наследственно закрепленные морфологические, физиологические, биохимические и другие особенности. В каких случаях эти понятия могут быть применены к пространственно интегрированным совокупностям особей, а в каких – нет? Ответ на этот вопрос может быть получен с помощью оценки величины изменчивости нейтральных и адаптивных признаков изучаемых организмов. В категорию «популяция» попадает широкий спектр совокупностей – от нескольких деревьев одного вида, произрастающих поблизости и обменивающихся генетическим материалом посредством перекрестного опыления, до гибридного комплекса, образованного двумя репродуктивно совместимыми видами. Результаты многолетних исследований гибридной зоны кедра сибирского и кедрового стланика указывают на глубокую интеграцию генофондов этих видов. По всей громадной области перекрытия ареалов, два этих вида вместе с гибридами разных поколений образуют единые, хотя и достаточно специфические популяции. Примером существования нескольких почвенных экотипов в пределах одной популяции могут служить лесоболотные комплексы кедра сибирского в южной подзоне тайги. Генетическая подразделенность между выборками из разных типов леса (от сфагновых до разнотравных) незначительна ($F_{ST}=0,04$). Это обусловлено интенсивным генетическим обменом на уровне пыльцы и семян между почвенными экотипами, в то время как их различия по адаптивным признакам очевидны и достаточно велики. Сходство факторов отбора в разных типах лесорастительных условий обуславливает адаптивную конвергенцию соответствующих фрагментов разобщенных популяций. В трех кедровниках, отстоящих друг от друга на сотни километров, обнаружено увеличение частоты редкого аллеля локуса формиадегидрогеназы в группах деревьев, произрастающих в долинах рек, по сравнению с деревьями, произрастающими в притеррасной части. Это свидетельствует о селективном значении аллозимного полиморфизма в популяциях кедра сибирского. Популяционная интеграция климатических экотипов кедра сибирского в равнинной части ареала затруднена большими расстояниями. В горных же районах высотные, то есть климатические по своей сути, экотипы могут иметь достаточно высокий уровень популяционной интеграции за счет обмена генами на семенном уровне. Тем не менее, между высотными экотипами наблюдается высокий уровень дифференциации по адаптивным признакам. Оптимальный генотипический состав каждого из высотных экотипов формируется в каждом поколении путем отбора из «местного» и привнесенного генетического материала. Северные экотипы кедра сибирского, принадлежащие к Уральскому и Западно-Сибирскому секторам ареала, по данным анализа аллозимной изменчивости, принадлежат разным группам популяций, происходящих из Уральского и Алтае-Саянского плейстоценовых рефугиумов, соответственно. Однако приспособление к произрастанию в специфических условиях Севера (низкая теплообеспеченность и длинный день) привели к образованию сходных адаптивных генотипических комплексов – адаптивной конвергенции популяционных

групп. Таким образом, в природе наблюдается достаточно широкий диапазон адаптивной и нейтральной изменчивости, соотношение которых позволяет диагностировать различия между выборками на популяционном и/или экотипическом уровне.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, грант № 13-04-01649/а.

GENETIC VARIATION IN SIBERIAN STONE PINE (*PINUS SIBIRICA* DU TOUR): STRUCTURE AND RELATION OF NEUTRAL AND ADAPTIVE COMPONENTS

Petrova E.A., Goroshkevich S.N.

Institute of monitoring of climatic and ecological systems, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Tomsk; e_a_petrova@mail.ru

Terms “population” and “ecotype” come to forest genetics contemporary in the first quarter of XX century, and using in parallel, sometimes change each other groundlessly. The most importance in determination of “population” is a degree of inhering individuals relationship in consequence of mating. “Ecotype” is a group of reproductively compatible individuals, which acquire similar inherited morphological, physiological and biochemical traits as result of adaptation to environment of certain habitation. Are these definitions should be applied to spatially integrated assemblage of individuals? We can answer this question if evaluate variation of adaptive and neutral traits. “Populations” are broad range of assemblages – from several trees, neighbor growing and have genetic material exchange by cross-pollination, to hybrid complex consisted of two reproductively compatible species. Results of long-term investigation of Siberian Stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) and Siberian Dwarf pine (*Pinus pumila* Pallas Regel) hybrid zone indicate deep introgression of species gene pool. Across area of ranges overlapping these species together with hybrids of different generations form unite, though specific populations. Forest-bog complexes with Siberian Stone pine in south taiga can be taken as an example of several soil ecotypes within the bounds of one population. Genetic subdivision between samples of different forest types (from sphagnum peat moss forest to forbs forest) is low ($F_{ST}=0,04$). Low level of genetic subdivision results from high gene flow via seeds and pollen between soil ecotypes, while its differentiation by adaptive traits is obvious and great. Similarity of selection factors in certain forest type result in adaptive convergence of the population fragment. In three forest stands studied we find increased frequency of rare allele of FDH locus in Siberian Stone pine tree groups growing on river valley compared to groups growing on river terraces. It is evidence of allozyme polymorphism selective advantage in Siberian Stone pine populations. Integration of Siberian Stone pine climatic ecotypes in the plan part of range is limited by great distances between them. In mountain regions, ecotypes growing at different elevation are climatic, but its high integrated because of intensive gene exchange via seeds. Nevertheless, high differentiation on adaptive traits between mountain ecotypes is observed. Optimal genotypic structure of mountain ecotype is formed each generation through selection of «local» and «introduced» genotypes. Northern Siberian Stone pine ecotypes allowing to Ural and West-Siberian sectors of the species range have originated from different Pleistocene refuges that confirmed by allozyme data analysis. At the same time adaptation to northern condition (low temperature and long light day) results in formation of similar adaptive genotypic complexes – adaptive convergence of populations. Thus in Siberian Stone pine we observed broad range of adaptive and neutral traits variation, which proportion give capability to diagnose differentiation between samples on population and/or ecotype level.

The study supported by RFBR grant № 13-04-01649/а.

РЕПРОДУКТИВНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ СУХОДОЛЬНЫХ И БОЛОТНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *PINUS SYLVESTRIS* L. ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И РУССКОЙ РАВНИНЫ

Петрова И.В., Санников С.Н., Черепанова О.Е.

Ботанический сад УрО РАН, Россия; botgarden.olga@gmail.com

Обширные массивы голоценовых болот лесной зоны Северной Евразии представляют собой качественно новую адаптивную зону для популяций сосны

обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), расселявшихся на север из плейстоценовых рефугиумов. Согласно парадигме XX в. (Кобранов, 1912; Аболин, 1915; Сукачев, 1934; Правдин, 1964; Бобров, 1978), многообразные морфы сосны обыкновенной на болотах – не более, чем «почвенный экотип», генетически идентичный ее суходольным поселениям. Позднее в итоге палеоботанических, экологических, фенологических, фенотипических и аллозимных исследований нами была предсказана (Санников и др., 1976), а затем открыта и разносторонне изучена в различных подзонах Западной Сибири и Русской равнины (Гришина, 1979; 1985; Петрова и др., 1989, 2013; Петрова, Санников, 1996, 2001; Санников, Петрова, 2003, 2011; и др.) отчетливая фенологическая репродуктивная изоляция и генетическая граница между поселениями *Pinus sylvestris* на суходолах и смежных верховых болотах. В итоге исследований, можно сделать следующие выводы.

По режимам всех факторов почвенной среды (содержанию влаги, гумуса, кислорода, элементов корневого питания и т.д.) сосняки на болотах, особенно верховых, существенно отличаются от суходольных. На юге лесной зоны Западной Сибири экологический минимум для начала роста корней (5° C) и фенофазы пыления-«цветения» деревьев сосны на верховых болотах наступают на 10–20 дней, а на переходных на 5–15 дней позднее, чем на суходолах. Следствием является стабильная репродуктивная фенологическая изоляция между популяциями сосны на верховых болотах и суходолах, возрастающая с увеличением континентальности климата – с 20-30% на севере Русской равнины до 90-95% на юге Западной Сибири (в меньшей мере между поселениями сосны на переходных болотах и суходолах).

По данным аллозимного анализа, в связи с репродуктивной изоляцией ($R^2 = 0.52$) генетические дистанции Неи (Nei, 1978; DN_{78}) между смежными популяциями сосны на суходолах и верховых болотах достоверно возрастают с 0.004-0.007 в северной тайге Западной Сибири и Русской равнины до 0.009-0.011 в предлесостепи, где достигают ранга средне подразделенных популяций. Почти во всех экотонах суходолов и верховых болот (в меньшей степени – переходных) выявляется резкий градиент генетических дистанций между популяциями. В то же время DN_{78} между почти синхронно «пылящими» древостоями в пределах болот или суходолов не превышают 0.002-0.005, т.е. ранг субпопуляций. Сравнительный анализ комплекса фенотипических признаков натуральных популяций и посевов их потомств с верхового болота и суходола на тщательно выравненном экофоне песчаной почвы суходола показал их высоко достоверную дифференциацию, особенно по параметрам морфогенеза всходов, корней, кроны и репродуктивных органов деревьев.

В итоге обобщения результатов эколого-генетических исследований в Западной Сибири и на Русской равнине на базе принципов дедуктивного вывода обоснована теория дивергенции болотных популяций *P. sylvestris* от суходольных в голоцене под влиянием дизруптивного отбора, репродуктивной изоляции и других факторов микроэволюции (Санников, Петрова, 2011; Петрова и др., 2014). Ее генетические, экологические и географические следствия подтверждены большинством известных фактов.

Актуальными проблемами дальнейшего развития изучения болотных популяций сосны обыкновенной являются обоснование их генотаксономического статуса, методов картографирования и использования в лесном семеноводстве, селекции и гибридизации.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН (№ 15-12-4-13).

REPRODUCTIVE ISOLATION AND GENETIC DIFFERENTIATION OF DRY LAND AND BOG *PINUS SYLVESTRIS* L. POPULATIONS IN WESTERN SIBERIA AND RUSSIAN PLAIN

Petrova I.V., Sannikov S.N., Cherepanova O.E.

Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Russia;
botgarden.olga@gmail.com

Vast massives of Holocene bogs of Northern Eurasian forest zone represent a qualitative new adaptive zone for Scots pine populations (*Pinus sylvestris* L.), settled to the north out of Pleistocene refugiums. According to 20th century paradigm (Kobranov, 1912; Abolin, 1915; Sukachev, 1934; Pravdin, 1964; Bobrov, 1978) diverse morphs of Scots pine at bogs are not more than “soil ecotype” genetically identical to its dry valley settlings. Later, in the result of paleobotanical, ecological, phenological, phenotypical and allozyme researches we predicted (Sannikov et al., 1976) and then discovered and many-sidedly studied in different subzones of Western Siberia and Russian Plain (Grishina, 1979; 1985; Petrova et al., 1989, 2013; Petrova, Sannikov, 1996, 2001; Sannikov, Petrova, 2003, 2011; et al.) a distinct phenological reproductive isolation and genetical border between settlings of *P. sylvestris* in dry land and adjacent high bogs. As a result of the researches one can make the following conclusions:

Judging by conditions of all the factors of the soil environment (contents of moisture, humus, oxygen and content of the elements of root nutrition e.t.c.) pine forests on the bogs, especially on the up-high bogs, differ extremely from the ones on the waterless valleys. In the south of Western Siberia forest ecological minimum for roots growth (5° C) begin and pollen-flowering phenophases of pine trees on the high bogs come 10–20 days and on the transitional ones 5–15 days later than on the dry land. The consequence is stable reproductive phenological isolation between pine populations at the high bogs and at the dry land which increase with increasing continentality of climate – from 20–30% in the north of Russian Plain to 90–95% in the south of Western Siberia (lesser between pine settlings on the transitional bogs and dry land).

According to the data of allozyme analysis, in connection ($R = 0.52$) with reproductive isolation, Nei’s genetic distances (Nei, 1978; DN) between adjacent pine populations on the dry land and high bogs authentically increase from 0.004–0.007 in the northern taiga of Western Siberia and Russian Plain to 0.009–0.011 in for-forest-steppe, where they reach the rank of mean-subdivided populations. The sharp gradient of genetic distances between populations is revealed almost in all ecotones between of dry land and high bogs (less – in transitional ones). At the same time DN among almost synchronously “pollening” stands within bogs or dry land do not exceed 0.002–0.005 i.e. the rank of subpopulations. Comparative analysis of a complex of phenotypical traits of natural populations and sowings of their off springs from a high bog or a dry land onto carefully smoothed ecobackground of dry land sand soil showed their highly statistically significant differentiation, especially on parameters of morphogenesis of shoots, roots, crowns and reproductive organs of trees.

As a result of generalization of ecology-genetical research data in Western Siberia and in Russian Plain on the base of deductive conclusion principles, the theory of divergence of *P. sylvestris* bog populations from the dry land ones in Holocene under the influence of disruptive selection, reproductive isolation and other factors of microevolution was based (Sannikov, Petrova, 2011; Petrova et al., 2014). Its genetic, ecological and geographical consequences are confirmed by the majority of known facts.

The actual problems of further development of Scots pine bog populations study are the substantiation of their genotaxonomic status, methods and using in forest seed-growing, selection and hybridization.

The work is done under the support of the Programme of fundamental researches of the Ural Division of Russian Academy of Sciences (№15-12-4-13).

ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ НА АРЕАЛАХ ХВОЙНЫХ ПАЛЕАРКТИКИ

Политов Д.В.

Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН

Представления о дифференциации видовых генофондов хвойных растений, иерархической организации популяционных систем и о происходящих них процессах трансформировались по мере накопления теоретических и эмпирических знаний. Особую роль в этом играют данные, полученные с помощью молекулярных методов, позволяющие количественно оценивать параметры генетической структуры популяций. В популяционной генетике характеристиками подразделенности являются статистики F_{ST} , G_{ST} , R_{ST} , N_{ST} и аналогичные, имеющие общий смысл доли межпопуляционной компоненты в общей изменчивости вида. Долгое время в лесной генетике господствовали представления о почти неограниченной панмиксии в популяциях древесных растений. Они основаны на видимом отсутствии существенных преград для потока генов в пределах центральной части ареалов, анемофильности большинства видов, а у многих семейств и распространении семян с помощью ветра (анемохории). Широкая норма реакции деревьев, относительное однообразие экологических условий на большей части ареалов приводит к формированию протяженных, практически непрерывных насаждений, что способствует интенсивному потоку генов. Популяционная структура вида формируется в результате баланса факторов, действующих разнонаправлено. Одна группа факторов способствуют интеграции генофонда, вторая – той или иной степени его пространственной дифференциации. К факторам первой группы относятся миграция и балансирующий (в более общем смысле – стабилизирующий) отбор. Ко второй группе – мутационный процесс, дрейф генов при первичном расселении («эффект основателя») или при резком падении численности популяции («бутылочное горлышко»), дизруптивный (в более общем смысле – разнообразящий) отбор. Факторами, способствующими дифференциации, также являются физические, фенологические, этологические и прочие механизмы изоляции, наличие градиентов средовых параметров, мозаичность условий, гибридизация с другими видами на краях ареала. Межлокусные различия в значениях F_{ST}/G_{ST} , а также нарастание среднепопуляционной гетерозиготности на поздних стадиях развития позволяют судить о протекании селективных процессов, вычленив из преобладающей массы нейтральных маркеров те, которые или сами вовлечены в процессы адаптации, или сцеплены с адаптивно важными генами.

Внутривидовая генетическая дифференциация хвойных Палеарктики (сосны, ели, пихты, лиственницы) по ядерным маркерам в центральной части ареалов не превышала 1-6%, а на окраинах ареалов, в островных популяциях, в регионах с необычными для вида условиями, в зонах интрогрессии была существенно выше (4-12% и более). В целом интеграционные процессы преобладают в ядре ареала, дифференциационные – на периферии. В то же время географически маргинальные популяции не всегда обнаруживают столь резкие различия от ядра генофонда, как экологически контрастные.

POPULATION GENETIC FACTORS OF SPATIAL DIFFERENTIATION ACROSS THE RANGES OF PALEARCTIC CONIFERS

Politov D.V.

N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences

Views on the differentiation of the species gene pools in conifer trees of the Palearctic, hierarchical organization of their population systems and underlying genetic processes have been transformed over years in process of accumulation of theoretical and empirical knowledge. The data obtained by molecular tools play the key role in quantification of population genetic

structure parameters. In population genetics, subdivision among populations is measured by F_{ST} , G_{ST} , R_{ST} , N_{ST} and analogous statistics with general sense of proportion of interpopulation component of variability in the total variation of a species. Ideas on limited panmixia in forest trees populations dominated in forest genetics for a long time. These views are based on a seeming lack of substantial barriers for gene flow in the central parts of species ranges, wind-mediated pollen and seed dispersal. Broad reaction norm, relative uniformity of living conditions across large part of the species range leads to formation of extensive practically continuous stands that favors intensive gene flow. Population structure of a species is a result of balance of factors acting in alternate directions. One group of factors promotes integration of gene pools while the other facilitate spatial differentiation. First group of factors include migration and balancing, or, in more general sense, stabilizing selection. The second group comprise mutation, genetic drift at dispersal («founder effect») of during population size reduction («bottleneck»), disruptive (in general sense diversifying) selection. Physical, phenological and other mechanisms of isolation as well as gradients or mosaics of environmental conditions, hybridization with other species on the range edges also contribute to differentiation. Inter-locus variability in F_{ST}/G_{ST} values and increase of population heterozygosity from early to late ontogenetic stages encourage dissection of selective processes and revealing adaptive genes among the prevailing massive of neutral markers.

Intraspecific genetic differentiation in Palearctic conifers (such as pines, spruces, firs, and larches) by nuclear markers in the central parts of their ranges did not exceed 1-6%. At the same time differentiation at species margins, in isolated (island) stands, in the regions with unusual conditions, and in introgression zones was substantially higher, 4-12% or even more. Integration processes generally predominate in core part of a range while differentiation prevails at the periphery. Geographically marginal populations do not always demonstrate the same high differentiation levels as ecologically contrasting stands.

СТЕЛЮЩИЕСЯ ВИДЫ СОСНОВЫХ КАК ПРОДУКТ ЭВОЛЮЦИОННОГО НОМОГЕНЕЗА И АДАПТИВНОЙ КОНВЕРГЕНЦИИ

Попов А.Г., Горошкевич С.Н., Суязов Н.С., Хуторной О.В.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Россия;
popovaleksa@yandex.ru

В семействе сосновые (*Pinaceae*) абсолютно преобладают виды с жизненной формой прямостоячего дерева. Стелющихся субальпийских видов всего три. Это кедровый стланик (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) с огромным ареалом в горах Восточной Сибири и Дальнего Востока России, сосна горная (*Pinus mugo* Turra.) с ареалом среднего размера в горах Европы и ель стелющаяся (*Picea prostrata* Isakov) с локальным ареалом в Северном Тянь-Шане. Виды с промежуточной жизненной формой отсутствуют, что позволяет рассматривать стелющиеся виды как продукт эволюционного номогенеза. Три стелющихся вида появились на разных ветвях филогенетического древа сосновых в разных регионах Евразии, но развивались в очень специфических условиях субальпийского криволеся, что позволяет рассматривать их также и как продукт адаптивной конвергенции. На границе лесного и субальпийского поясов стелющиеся виды совместно произрастают и гибридизируют с их прямостоячими «родственниками»: кедром сибирским (*Pinus sibirica* Du Tour), сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), елью Шренка (*Picea schrenkiana* Fisch. & С.А. Mey.). Цель работы – комплексное сравнительное исследование близкородственных упомянутых выше прямостоячих и стелющихся видов, а также естественных и искусственных гибридов между ними, с целью выявления структуры разнообразия в этой модельной системе.

Для образования субальпийских стелющихся видов из лесных прямостоячих достаточно одного единственного принципиального новообразования: избирательного апикального доминирования в системе ветвления. У прямостоячих видов это характерно

лишь для завершающих этапов онтогенеза. Стелющиеся виды, по-видимому, произошли от прямостоячих способом выпадения из онтогенеза всех этапов, кроме последнего. С первых лет жизни и на всем ее протяжении для них характерны избирательное доминирование и вызванная им полиполярность системы ветвления. Все остальные морфологические и физиологические различия являются производными, вторичными. Они могут быть как одинаковыми у стелющихся видов, так и существенно различаться в зависимости от исходной генетической основы и разнообразия экологических условий.

В обеих гибридных зонах продукты гибридизации встречаются примерно одинаково часто. У 5-хвойных сосен гибриды 1-го поколения чаще образуются и лучше выживают. У 2-хвойных сосен гибриды образуются реже, но активней участвуют в популяционных процессах как на семенном, так и на пыльцевом уровне. Реального видообразовательного потенциала гибриды, видимо, не имеют. Для деревьев с промежуточной жизненной формой просто нет свободной экологической ниши. Это не исключает сетчатого компонента эволюции: между прямостоячими и стелющимися видами происходит активный генетический обмен, что увеличивает генетическое разнообразие и расширяет адаптивную норму каждого из видов.

Жизненная форма стланца способствует освоению очень разнообразных (в том числе, контрастных) экологических ниш, непригодных для существования прямостоячих видов. Климатический и почвенный ареалы в координатной системе из двух наиболее значимых осей (теплообеспеченности и континентальности климата, кислотности и увлажнения почвы) у кедра сибирского представляют собой относительно небольшие круги, а у кедрового стланика – кольца, внутренняя окружность которых примерно совпадает с границами кедровых кругов, наружная же имеет значительно больший радиус. Преобладание дифференцирующих или интегрирующих генофонд тенденций приводит к тому, что внутри- и межпопуляционная изменчивость морфологических (в том числе, адаптивных) признаков у кедрового стланика значительно выше, чем у кедра сибирского.

DWARF PINE SPECIES AS A PRODUCT OF EVOLUTION NOMOGENESIS AND ADAPTATION CONVERGENCE

Popov A.G., Goroshkevich S.N., Suyazov N.S., Khutornoy O.V.

Institute of monitoring of climatic and ecological system, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia; popovaleksa@yandex.ru

Species with a life form of upright tree are absolutely prevalent in the pine family (*Pinaceae*). There are only three dwarf subalpine species. It Japanese stone pine (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) widely distributed in the East Siberia and the Russia Far East mountains, Swiss mountain pine (*Pinus mugo* Turra.) with medium-size natural habitat in the European mountain and prostrate spruce (*Picea prostrata* Isakov) with local natural habitat in the north Tien-Shan. Species with the intermediated life form are absent, that allow considering the prostrate species as a product of evolution nomogenesis. Three prostrate species originated on the different branches of phylogenetic pine tree in the different European region, but it's developing in very specific habitats of subalpine elfin woodland, that allow considering it's just as the product of adaptive convergence. Prostrate species are growing and hybridize on the limit tree and subalpine belts together with its upright "relatives": Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour), Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), Schrenk's spruce (*Picea schrenkiana* Fisch. & C.A. Mey.). The aim of a present research is a comprehensive comparative investigation of closely-related above said upright and prostrate species, and also natural and artificial hybrids among them for the purpose of to reveal of structure diversity in this model system.

For the generating subalpine prostrate species from the forest upright ones is sufficiently a single principal neo formation namely the selective apical dominance in it branching system. In upright species this phenomenon appears on the last stages of ontogenesis. The prostrate species, apparently, originated from upright ones way falling-out from ontogenesis of all stages except

the last one. During the first years of life and all of its time the prostrate species characterized by selective dominance and producing it the multi-polarity of branching system. All the others morphological and physiological differences are appear derivative, secondary. They may be both the same in prostrate species as considerably differenced depending on the initial genetical base and diversity of ecological conditions.

The hybridization products appeared approximately equally in both hybrid ranges. The hybrids of first generation in 5-needle pines are frequently appeared and survived. The hybrids in 2-needle pines appeared rare, but more active take part in population processes both on seed as on pollen level. The hybrids, apparently, are having not real potential of speciation. The free ecological niche is quite absent for trees with intermediated of life form. This is not except of reticular component of evolution: the active genetic exchange is occur between upright and prostrate species, that is increased the genetic diversity and adaptive norm to each species.

The prostrate life form is enabling to adaptation by very different (including contrasting) ecological niches, unfit for existence upright species. The climatic and soil natural habitat in coordinate system from two most significant axes (of heat availability and continentality of climate, acidity and humidification of soil) in Siberian stone pine are corresponding relatively a not great circles, while in Japanese stone pine – a rings, interior circumference of which approximately to coincide with the boundaries of Siberian stone pine circles, whereas the external one have a significantly greater radius. Prevalence of differentiated or integrated the gene pool tendencies result in intra- and interpopulation variability of morphological (including adaptive) features in Japanese stone pine considerable higher, than in Siberian stone pine.

ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА И СОХРАНЕНИЕ ГЕНОФОНДА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

Путенихин В.П.

Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, Россия; vpp99@mail.ru

Основной целью работы являлся анализ популяционной дифференциации сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на территории Южного Урала и Приуралья в плане теоретического обоснования мер по сохранению генофонда вида на популяционной основе. Соответственно пространственной структуре ареала было выделено 20 основных районов обитания сосны обыкновенной, в которых произведена закладка 43 пробных площадей. Изучены 17 количественных и качественных морфологических признаков генеративных органов (шишек, семенных чешуй и семян).

С использованием разнообразных биометрических подходов, в том числе многомерных были выделены 3 группы выборок, интерпретированных как фенотипически дифференцированные биологические популяции. В соответствии с географическим положением они названы горной южноуральской популяций, равнинно-плоскогорной предуральской (Бельско-Камско-Уфимской) популяцией, холмистой западно-предуральской (Бугульминско-Белебеевской) популяцией. Первая из них представлена наиболее крупными по площади местообитаниями сосны обыкновенной в центральной части Башкирского и Челябинского Южного Урала, Зауралья, Зилаирского плато (южная окраина Уральских гор), а также предуральскими островными участками Месягутовской лесостепи и восточной окраины Уфимского плато. Равнинно-плоскогорная популяция располагается в пределах выровненного Бельско-Камского междуречья и по р. Уфе (западный край Уфимского плато). Наконец, третья (западно-предуральская) популяция представлена мелкими разрозненными участками сосновых насаждений Бугульминско-Белебеевской возвышенности; от остальных популяций она отделена обширными лесостепными, лишенными сосны, пространствами.

В обширной по площади горной популяции шишки и семена несколько превышают по крупности и массе соответствующие показатели для Среднего и Северного Урала. Вместе с тем, она заметно уступает в этом отношении островным популяциям сосны из

наиболее южной лесостепной части ареала (Казахстан). По качественным признакам эта популяция (по сравнению с двумя другими) характеризуется меньшей долей узко-конусовидных, и большей – широко-конусовидных шишек, более выровненным соотношением гладкой и бугорчатой форм апофиза, а также вариаций по форме основания щитка. В равнинно-плоскогорной популяции наблюдается увеличение длины шишек при параллельном уменьшении их ширины; длина чешуй здесь также возрастает, тогда как их число сравнительно снижается. Относительные признаки являются главнейшими характеристиками, дискриминирующими данную популяцию от остальных – ее можно определить как узкошишечную и узкочешуйную. Формовой состав характеризуется преобладанием бугорчатых форм апофиза (около 65%). Основной фенотипической особенностью западно-предуральской популяции является ее сравнительная крупношишечность, многочисельность и крупносемянность; относительные признаки имеют наивысшие значения.

Наибольший уровень изменчивости характерен для горной южноуральской популяции, наименьший – для изолированной западно-предуральской (дефицит изменчивости до 41% как следствие вероятного инбридинга). Выделенные популяции имеют разные пути исторического проникновения на Южный Урал и различаются по характеру микроэволюционных процессов в современную эпоху. Анализ популяционной структуры позволил обоснованно подойти к проблеме сохранения генетических ресурсов вида в регионе. Перечень выделенных генетических резерватов сосны обыкновенной включает 12 объектов на общей площади 9896 га. В наиболее крупной и фенотипически разнообразной горной популяции выделены 9 резерватов, в равнинно-плоскогорной – 2, в дизъюнктивной и слабополиморфной западно-предуральской популяции – 1 резерват.

POPULATION STRUCTURE AND GENE POOL PRESERVATION OF SCOTS PINE IN THE SOUTH URALS

Putenikhin V.P.

Botanical Garden-Institute of Ufa Sci. Center of Russian Acad. Sci., Russia; vpp99@mail.ru

The main aim of the work was an analysis of population differentiation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) at the territory of the South Urals and Pre-Urals for theoretic foundation of practical measures for gene pool preservation of the species on population basis. According to space structure of the species range, 20 large locations of Scots pine were involved into the investigation and 43 sample plots were established. Seventeen quantitative and qualitative morphological traits of generative organs (cones, seed scales and seeds) were studied.

Using diverse biometric approaches including multidimensional ones, 3 groups of samples determined as phenotypically differentiated biological populations were distinguished. According to geographical position, they were called mountain south-uralian, plain-plateau cis-uralian (Belaya-Kama-Ufa), upland western cis-uralian (Bugulma-Belebey) populations. The first of them is represented by the largest locations of Scots pine in the central part of Bashkir and Chelybinsk South Urals, Trans-Urals, Zilair plateau (the southern margin of the Ural mountains) as well as cis-uralian island sites of Scots pine in Mesyagutovo forest-steppe and the eastern margin of Ufa plateau. Plain-plateau cis-uralian population is situated in the limits of the lowland Belaya-Kama river interfluvium and along the Ufa river (the western boundary of Ufa plateau). At last, the third (western cis-uralian) population consists of small isolated sites of pine forests on Bugulma-Belebey upland; it is separated from other populations by broad forest-steppe territory devoid of pine.

Cones and seed size and mass in vast mountain south-uralian population somewhat exceeds the corresponding values observed in pine forests in the Middle and North Urals. At the same time, mountain population yields by these values to island pine populations from the most southern forest-steppe part of the species range (Kazakhstan). In comparison with other identified local populations, south-uralian population is characterized by a less portion of

narrow-conic cones and a bigger portion of wide-conic ones. It has more leveled proportion of smooth and tubercular apophyses as well as the same of variants by a form of cyme base. In plain-plateau cis-uralian population the increase of cone length with parallel decrease of cone width is observed. Scale length is also raised but scale number is comparatively reduced. Relative traits are the main characteristics which discriminate this population from other ones. It may be determined as narrow-coned and narrow-scaled. Form composition is characterized by predomination of tubercular apophyses (about 65%). The main phenotypic peculiarity of western cis-uralian populations is its comparative large-coned, many-scaled and large-seeded appearance; relative traits have the highest values.

Mountain south-uralian population is characterized by the highest level of variability, isolated western cis-uralian – by the lowest one (variability deficiency up to 41% due to possible inbreeding). The identified populations have different ways of historic penetration into the South Urals and they differ in a character of microevolutionary processes at the present epoch. The analysis of population structure let us profoundly solve a problem of genetic resource preservation of the species in the region. List of established genetic reserves includes 12 objects on a total area of 9896 ha. Nine reserves are established in the limits of the largest and phenotypically diverse mountain south-uralian population, two reserves – in plain-plateau cis-uralian population, one reserve – in disjunctive and less-polymorphic western-cis-uralian population.

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ КЕДРА СИБИРСКОГО ПРИ
ИНТРОДУКЦИИ В БАШКИРСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕ: СЕЛЕКЦИОННЫЕ
ВОЗМОЖНОСТИ**
Путенихина К.В.

Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, Россия; cat8778@mail.ru

В культурах кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) полувекового возраста в условиях интродукции в Башкирском Предуралье изучена изменчивость 27 количественных морфологических и репродуктивных показателей шишек и семян. Средние значения большинства признаков соответствуют нижнему пределу типичных показателей, характерных для природных и интродукционных популяций вида. Длина шишки составляет в среднем 59.6 ± 0.82 мм, ширина шишки – 39.7 ± 0.36 мм, масса одной шишки – 21.34 ± 0.545 г, число семян-орешков в шишке – 60.9 ± 1.56 шт., уровень семификации, или семенная продуктивность шишки – $65.9 \pm 1.49\%$, длина семени – 10.7 ± 0.04 мм, ширина семени – 7.6 ± 0.04 мм, длина ядра – 8.7 ± 0.05 мм, ширина ядра – 5.6 ± 0.05 мм, масса ядра – 0.128 ± 0.0003 г, масса 1000 семян – 207.02 г, полнозернистость семян – $64.7 \pm 1.93\%$, выход ядра по массе – $50.6 \pm 0.43\%$. В большинстве случаев уровень изменчивости признаков близок к таковому в других регионах либо повышен. В дополнение и подтверждение более ранних работ показаны перспективы прямой фенотипической селекции кедра сибирского по таким признакам как размеры шишек и семян, семенная продуктивность шишек, полнозернистость семян, выход ядра.

Проанализированы попарные корреляционные связи всех 27 количественных признаков между собой. Показано, что некоторые корреляции указывают на возможность селекционного отбора деревьев кедра сибирского по тому или иному показателю. В частности, перспективной представляется селекция на семенную продуктивность шишек и массу ядра по размерному и весовому «фенотипу» шишек. Отбор деревьев с наиболее тяжелыми шишками и семенами может быть эффективным для повышения полнозернистости семян. В селекционный процесс на увеличение выхода семян из шишек, в том числе полнозернистых могут вовлекаться «многочешуйные» формы деревьев. Отбор «широкочешуйных» форм в определенной степени способен повысить некоторые размерные и весовые параметры семян и ядер. Фенотипическую селекцию на массу ядра целесообразно вести также по размеру и весу полных семян; в дальнейшем среди деревьев

с наиболее крупными и тяжелыми семенами могут быть отобраны формы с наивысшим выходом ядра.

На заключительном этапе работы охарактеризована изменчивость кедра сибирского по качественным признакам генеративных органов. Установлен характер распределения вариаций по форме шишек и семян, форме апофиза, характеру развития семени, степени развития зародыша, типу полиэмбрионии. По форме шишек распределение следующее: цилиндрических – 15%, конусовидных – 17%, яйцевидных – 20%, овальных – 29%, округлых – 19%. По форме семян преобладают зубовидные семена – 78.5%, овальные составляют 20%, шаровидные – 1.5%. На долю полных семян приходится 64.8%, семян с поврежденным эндоспермом – 6%, с недоразвитым эндоспермом – 12.5%, пустых – 16.7%. Определение степени развития зародыша показало, что суммарно на долю III и IV групп семян (с нормально развитым зародышем) приходится около 83% от числа полных семян, на долю групп I-II (с недоразвитым зародышем) – около 15%, отсутствуют зародыши (группа 0) всего лишь в 1,5% случаев. Частота полиэмбрионии не превышает 2.7%. Между качественными признаками не выявлено взаимной сопряженности. Вместе с тем, установлены корреляционные связи между некоторыми качественными и количественными признаками генеративных органов. Полученные данные по качественным признакам генеративных органов дополнительно указывают на возможность отбора перспективных форм деревьев с повышенной полнозернистостью семян. Форма семени может использоваться в качестве фенотипического индикатора в процессе селекции на крупность и массу семян. По показателям полнозернистости (65%) и доброкачественности (54%) семена кедра сибирского в условиях интродукции в Башкирском Предуралье являются кондиционными.

**VARIABILITY OF GENERATIVE ORGANS IN SIBERIAN STONE PINE
UNDER THE CONDITIONS OF INTRODUCTION IN BASHKIR CIS-URALS:
POSSIBILITIES FOR SELECTION**

Putenikhina K.V.

Botanical Garden-Institute, Ufa Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Russia;
cat8778@mail.ru

Variability of 27 quantitative morphological and reproductive traits of cones and seeds is studied in half-century old artificial stand of Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) under the conditions of introduction in Bashkir Cis-Urals. Mean values of the majority of traits correspond to a low limit of values typical for natural and introduction populations of the species. Cone length constitutes 59.6 ± 0.82 mm in average, cone width – 39.7 ± 0.36 mm, mass of one cone – 21.34 ± 0.545 g, number of seeds per cone – 60.9 ± 1.56 units, seed productivity of cone – $65.9 \pm 1.49\%$, seed length – 10.7 ± 0.04 mm, seed width – 7.6 ± 0.04 mm, kernel length – 8.7 ± 0.05 mm, kernel width – 5.6 ± 0.05 mm, mass of 1000 seeds – 207.02 g, seed full-graininess – $64.7 \pm 1.93\%$, output of kernel by a mass – $50.6 \pm 0.43\%$. In most cases, a level of trait variability is increased or close to the same one in other regions. Perspectives of direct phenotypic selection of Siberian stone pine by such traits as cone and seed size, seed productivity of cones, seed full-graininess, output of kernel are shown in addition and confirmation of preceding investigations.

Mutual correlation links of all 27 quantitative traits are also analyzed. It is shown that some correlations additionally point to a possibility of tree selection by one or another trait. In particular, selection on seed productivity of cones and kernel mass may be perspective by dimensional and weight phenotype of cones. Selection of trees with the heaviest cones and seeds may be effective for increasing seed full-graininess. «Many-scaled» forms of trees may be involved in a breeding process for raising output of seeds from cones including output of full-grained seeds. Selection of «wide-scaled» forms is capable to increase to a certain extent some dimensional and weighing parameters of seeds and kernels. Phenotypic selection for a mass of

kernel may also be conducted by a size and weight of full seeds; hereinafter forms with the highest output of kernel can be selected among trees with the largest and heaviest seeds.

At the final stage of work the variability of Siberian stone pine by qualitative traits of generative organs is characterized. Composition of variants is stated by form of cones and seeds, form of apophysis of seed scales, character of seed development, degree of embryo development and type of polyembryony. By a form of cone the composition is the following: cylindrical cones constitute 15%, conic ones – 17%, ovoid – 20%, oval – 29%, round – 19%. Tooth-like seeds dominate among seed form variants (78.5%); oval seeds constitute 20%, globular ones – 1.5%. Portion of full seeds constitutes 64.8%, seeds with damaged endosperm – 6%, seeds with underdeveloped endosperm – 12.5%, empty seeds – 16.7%. On the base of determination of embryo development degree the total portion of III and IV groups of seeds (with normally developed embryo) is found to be equal to 83% of full seed number. Portion of I-II groups of seeds (with underdeveloped embryo) constitutes about 15%; the absence of embryo (group 0) takes place in 1.5% of seeds. Frequency of polyembryony does not exceed 2.7%.

Mutual contingency is not revealed between qualitative traits. At the same time, correlation connections are determined between some qualitative and quantitative traits of generative organs. The obtained data once more point to the possibility of selection of perspective forms with increased seed full-graininess. Seed form may be used as a phenotypic indicator in the process of tree breeding for size and mass of seeds. According to the values of full-graininess (65%) and soundness (54%) the seed material of Siberian stone pine is conditional when introduced in Bashkir Cis-Urals.

МЕТОДИКА СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КЛОНОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЯХ

Раевский Б.В.¹, Щурова М.Л.²

¹Институт леса Карельского НЦ РАН, Россия; borisraevsky@gmail.com

²Филиал центра защиты леса Ленинградской области «Карельская лесосеменная станция»; czlspb.rk@rambler.ru

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». Однако осуществлять отбор исключительно по одному признаку, пусть даже и такому важному как рост в высоту, представляется нецелесообразным. Среди высокорослых клонов встречается морфотип с сильно сбежистым стволом и кроной, образованной длинными и толстыми ветвями. Такой морфотип подвержен снеголому и крайне нежелателен с позиции качества ствола. Кроме этого, некоторые быстрорастущие клоны с хорошим габитусом характеризуются очень слабым семеношением. Из всех параметров, характеризующих активность репродуктивной сферы клонов сосны, только один может быть выделен в качестве некоего интегрального признака, отражающего реальный вклад клона в урожай лесосеменной плантации и генофонд будущих поколений – это среднее число полнозернистых семян на одну прививку. Его следует считать вторым по важности после оценки роста клона сосны в высоту. В целом же вариант селекции одновременно по этим двум признакам выглядит наиболее оптимальным в селекции сосны обыкновенной.

Методика селекционно-генетической оценки клонов сосны обыкновенной на ЛСП I может быть сформулирована в виде ряда этапов.

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. Клоны с крайним выражением указанных параметров большую сторону отбраковываются.

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). По данной методике из 60 клонов Петрозаводской ЛСП по высоте ствола было отобрано 17 клонов (28,3%) в соответствии со стандартом ($\geq \bar{X} + 0.5\sigma_x$). Средние параметры выборки отклонились от таковых, характеризующих весь участок в целом. Высота и диаметр ствола увеличились на 8.3%, ширина кроны и диаметр ветвей – на 7.4 и 4.7%, соответственно. На 13.2% увеличилась повреждаемость снеголомом. Урожайность при этом несколько снизилась – на 9.9%. Затем совместно по признакам хорошего роста и семеношения были отобраны 6 вегетативных потомств или 10% от исходного количества. В результате такого отбора габитуальные характеристики набора клонов улучшились, поскольку при сохранении разницы со средней высотой всего участка на прежнем уровне (8,3%) различия по диаметру ствола и ширине кроны сократились. Все это свидетельствует в пользу уменьшения сбежистости ствола и увеличения компактности кроны. Вполне закономерно, что и риск снеголома в этом случае также существенно снизился при значительном увеличении семенной продуктивности (+42.6%).

BREEDING AND GENETIC ASSESSMENT PROCEDURE FOR SCOTCH PINE CLONES IN SEED ORCHARDS

Raevsky B.V.¹, Schurova M.L.²

¹Forest Research Institute, Karelian Research Centre RAC, Russia; borisraevsky@gmail.com

²Karelian forest seed station, Forest Protection Centre of Leningrad region; czlpb.rk@rambler.ru

Fast height growth selection is usually considered to be the basic type of Scotch pine breeding strategy. Due to this fact height growth of pine clones is usually taken as a key feature. All clones from a seed orchard meeting the criteria ($\geq \bar{X} + 0.5\sigma_x$) are considered as possessing so called “fast growth genes”. But in case of Scotch pine the way of single-trait selection is unsuitable. The main reason is that among fast growing clones such a specific morphotype with hard tapering stem and crown formed by long and thick branches can be found. This kind of morphotype is very susceptible to snowbreak and is unwanted from the position of stem quality. Except that some well growing pine clones possessing good habitus are weak in seed production. In the view of good seed production there is only one indicator to be adopted as having integral effect showing 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 after the height growth ability feature. On the whole the way of two-trait breeding program with the features mentioned above seems to be the most suitable for Scotch pine.

There are a few selection and genetic assessment stages of pine clones growing in seed orchards of the I-st generation.

In the first stage pine clones meeting the criteria ($\geq \bar{X} + 0.5\sigma_x$) regarding height growth are selected.

In the second stage clones with hard tapering stem and crown formed by long and thick branches are rejected.

In the third stage the complex of reproductive features of the clones which 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 are to be laid down.

Regarding height growth 17 (28.3%) pine clones were selected from the 60 clones grown at one of the field of Petrozavodsk seed orchard. Mean values of the sample deviated from those peculiar to the whole field. The height and stem diameter increased by 8.3% and crown width and branch diameter did the same by 7.4 and 4.7%, respectively. At the same time seed production decreased by 9.9%. After that 6 clones (10% of the total) were selected using the two-trait breeding approach. As a result the habitus features of the selected clones became much better which led to a substantial decreasing of snowbreak risk, while seed yield increased by 42.6%.

ПРОГРАММА СЕЛЕКЦИИ ХВОЙНЫХ ПОРОД В ЛЕСОСЕМЕННОМ РАЙОНЕ Рогозин М.В.

Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15; rog-mikhail@yandex.ru

Программа рассмотрена при сочетании трех направлений работ: «плюсовой» селекции, селекции популяций и индивидуального отбора.

Обзор крупных испытаний потомств плюсовых деревьев в России по данным семи авторов, с числом семей в опыте 40 и более в возрасте 7 лет и старше с общим числом семей 1169 в 11 опытах показал, что эффект плюсовой селекции оказался в среднем близок к нулю. Превышения высот потомства плюсовых деревьев по девяти регионам менялись для сосны обыкновенной от -13 до +7%, а для ели финской от 0 до +5%. Доля потомств, превышающих контроль, у сосны составила от 3 до 34%, у ели – от 4 до 22%.

Это результаты «плюсовой» селекции и первое направление работ, повсеместно применяемое с 1970 гг.; его эффект оказался иногда минимален, а иногда и отрицателен, например, в республике Коми (-13%). Второе направление (селекция популяций) давало эффект 5-16%, а третье повышало высоту потомства на 15-33%. Именно на последнее направление (индивидуальный отбор по потомству) и делается акцент во всех программах. Однако сразу браться за него неразумно.

Так, в наших исследованиях 12 популяций ели в Пермском крае оказалось, что положительные результаты применения «плюсовой» селекции достоверны только в 42% популяций; в остальных они нейтральны и даже отрицательны. При этом потомство популяций-лидеров в 21 год превосходит аутсайдеров по высоте на 6-15%. Но самое главное отличие лучших по потомству популяций состоит в том, что у них *все потомство* растет лучше, включая обычные и «минусовые» деревья, а доля быстрорастущих семей от плюсовых деревьев выше до 9 раз.

Как же находить такие популяции? Диагностика роста потомства популяций оказалась возможна уже в 4 года, с отбором около 60% лучших происхождений. Это дает возможность отодвинуть затратный этап индивидуальной селекции на несколько лет и вначале найти популяции с лучшим потомством. Чем больше популяций будет изучено по потомству, тем лучше; в испытания по потомству могут быть включены обычные насаждения разных типов леса, ПЛСУ, блоки ЛСП и другие объекты ЕГСК.

После отбора лучших популяций уже только в них начинают выделять семенные, а так же плюсовые деревья. При этом искомый результат – 50 маточников для размножения на ЛСП-2 – будет получен с затратами примерно в 2 раза меньшими и потребуются испытания потомства уже не 2 тыс. деревьев, а только 1.0-1.2 тысячи.

Но и это число может быть уменьшено еще примерно в 1.5-2 раза, если будут учтены целевые свойства будущих сортов при их выращивании в плантационных культурах, где нужны совершенно особенные свойства, а именно, быстрый рост в условиях ослабленной конкуренции. Логично полагать (и это подтвердили наши длительные исследования), что эти свойства наследуются, и плюсовые деревья нужно отбирать в разреженных древостоях с историей роста, адекватной истории густоты в плантационных культурах. При этом возраст отбора плюсовых деревьев должен быть 40-

60 лет. Дополнительной характеристикой для таких плюсовых деревьев является сбеж ствола в неких средних пределах, отражающий историю конкуренции дерева с соседями. Например, у плюсовых деревьев ели финской со значениями сбега ствола в пределах 1.2-1.3 см/м доля лучших семей в их потомстве увеличивалась в 1.5-2.4 раза.

Работа выполнена при финансовой поддержке госзадания 2014/153 в рамках базовой части Минобрнауки России (№ гос. регистрации 01201461915).

BREEDING PROGRAMS CONIFEROUS SPECIES IN FOREST SEED DISTRICT Rogozin M.V.

Natural Sciences Institute of Perm State National Research University, 614990, Perm, ul. Bukireva, 15; rog-mikhail@yandex.ru

The program examined the combination of three directions of work: "plus" tree selection, breeding populations and individual selection.

Overview of the major tests of progenies of plus trees in Russia according to the seven authors, the number of families in the experience of more than 40 and 7 years of age and older with a total of 1169 families in 11 experiments showed that the effect of plus tree selection was in average close to zero. Increasing the height of plus trees progeny of nine regions were changed to Scots pine from minus 13 to + 7%, and Finnish spruce from 0 to + 5%. Share progenies exceeding control pine ranged from 3 to 34%, spruce - from 4 to 22%.

These are results of plus tree selection, and the first direction of works, of generally applicable to 1970; its effect was sometimes minimal and sometimes negative, for example, in the Komi Republic (-13%).

The second direction (breeding populations) has the effect of 5-16%, and the third direction of the height of the offspring increased by 15-33%. It is on the last line (individual selection progeny) emphasis is placed in all programs. However, immediately take him unreasonable.

Thus, in our research among 12 populations of spruce in the Perm region it turned out that the positive results of the use of the plus tree selection were valid only in 42% of the population; in the other they are neutral or even negative. In this case offspring of the leading population age 21 exceeds outliers in height by 6-15%. But most importantly, unlike top progeny populations is that they have all offspring grows better, including conventional and "minus" of the tree, and the proportion of fast-growing families of plus trees up to 9 times.

How to find such a population? Diagnosis offspring population growth was possible already in the 4 years old, with a selection of about 60% of the best origin. This will reduce the cost of expensive individual selection almost doubled. The larger populations will be studied, the better; in testing may be included conventional planting different types of forests, seed plots and plantations and other objects

After selecting the best population already only in them start to allocate seed and plus trees. In this case the desired result - 50 queen cells for breeding - will be received with costs 2 times less and will need the breeder test offspring only 1.0 thousand trees.

But also it number can be reduced by 1.5-2 times still if the target properties will be considered for future varieties in plantations of rapid growth, where needs very special properties, namely, the rapid growth in the conditions of weak competition. It is logical assume (and this is confirmed by our long researches) that these properties are inherited and plus trees should be selected in sparse stands with history, which will be adequate to the conditions of the trees in the plantations of rapid growth. In this case selection of plus trees should occur in 40-60 years. An additional feature for them is the conicity of the trunk in some medium range, which reflects the history of relations with the neighbors of the tree.

For example, the Finnish plus trees ate at values conicity barrel within 1.2-1.3 cm / m share of the best families in their offspring increased to 1.5-2.4 times.

ВЫЯВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА ВКЛАДА СИСТЕМЫ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ РЕФУГИУМОВ В ГЕНОФОНД *PINUS SYLVESTRIS* L.

Санников С.Н., Егоров Е.В.

Ботанический сад УрО РАН, Россия; 31051978@mail.ru

Одной из ключевых проблем популяционной генетики древесных растений, в частности сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), является вопрос о местонахождении их плейстоценовых рефугиумов. В последние 10-15 лет в Европе изучены и частью обобщены (Cheddadi et al., 2006) особенности географии популяций *P. sylvestris*, но не сделано достаточно определенных выводов о локализации их ледниковых убежищ. Успешному решению этого вопроса в России, а особенно в Сибири, препятствуют дефицит палеоботанических данных и полиморфных ДНК-маркеров. Более информативным оказался пока аллозимный анализ свыше 250 популяций на сети 5 широтных и 14 субмеридиональных трансект, пересекающих ареал вида (Санников, Петрова, 2012). На его основе удалось выявить два наиболее вероятных рефугиума вида – Балканский и Южно-Уральский – и несколько второстепенных (Санников и др., 2014).

Цель данного доклада – анализ результатов дальнейшего систематизированного поиска и выявления локализации гипотетичных плейстоценовых рефугиумов (ГПР) *P. sylvestris* и оценка их роли в формировании генофонда вида в «ледниковой» зоне ареала.

Основной методический подход в исследовании («вид в ареале») сводится к иерархическому анализу в пределах всего ареала вида *P. sylvestris* средних генетических дистанций Неи (DN_{78}) между 12 ГПР маргинальной южной (анцестральной), а также 18 «авангардными» ГПР средней («внеледниковой») зоны, с одной стороны, и 8 филогеографическими группами популяций (ФГП) «ледниковой» зоны ареала (по 7-8 выборок в каждой), с другой стороны. Генетические дистанции Неи между 86 популяциями определены на основе их аллозимного анализа по 16 локусам. Критерием сходства генофонда ФГП и ГПР служила минимальная DN_{78} между ними не выше 0.008-0.015. Доли вклада различных ГПР в генофонд ФГП ледниковой зоны, отражающие полирефугиальное происхождение последних (их «генеалогический паспорт»), вычислены с помощью соответствующих условных «инвестиционных индексов» ($1/DN_{78}$).

Основные выводы по результатам исследований: 1. Локализация и относительная роль гипотетичных плейстоценовых рефугиумов *P. sylvestris* в формировании генофонда популяций ледниковой зоны ареала может быть, в первом приближении, выявлена по минимальным генетическим дистанциям между ними и по их обратным величинам – «инвестиционным индексам». 2. Средние по ареалу минимальные генетические дистанции ГПР ($DN_{78} < 0.008$), их максимальные инвестиционные индексы по отношению к популяциям *P. sylvestris* ледниковой зоны и вероятная доминирующая роль в формировании их генофонда выявлены у двух рефугиумов южной внеледниковой зоны ареала – Балканского (Рила) и Южно-Уральского (Иремель), в меньшей мере ($DN_{78} = 0.008-0.014$) – у Тургайского (Наурзум), Алтайского (Телецкое озеро), Южно-Прибайкальского (Иркутск) и Тувинского (Балгазын) рефугиумов. 3. Остальные ГПР, особенно расположенные на крайнем западе (Иберийский и Южно-Альпийский) и востоке ареала (Даурский, Нижне-Амурский), изолированные от его центральных регионов горными, морскими или степными барьерами, по-видимому, оказали меньшее влияние на генетический пул популяций ледниковой зоны. 4. Доминирующий вклад в формирование генофонда *P. sylvestris* ледниковой зоны Центральной Европы, Скандинавии и Русской равнины, вероятно, внесли Балканский и Южно-Уральский, а в Западной и Средней Сибири – Южно-Уральский, Тургайский и южно-сибирские рефугиумы (Телецкое озеро, Балгазын, Иркутск). 5. Некоторые гипотетичные авангардные ГПР (Баварский, Западно-

Карпатский, Южно-Уральский) в голоцене, возможно, оказали значительное влияние на формирование генофонда популяций *P. sylvestris* ледниковой зоны, но их существование ранее 12500 лет ВР пока не подтверждено палеоботаническими данными.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН (№ 15-12-4-13).

REVELATION AND ESTIMATION OF CONTRIBUTION OF PLEISTOCENE REFUGIUMS SYSTEMS INTO *PINUS SYLVESTRIS* L. GENE POOL

Sannikov S.N., Egorov E.V.

Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Russia; 31051978@mail.ru

One of the key problems of population genetics of tree plants, in particular, Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is the question concerning the geographical location of their Pleistocene refugiums. During the last 10–15 years peculiarities of genogeography of *P. sylvestris* populations have been studied in Europe and have been partly generalized (Cheddadi et al., 2006), but sufficiently definitive conclusions about the localization of their glacial refugiums have not been made. The shortage of paleobotanical data and polymorphous DNA-markers impedes a successful solution of this problem in Russia and especially in Siberia. Allozyme analysis of more than 250 populations on the net of 5 latitude and 15 submeridional transects crossing the range of the species turned out to be more informative for the time being (Sannikov, Petrova, 2012). On its base we succeeded to reveal two the most probable refugiums of the species – Balkan and Southern Urals – and several secondary ones (Sannikov et al., 2014).

The purpose of the present report is to analyse the results of the further systematized search and to reveal the localization of hypothetical Pleistocene refugiums (HPR) of *P. sylvestris* and to assess their role in genofund species formation in the “glacial” zone of the range.

The fundamental methodical approach in the research (“a species in the areal”) reduced to the hierarchical analysis within the whole range of *P. sylvestris* species of average genetical distances (DN_{78}) among 12 HPR of marginal southern (ancentral) as well as 18 “vanguard” HPR of the middle (“non-glacial”) zone, on the one hand, and 8 phylogeographical groups of populations (PGP) of “glacial” zone of the range (7-8 samplings in each), on the other hand. Nei’s genetic distances among 86 populations have been determined on the base of their allozyme analysis by 16 loci. Minimal DN_{78} , not higher than 0.008–0.015, between them was the criterion of the resemblance of PGP and HPR genofunds. The portions of different HPR contributions into PGP genofund of glacial zone reflecting polyrefugial origin of the latter (their “genealogical passport”) have been calculated with the help of proper conventional “investment indices” ($1/DN_{78}$).

The main conclusions according to the research results: 1. Localization and a relative role of hypothetical Pleistocene refugiums of *P. sylvestris* in the formation of genofund of glacial zone range populations can be, in the first approximation, revealed by minimal genetical distances between them and by their inverse values – “investment indices”. 2. Average, on the range, minimal genetic distances of HPR from PGR ($DN_{78} < 0.008$), maximal investment indices concerning *P. sylvestris* populations of a glacial zone and a probable dominating role in the formation of their genofund have been revealed in two refugiums of southern marginal zone of the range – Balkan (Rila) and South Ural (Iremel), to a less extent ($DN_{78} = 0.008–0.014$) in Turgay (Naurzum), Altay (Teletskoye Lake), South-Baikal (Irkutsk) and Tuva (Balgazin) refugiums. 3. The rest of HPR, especially, situated in the utmost west (Iberiya and South-Alps) and in the east of range (Dauriya, Near-Amur) isolated from its central regions by mountain, sea and steppe barriers, apparently, have less influence the genetic pool in glacial zone populations. 4. The dominating contribution into the formation on of *P. sylvestris* genofund of glacial zone in Central Europe, Scandinavia and Russian Plain, probably, has been by Balkan and South-Urals and in Western and Middle Siberia – South-Urals, Turgay and Mountain South-Siberian refugiums (Teletskoye Lake, Balgazin, Irkutsk). 5. Some hypothetical vanguard HPRs (Bavaria,

Western Carpathians, South Urals) in Holocene, possibly, influenced greatly the formation of genofund of *P. sylvestris* populations in a glacial zone, but their existence earlier than 12500 year B.C. has not been confirmed by paleobotanical data yet.

The work was carried out under the support of the Programme of fundamental researches of UB of Russian Academy of Sciences (№ 15-12-4-13).

ГЕНОГЕОГРАФИЯ И ГЕНОТАКСОНОМИЯ ПОПУЛЯЦИЙ *PINUS SYLVESTRIS* L. РОССИИ

Санников С.Н., Петрова И.В.

Ботанический сад УрО РАН, Россия; Irina.Petrova@botgard.uran.ru

Одной из стратегических проблем устойчивого лесоводства России на фоне непредсказуемых изменений климата, роста антропогенного стресса и угрозы необратимого нарушения генофонда лесов является сохранение, воспроизводство и оптимизация его использования. Ее решение возможно лишь на основе фундаментального изучения генетической структуры и дифференциации популяций лесообразующих видов, в частности сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*).

Систематизированное междисциплинарное экогеографическое изучение репродуктивной изоляции, барьеров и путей миграции, аллозимного полиморфизма, градиентов и границ природных популяций *P. sylvestris* в пределах всего ареала вида в России и Северной Евразии («вид в ареале») на базе единой системы принципов и методов выполнено нами в последние 20 лет. Аллозимный анализ тканей деревьев в 200 локальных популяциях, генетических дистанций Неи (Nei, 1978) между ними и их градиентов проведен на равномерной сети 10–12 субмеридиональных и 4–5 широтных трансект, пересекающих 10 филогеографических регионов России (Карелия с Кольским полуостровом, Русская равнина, Северный Кавказ с Крымом, Урал, Западная Сибирь, Среднесибирское плоскогорье, горы Южной Сибири, Забайкалье, Якутия, Приамурье).

В итоге исследований выявлена относительная стабильность параметров внутривидовой полиморфизма – среднего числа аллелей на локус, ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности популяций – в пределах большей части ареала с тенденциями их уменьшения с запада на восток, а также в маргинальных и горных массивах (Урал, Северный Кавказ). Генетические дистанции Неи между популяциями и их градиенты на широтных трансектах в северной и центральной зонах ареала от Русской равнины до Якутии и Забайкалья не превышают уровень популяций (0.008-0.012), но в 2-3 раза больше в его южной и восточной частях, особенно в Приамурье. На всех субмеридиональных трансектах дифференциация популяций 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 связи с географической широтой местности ($R^2 = 0.54$).

Установлена, разносторонне исследована и теоретически обоснована резкая генетическая граница между популяциями сосны на суходолах и смежных верховых болотах в южной части лесной зоны Западной Сибири и Русской равнины. Максимальные градиенты генетических дистанций выявлены в зонах горных хребтов (Кавказ, Саяны, Становой), меньшие – между разновысотными горными, а также островными степными и горными популяциями. Впервые установлена роль факторов репродуктивной изоляции популяций (дистанционной, фенологической, горно-механической, интегральной) в их генетической дифференциации и гидрохории семян в их расселении. Выявлено 2 основных (Южноуральский и Балканский) и 4 второстепенных гипотетических плейстоценовых рефугиума *P. sylvestris*.

В результате анализа иерархической плеяды средних «тотальных» и «региональных» генетических дистанций Неи между 10 филогеографическими группами популяций вида *Pinus sylvestris* L. на основе оригинальной геносистематической шкалы (Санников, Петрова, 2003) в его структуре на территории России выделены 2

географические расы (Крымско-Северокавказская, Нижнеамурская) и семь географических групп популяций.

Предложенная гипотетическая схема генотаксономической структуры *Pinus sylvestris* L. в России, которую безусловно следует верифицировать и корректировать в ходе дальнейших исследований, может содействовать их развитию и разработке актуальных проблем селекции, гибридизации, создания федеральных систем генетических резерватов и лесосеменного районирования этого вида.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН (№ 15-12-4-13) и РФФИ (№ 15-04-03899).

**GENOGEOGRAPHY AND GENOTAXONOMY OF *PINUS SYLVESTRIS* L.
POPULATIONS IN RUSSIA
Sannikov S.N., Petrova I.V.**

Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Russia

One of the strategic problems of stable forestry in Russia on the background of unpredicted climate changes, increase of anthropogenic stress and the threat of irreversible violation of forest genofund is conservation, restoration and optimization of its utilization. It is possible to solve it only on the base of fundamental study of genetical structure and differentiation of populations of forest-forming species, in particular, Scots pine (*P. sylvestris* L.).

During the last 20 years we carried out systematized interdisciplinary ecogenogeographical study of 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 Russia and Northern Eurasia (“species in the range”) on the base of the united system of principles and methods. Allozymic analysis of tree tissues in 200 local populations, Nei’s genetic distances (Nei, 1978) among them and their gradients were performed on the even net of 10–12 submeridional and 4–5 latitude transects crossing 10 phylogeographic regions of Russia (Karelia with Kola Peninsula, Russian Plain, Northern Caucasus with Crimea, Western Siberia, The Ural, Middle-Siberian Plateau, Mountains of Southern Siberia, Transbaikal Region, Near Amur Region).

Relative stability of intrapopulation polymorphism parameters – an average number of alleles per loci, an expected and observed heterozygosity of populations – in the limits of the larger part of the range with tendencies to their decreasing from the west to the east as well as in marginal and mountain massives (the Urals, Northern Caucasus). Nei’s genetic distances between populations and their gradients at latitude transects in northern and central zones of the range from Russian Plain to Yakutia and Trans Baikal Region do not exceed the level of populations (0.008–0.012), but they are 2–3 times as much in its southern and eastern parts, especially, in Near Amur Region. At all submeridional transects differentiation of populations in the northern “glacial” and in the middle zones of the range (55–67° N. Lat.), decreasing in close connection with geographical latitude of the area ($R^2 = 0.54$).

Sharp genetical border between pine populations in dry land and in adjacent high-bogs in the southern part of the forest zone in Western Siberia and Russian Plain has been established, studied from many sides and theoretically grounded. Maximum gradients of genetical distances have been revealed in the zones of mountain ridges (the Caucasus, the Sayans, the Stanovoy Range), the less ones – among populations located on the mountains of different height as well as island-steppe and mountain ones. For the first time the role of factors of reproductive isolation populations (distance, phenological, “mountain-mechanical”, integral) in their genetic differentiation and seeds hydrochory in their dispersal was determined. Two main (South-Ural and Balkan) and four secondary hypothetical Pleistocene refugiums of *P. sylvestris* were revealed.

As a result of the analysis of hierarchical pleiad of middle “total” and “regional” genetical distances of Nei among 10 phylogeographical groups of populations of *P. sylvestris* species on the base of the original genosystematical scale (Sannikov, Petrova, 2003) in its structure on the territory of Russia, two geographical races (Crimean-North Caucasian, Near-Amurian) and seven geographical population groups were singled out.

The suggested hypothesis scheme of genotaxonomical structure of *P. sylvestris* in Russia which should be, certainly, verified and corrected in the course of further research, can contribute to their development and to the elaboration of actual problems of selection, hybridization, creation of federal systems of genetic reservats and forest-seeded zoning of this species.

The work was carried out under the support of the Programme of fundamental researches of UB of Russian Academy of Sciences (№ 15-12-4-13) and RFFI (№15-04-03899).

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ, ОЦЕНКИ И КЛАССИФИКАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕЗЕРВАТОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Санников С.Н., Шавнин С.А., Санникова Н.С., Петрова И.В.
Ботанический сад УрО РАН, Россия; sannikovanelly@mail.ru

Сохранение и воспроизводство генофонда главных лесообразующих видов – одна из стратегических проблем обеспечения стабильности лесов, экологического баланса биосферы и устойчивого лесопользования. В настоящее время естественные леса европейской территории России, большей частью сменились антропогенными или лесными культурами неизвестного происхождения. Даже на Урале и в Сибири почти все доступные леса в XX веке пройдены рубками. Возникла угроза утраты их сбалансированного природного генофонда. Назрела необходимость создания федеральной системы лесных генетических резерватов (ЛГР) главных лесообразующих видов на современной эколого-генетической основе. Между тем, принципы и методы их поиска, выделения и классификации почти не разработаны.

На основе популяционно-биологических исследований в лесах *Pinus sylvestris* L. нами обоснованы конструктивные генетические и экологические принципы целесообразности выделения, оценки и классификации ЛГР этого вида. Общую оценку класса качества ЛГР предложено определять по интегральной шкале ранговой оценки трех ключевых генетических параметров – площадь, степень нарушения выборочными рубками, инфлюкс чуждой пыльцы – и двух экологических – жизненность древостоя и всхожесть семян. Шкала каждого параметра подразделена на 2-5 классов, величины которых возрастают по мере ухудшения их качества вплоть до некоторого предела, недостаточного для выделения ЛГР (Санников и др., 2015).

Безусловно, приоритетным («базовым») параметром оценки класса ЛГР является его площадь (а, следовательно, и эффективная численность) популяции, критический минимум которой определен по минимально достаточным для предотвращения сильного инбридинга параметрам полиморфизма. Исследования показали (Санников и др., 2011), что среднее число аллелей на локус и ожидаемая гетерозиготность в маргинальных островных массивах *P. sylvestris* резко падают при уменьшении их площади ниже 1000 га, которая и принята в качестве минимально достаточной для ЛГР I класса.

При увеличении (ухудшении) любого другого параметра ЛГР на один балл, по сравнению с первым классом, общая оценка ЛГР возрастает на 0.5 класса. Например, при увеличении интенсивности выборочной рубки выше условно допустимого предела (5%) до 5-10% или 10-20% класс ЛГР ухудшается на 0.5 или 1.0 балла соответственно.

Минимальная ширина буферной зоны, предохраняющей ЛГР от иммиграции чуждой пыльцы и семян (из культур неизвестного происхождения) на основе изученных параметров распространения пыльцы (Санников, Петрова, 2003) и минимальной

плотности ее потока, необходимой для эффективного опыления семян сосны (Sarvas, 1962), определена равной 1.5 км. Интенсивность ее инфлюкса в ЛГР из буферной зоны определяется по отношению площади древостоев чуждых популяций в этой зоне к площади популяции *P. sylvestris* в ЛГР.

Основными экологическими параметрами популяции ЛГР, детерминирующими ее долговременную стабильность и качество семян, являются достаточная численность деревьев (пропорциональная площади), а также жизнеспособность, класс которой определяется по «Санитарным правилам в лесах Российской Федерации» (1998), и лабораторная всхожесть семян, устанавливаемая в лесной и лесостепной зонах по шкале действующего ГОСТа, а в предлесотундре по особой региональной шкале.

На основе предложенной интегральной шкалы открывается возможность генетически и экологически обоснованного выделения, сравнительной оценки и классификации ЛГР *P. sylvestris* на региональном и общероссийском уровнях.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований УРО РАН №15-12-4-13.

GENETIC AND ECOLOGIC PRINCIPLES OF ISOLATION, ESTIMATION AND CLASSIFICATION OF SCOTS PINE GENETIC RESERVATIONS

Sannikov S.N., Shavnin S.A., Sannikova N.S., Petrova I.V.

Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Russia;
sannikovanelly@mail.ru

Conservation and restoration of genofund of the main forest-forming species – one of the strategic problems of guaranteeing forest stability, ecological balance of biosphere and stable forest use. At present time natural forests of Russian European territory for the most part have given way to anthropogenic and forest cultures of unknown origin. Even in the Urals and Siberia almost all accessible forests were passed cuttings in the 20th century. Their balanced natural genofund was under threat of loss. The necessity of creation of federal system of forest genetic reservations (FGR) of the main forests forming species on the modern ecology-genetical base has matured. Meanwhile, principles and methods of their search, isolation and classification are almost not developed.

We substantiated constructive genetic principles of expediency of isolation, estimation and classification of FGR of this species on the base of population–biological research in *Pinus sylvestris* L. forests. We suggested to determine the total estimation of FGR quality class on the integral scale of the rank estimation of three key genetic parameters – an area, an extent of disturbance by selective cuttings, an influx of alien pollen – and two ecological ones – the vitality of a stand and seeds germinating capacity. Each parameter scale is subdivided into 2–5 classes, the values of which increase with the deterioration of their quality up to some limit which is in – sufficient for FGR isolation (Sannikov et al., 2015).

The area (and, consequently, effective numbers) of the population, the critical minimum of which has been determined by polymorphism parameters minimally sufficient for the prevention of strong inbreeding, is undoubtedly, of high priority (“base”) parameter of FGR class estimation. The researches have shown (Sannikov et al., 2011) that the average number of alleles per loci and supposed heterozygosity in marginal island massives of *P. sylvestris* decrease abruptly under the reduction of their area below 1000 ha that is taken as a minimally sufficient one for I class FGR.

Under increasing (deterioration) any other FGR parameter of 1 rank by comparison with the first class, FGR general mark increases in 0.5 of the class. For instance, under increasing selective cutting intensity higher than conventionally acceptable limit (5%) up to 5–10% or up to 10–20%, FGR class becomes accordingly worse by 0.5 or 1.0 mark.

The minimal width of buffer zone protecting FGR from immigration of alien pollen and seeds (of the cultures of unknown origin) has been taken to be equal to 1.5 km on the base of

studied parameters of pollen distribution (Sannikov, Petrova, 2003) and of minimal density of its flow, necessary for the effective pollination of pine seed-buds. The intensity of its influx in FGR out of buffer zone is determined with the regard the area of alien populations in this zone to *P. sylvestris* population area in FGR.

Main ecological parameters of FGR population determining its long-duration stability and seeds quality are sufficient number of trees (proportional to the area) as well as the stand vitality, the class of which is determined by “Sanitary Regulations in the Forests of Russian Federation” (1998). Besides a laboratory seeds germinating capacity is very important, which established in the forest and forest-steppe zones on the scale of functioning S.S.T.D., but in for-forest-tundra – on the special regional scale.

The possibility of genetically and ecologically well-grounded isolation, comparative estimation and classification *P. sylvestris* FGR on the regional and state levels is revealed on the base of a suggested integral scale.

The work was carried out under the support of the Programme of fundamental researches of UB of Russian Academy of Sciences (№ 15-12-4-13) and RFFI (№15-04-03899).

ГИПОТЕЗА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ ПОПУЛЯЦИЙ *PINUS SYLVESTRIS* L. В ДОЛИНЕ Р. ОБИ ВСЛЕДСТВИЕ ИХ ГИДРОХОРИИ

Санникова Н.С., Егоров Е.В.

Ботанический сад УрО РАН, Россия; sannikovanelly@mail.ru

Выявлению генетической дивергенции дендропопуляций, центров их происхождения и филогенетических связей может во многом способствовать изучение способов, темпов и путей их миграции. Скорость расселения популяций видов подрода *Pinus* обычно связывают со скоростью их анемохории. Однако весьма быстрое распространение сосны обыкновенной в голоцене – со скоростью до 600-1100 км/1000 лет – как в Европе, так и в Сибири, не может быть объяснено лишь анемохорией ее семян, средняя скорость которой не выше 50-60 км/1000 лет, а максимальная – 120-140 км/1000 лет. Между тем, была выявлена высокая плавательная способность семян хвойных в речной воде (Санников, Санникова, 2007, Егоров и др., 2010) и обоснован эскиз теории их гидрохории (Санников, Санникова, 2008). Ее следствием должны быть сходство генофонда сосны вдоль русел рек и бóльшая степень его дифференциации в направлении поперек их водоразделов.

Для проверки этой гипотезы в 2014 г. нами выполнен аллозимный анализ восьми локальных популяций *Pinus sylvestris*, расположенных вдоль русла р. Оби – от истоков р. Бии до низовьев: Телецкое озеро, Барнаул, Томск, Сургут, Ханты-Мансийск, Геологический, Березово, р. Сыня. Для сравнения проведен анализ аллозимной дифференциации популяций на 16 трансектах поперек водоразделов Оби со смежными реками (Енисей, Надым, Пур, Вах, Енисей, Чулым, Пелым, Конда, Тавда).

Анализ генетических дистанций Неи (Nei, 1978; DN_{78}) на протяжении 3000 км вдоль русла р. Оби показал, что между популяционными выборками сосны, расположенными на расстоянии от 250 до 880 км друг от друга они в соответствии с геносистематической шкалой (Санников, Петрова, 2003, 2012) не превышают ранг субпопуляции ($DN_{78} = 0.001-0.003$). Средняя величина генетической дистанции DN_{78} здесь равна 0.0025 ± 0.0009 . Таким образом, на протяжении всей долины р. Оби локальные популяции сосны обыкновенной, представляют собой одну гигантскую линейную метапопуляцию. Ранее аналогичная слабая аллозимная дифференциация популяций (на уровне $DN_{78} = 0.002-0.003$) на протяжении 800 км вдоль долины р. Оби найдена у пихты сибирской С.А. Семериковой (2008). По итогам анализа митохондриальной ДНК *Larix sibirica* (Семериков, 2005) также выявлено значительное сходство спектров гаплотипов между популяциями этого вида в Саянах и в низовьях р. Оби, куда, по нашему мнению, высоко вероятна гидрохория его семян по рекам Ангаре и Оби.

Анализ генетических дистанций Неи (DN_{78}) между популяциями *P. sylvestris* на трансектах, пересекающих водоразделы смежных с долиной Оби речных бассейнов (притоков Оби и Енисея) показывает, что они в большинстве случаев находятся в пределах 0.004-0.009. В среднем DN_{78} между ними равна 0.0054 ± 0.0019 , более чем в два раза превышая DN_{78} между популяциями, расположенными вдоль русла Оби. Скорость анемохорного расселения популяций *P. sylvestris*, вычисленная нами по палинологическим данным Т.А. Бляхарчук (2012), в междуречьи Обь-Енисей (56-96 км/1000 лет) на порядок меньше, чем вдоль русла Оби, от г. Барнаула до устья р. Сыни в период с 12000 до 9000 лет назад (в среднем – около 800 км/1000 лет).

Можно предположить, что в голоцене реколонизация популяций сосны обыкновенной из ее гипотетических рефугиумов на Алтае на северо-запад Западной Сибири, происходила, прежде всего, путем гидрохории ее семян по течению р. Оби. Ранее нами было выявлено, что вдоль русел других рек Русской равнины и Сибири – Днепра, Тобола и Селенги – DN_{78} между популяциями *P. sylvestris* также в 2-3 раза меньше (0.003-0.012), чем на трансектах поперек их водоразделов (0.009-0.032, Санникова, Санников, 2007). В целом, гипотеза приоритета гидрохории популяций сосны вдоль рек как каналов нисходящего потока генов между ними вполне подтверждается.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН (№ 15-12-4-13).

HYPOTHESIS OF GENETIC INTEGRATION OF *PINUS SYLVESTRIS* L. POPULATIONS IN THE VALLEY OF THE OB RIVER BASED ON THEIR HYDROCHORY

Sannikova N.S., Egorov E.V.

Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Russia

Revelation of genetical divergence of dendropopulations, centres of their origin and phylogenetic connections can be, in many ways, encouraged by studying ways and methods of their migration. The rate of colonization of populations of *Pinus* subgenus species is usually connected with the rate of their anemochory. However, rather fast distribution of Scots pine in Holocene – at the rate up to 600–1100 км/1000 years – both in Europe and in Siberia can not be explained only by anemochory of its seeds, an average rate of which is not more than 50–60 км/1000 years and the maximum one – 120–140 км/1000 years. Meanwhile, high natatorial ability of the coniferous seeds in river water has been revealed (Sannikov, Sannikova, 2007, Egorov et al., 2010) and a sketch of theory of their hydrochory has been substantiated (Sannikov, Sannikova, 2008). The resemblance of pine gene pool along river-beds and a higher degree of its differentiation in the direction across their watersheds must be its consequence.

In order to check this hypothesis in 2014 we carried out the allozyme analysis of 8 local *Pinus sylvestris* populations disposed along the Ob river-bed – from the source of the Bia river to the lower reaches of the river: Teletskoe Lake, Barnaul, Surgut, Khanty-Mansiysk, Geologichesky, Beryozovo, the Sinya river. The analysis of allozyme differentiation of populations at 16 transects transverse to the Ob watersheds with adjacent rivers (Yenisei, Nadym, Pur, Vakh, Chulym, Pelym, Konda, Tavda) was carried out for comparison.

The analysis of Nei's genetical distances (Nei, 1978; DN_{78}) along 3000 км of the Ob river-bed has shown that they in accordance with genosystematical scale (Sannikov, Petrova, 2003, 2012) exceed not the rank of subpopulation ($DN_{78} = 0.001–0.003$) among pine selections situated in the distance from 250 to 880 км from one another. The average value of genetic distance of DN_{78} here is equal to 0.0025 ± 0.0009 . Thus, local populations of Scots pine over the whole valley of the Ob river represent one gigantic linear metapopulation. Earlier, analogous weak allozyme differentiation of *Abies sibirica* populations (at the level of $DN_{78} = 0.002–0.003$) over 800 км along the Ob river valley was found by S.A. Semerikova (2008). According to the results of the analysis of mitochondrial DNA of *Larix sibirica* (Semerikov, 2005) considerable

resemblance of haplotypes spectra of this species has also been revealed between populations the Sayans and in the lower reaches of the Ob river, where, in our opinion, hydrochory of its seeds along the Angara and the Ob rivers is highly probable.

The analysis of Nei's genetical distances (DN_{78}) among *P. sylvestris* populations at the transects crossing watersheds of river basins (the Ob and the Yenisei rivers tributaries) adjacent to the Ob river valley shows that they in most cases are within 0.004–0.009. On the average, DN_{78} between them is equal to 0.0054 ± 0.0019 , exceeding more than twice DN_{78} among populations situated along the Ob river-bed.

The rate of anemochorous dispersal of *P. sylvestris* populations which we calculated on palynological data of T.A. Blakharchuk (2012) across the Ob–Yenisey watershed (56–96 km/1000 years) is by an order of magnitude less than along the Ob river-bed from Barnaul town to the Sinya river estuary in the period from 12000 to 9000 years ago (on average – about 800 km (1000 years).

One can suppose that recolonization of Scots pine populations from its hypothetical refugiums in the Altai to northern-west of Western Siberia in Holocene occurred, first of all, by hydrochory of its seeds with the stream of the Ob river. We revealed earlier that along river-beds of other rivers of Russian Plain and Siberia – the Dnieper, the Tobol and the Selenga – DN_{78} among *P. sylvestris* populations is also 2–3 times less (0.003–0.012) than at the transects across their watersheds (0.009–0.032, Sannikova, Sannikov, 2007). In the whole, the hypothesis on the priority of pine population hydrochory along rivers as canals of downgoing genes flow among them is confirmed entirely.

The work was carried out under the support of the Programme of fundamental researches of UB of Russian Academy of Sciences (№ 15-12-4-13).

РАЗРАБОТКА МАРКЕРОВ МИТОХОНДРИАЛЬНОЙ ДНК КЛЮЧЕВЫХ ХВОЙНЫХ ВИДОВ СИБИРСКИХ БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ НА ОСНОВЕ ГЕНОМНОГО СЕКВЕНИРОВАНИЯ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ФИЛОГЕОГРАФИИ

Семериков В.Л.¹, Путинцева Ю.А.², Орешкова Н.В.^{2,3}, Крутовский К.В.^{2,4,5,6}

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия
semerikov@ipae.uran.ru

²Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

³Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, Россия

⁴Гёттингенский университет им. Георга-Августа, Гёттинген, Германия

⁵Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

⁶Техасский университет А&М, Колледж-Стейшен, Техас, США

Для видов семейства сосновые, ключевых хвойных видов сибирских бореальных лесов, одними из наиболее информативных генетических маркеров для филогеографических исследований являются маркеры митохондриальной ДНК. В частности, филогеография сосны обыкновенной в пределах большей части ареала на основе изменчивости митохондриальной ДНК ранее не была изучена в силу отсутствия полиморфных маркеров. Для их разработки мы использовали два подхода. Во-первых, с помощью метода обращенной ПЦР мы исследовали некодирующие фланкирующие области митохондриальных генов сосны обыкновенной и далее, на основе полученных нуклеотидных последовательностей разрабатывали новые пары ПЦР праймеров для поиска полиморфизма в амплифицированных участках посредством ресеквенирования в небольшой выборке особей разного географического происхождения. Этот способ позволил выявить изменчивость в генах *coxI* и *atpA* в европейской России. К сожалению, изменчивость *atpA* оказалась полностью сцепленной с изменчивостью уже изученного маркера *nad7* и, поэтому, не даёт новой информации. Изменчивость же *coxI* позволила

разделить выявленный ранее гаплотип *c* на два: *ca* и *cc*. К западу от Твери встречены три гаплотипа – *a*, *ca* и *cc*. К востоку от Владимира – только *a*, между этими пунктами – *a* и *ca*. Второй подход основан на секвенировании общей ДНК, которая содержит ядерный и цитоплазматические (митохондриальный и хлоропластный) геномы, и включал следующие этапы: частичное секвенирование геномов сосны, кедра, сибирской лиственницы и пихты с помощью секвенатора Illumina HiSeq2000, картирование ридов на уже доступные сборки митохондриального геномов, отбор ридов, представляющих митохондриальный геном, и сборку контигов, а также использование всех контигов для поиска гомологичных нуклеотидных сиквенсов в базе данных GenBank с помощью программы BLAST и отбор контигов, имеющих гомологию с митохондриальными генами растений. В результате было отобрано около 618 контигов общей длиной 1414000 п.н. На их основе были разработаны ПЦР праймеры для амплификации и последующего выборочного ресеквенирования отдельных участков с помощью метода Сангера. Преимущество при выборе отдавалось участкам содержащим тандемные повторы длиной более 3 повторов и мотивом длиной более 10 нуклеотидов. Участки общей длиной около 70000 п.н. были ресеквенированы у 8 деревьев, представляющих Восточную Европу, Кавказ и Монголию. Было выявлено 3 однонуклеотидных полиморфных маркёров – т.н. «снипов» (SNPs) по которым сосны с Кавказа отличались от остальной части ареала. Хотя в основной части ареала они не были изменчивы, но по двум из них обнаружена изменчивость в пределах Кавказа. Кроме того, в одном из контигов был найден минисателлитный локус, имеющий мотив длиной 30 нуклеотидов, повторяющийся от 1 до 42 раз. Его генотипирование у 192 сосен сибирского, монгольского и восточноевропейского происхождения выявило 20 аллелей.

Работа поддержана РФФИ (проект 13-04-01028) и Правительством РФ (договор № 14.Y26.31.0004).

DEVELOPMENT OF MITOCHONDRIAL DNA MARKERS IN KEY SIBERIAN BOREAL FOREST CONIFER SPECIES BASED ON GENOME SEQUENCING AND THEIR USE IN PHYLOGEOGRAPHY

Semerikov V.L.¹, Putintseva Y.A.², Oreshkova N.V.^{2,3}, Krutovsky K.V.^{2,4,5,6}

¹Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia; semerikov@ipae.uran.ru

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

³V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia

⁴Georg-August University of Göttingen, Göttingen, Germany

⁵N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Science, Moscow, Russia

⁶Texas A&M University, College Station, Texas, USA

Studying species history using data on geographic distribution of genetic variation is the subject of phylogeography, which is one of areas for population genetics. Mitochondrial DNA markers are one of the most informative genetic markers in phylogeographic studies of conifer species, the keystone species of Siberian boreal forest. The phylogeography of Scots pine based on the mitochondrial DNA variation has not been previously studied for the most area of this species due to the lack of polymorphic markers. We used two approaches for their development. First, using the inverse-PCR method we sequenced the non-coding flanking regions of the mitochondrial genes of Scots pine and then, based on the obtained sequences developed new pairs of PCR primers to search for polymorphism in the amplified fragments by resequencing them in a small sample of individuals representing different geographic origin. This method revealed variation in genes *coxI* and *atpA* in European Russia. Unfortunately, polymorphism in *atpA* was tightly linked to the variation of the previously investigated marker *nad7* and, therefore, was not informative. Variation in *coxI* allowed us to split the previously identified

haplotypec into two haplotypes: *ca* and *cc*, respectively. Therefore, three haplotypes- *a*, *ca* and *cc* - were found to the west of Tver Region. To the east of Vladimir Region only *a* was found, while *a* and *ca* were found between these regions. The second approach was based on the total DNA sequencing including nuclear and cytoplasmic (mitochondrial and chloroplast) genomes, and using the following steps: 1) a partial sequencing of DNA isolated from Scots pine, Siberian stone pine, Siberian larch and Siberian fir using the Illumina HiSeq 2000 sequencer, 2) mapping of the obtained short reads to the already available assemblies of mitochondrial genomes, 3) selection of the reads representing mitochondrial genome, 4) assembling of contigs, and their verification via BLAST search in the GenBank database, and 5) finally selection of contigs having homology to mitochondrial genes of plants. As a result, 618 contigs were selected with a total length of about 1414 Kbp. Then, the PCR primers were designed for partial amplification and following resequencing of the amplicons using the Sanger sequencing method. Minisatellite regions containing more than three tandem repeats with motif longer than 10 nucleotides were markers of choice for target resequencing. The selected fragments with a total length of about 70,000 bp were resequenced in eight trees representing Eastern Europe, Caucasus and Mongolia. Three SNP markers were revealed, which discriminated pines in Caucasus from the rest of the range. Although they were not variable within the main part of the range, two of them were polymorphic within Caucasian region. Furthermore, one minisatellite marker was found having a 30 nucleotide motif and repeat number ranging between 1 and 42. Its genotyping in 192 trees of Siberian, Mongolian and East European origin revealed 20 alleles.

The research was supported by Russian Fund for Basic Research (project 13-04-01028) and by Government of Russian Federation (contract 14.Y26.31.0004).

СПОНТАННАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ ПИХТ В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ И В КУЛЬТУРЕ, ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБРАЗЦОВ, РОЛЬ ГИБРИДИЗАЦИИ В ЭВОЛЮЦИИ РОДА *ABIES*: ДАННЫЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Семерикова С.А., Семериков В.Л.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Россия; s.a.semerikova@ipae.uran.ru

Виды пихт (род *Abies* Mill., Pinaceae) слабо изолированы репродуктивно и относительно легко гибридизируют в природных и искусственных условиях (Hunt, 1993; Kormutak et al., 2004, 2013; Коропачинский, Милютин, 2006; Semerikova et al., 2011, и др.), что означает важную роль межвидовой гибридизации в эволюции данной группы.

В настоящее время различные экзотические виды и гибриды пихт широко интродуцируются в арборетумах, для последующего использования в озеленении и лесовосстановлении. В то же время идентификация конкретных образцов разных видов *Abies* на основе морфологических признаков сильно затруднена благодаря высокой пластичности и способности к формированию гибридных таксонов.

С целью изучения филогении, эволюционной истории и молекулярной систематики пихт нами была проведена филогенетическая реконструкция рода *Abies* (Семерикова, Семериков, 2014 а, б). Использовались нуклеотидные последовательности фрагментов хлоропластной ДНК (хпДНК), наследуемой у видов Pinaceae по отцовской линии, и митохондриальной ДНК (мтДНК), наследуемой по материнской линии. Всего у 76 образцов 42 таксонов *Abies* было секвенировано пять фрагментов хпДНК (длиной 5659 пар нуклеотидов, 221 мутаций в пределах рода *Abies*) и три фрагмента мтДНК (4009 п.н., 43 мутации). В ходе исследования было показано наличие современной интрогрессивной гибридизации между некоторыми видами пихт. Кроме того, были выявлены признаки древней гибридизации – интрогрессии и рекомбинации мтДНК между удаленными линиями, что, в совокупности с проведенным анализом AFLP, позволяет предполагать наличие исторического генетического потока между видами *Abies* и гибридное происхождение некоторых из них.

Кроме филогенетической реконструкции, выявленная изменчивость хпДНК и мтДНК может быть использована для практических целей, а именно – для таксономической идентификации конкретных образцов пихт в природе и культуре, а также для выявления спонтанных и искусственных гибридов. Изменчивости изученных цитоплазматических фрагментов оказалась достаточной для разделения образцов большинства видов пихт в соответствии с таксономической принадлежностью. У многих таксонов были обнаружены видоспецифические мутации и их комбинации, позволяющие идентифицировать образцы конкретного таксона. Используя комбинации генетических маркеров с различным типом наследования, мы выявили множество случаев спонтанной гибридизации между экзотическими и местными видами пихт в ботанических садах, арборетумах и питомниках. Список подтверждённых спонтанных гибридов *Abies*: (♂ × ♀) *A. sibirica* × *A. balsamea*, *A. balsamea* × *A. sibirica*, *A. balsamea* × *A. lasiocarpa*, *A. homolepis* × *A. veitchii*, *A. homolepis* × *A. koreana*, неустановленный вид из числа средиземноморских × *A. holophylla*, *A. sibirica* × *A. semenovii*. Также при выращивании экзотических видов пихт имели место ошибки в таксономической идентификации, в основном при получении материала неприродного происхождения из питомников и ботанических садов. В нескольких случаях истинная видовая принадлежность была установлена.

Наши исследования показали, что при интродукции экзотических видов пихт, создании и выращивании плантаций следует учитывать возможность гибридизации и ошибочных определений, и проводить генетическую идентификацию образцов, особенно из семян неприродного происхождения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-04-00848А.

SPONTANEOUS HYBRIDIZATION OF FIRS IN NATURAL POPULATIONS AND IN CULTURE, IDENTIFICATION OF SPECIMENS, ROLE OF HYBRIDIZATION IN THE EVOLUTION OF THE GENUS *ABIES*: DATA OF THE MOLECULAR PHYLOGENETIC ANALYSIS

Semerikova S.A., Semerikov V.L.

Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Russia;
s.a.semerikova@ipae.uran.ru

Fir species (genus *Abies* Mill., *Pinaceae*) are weakly reproductively isolated and relatively easily hybridized in natural and artificial conditions (Hunt, 1993; Kormutak et al., 2004, 2013; Koropachinskii, Milyutin, 2006; Semerikova et al., 2011), which reflects an important role of interspecific hybridization in the evolution of this group.

At present, various exotic fir species and hybrids are widely introduced into the arboretums for subsequent use in landscaping and reforestation. At the same time, the taxon identification of particular *Abies* specimens on the basis of morphological traits is very difficult due to the high plasticity and ability to form hybrid taxa.

In order to study the phylogeny, the evolutionary history and molecular systematics of firs, we performed a phylogenetic reconstruction of the genus *Abies* (Semerikova, Semerikov, 2014a, b). Nucleotide sequences of the fragments of chloroplast DNA (cpDNA), inherited paternally in *Pinaceae*, and mitochondrial DNA (mtDNA), inherited through the maternal line, were used. Altogether five cpDNA fragments (5659 bp in total length, 221 mutations within the genus *Abies*) and three mtDNA fragments (4009 bp, 43 mutations) were sequenced in 76 samples of 42 fir taxa. Presence of modern introgressive hybridization between some taxa was shown. In addition, the signs of ancient hybridization were observed: introgression of mtDNA and recombination between distant lines together with the AFLP data suggest the existence of historical gene flow between species of *Abies* and hybrid origin of some of them.

In addition to phylogenetic reconstruction, the revealed variability in cpDNA and mtDNA can be used for practical purposes, namely for taxonomic identification of specific fir samples in nature and culture, as well as to detect spontaneous and artificial hybrids. Variability

of studied cytoplasmic fragments was sufficient to recognize samples of most species. Many taxa have been characterized with species-specific mutations and their combinations, allowing precise discrimination of specimens of a particular taxon. Using a combination of genetic markers with different types of inheritance, we have found many cases of spontaneous hybridization between exotic and native species of fir in the botanical gardens, arboreta and nurseries. The list of confirmed spontaneous fir hybrids includes: ($\sigma \times \text{♀}$) *A. sibirica* \times *A. balsamea*, *A. balsamea* \times *A. sibirica*, *A. balsamea* \times *A. lasiocarpa*, *A. homolepis* \times *A. veitchii*, *A. homolepis* \times *A. koreana*, an unclassified Mediterranean taxa \times *A. holophylla*, *A. sibirica* \times *A. semenovii*. Also, the errors in taxonomic identification were detected when growing exotic species in nurseries and botanical gardens. In several cases, the true species affiliation has been established.

Our study has shown that the introduction of exotic fir species, establishment and management of the plantation should consider the possibility of spontaneous hybridization and misidentification, and perform the genetic identification of samples, especially originated from the seeds of non-natural occurring.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant no. 14-04-00848A.

**ХОПЕРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ЗАПОВЕДНИК –
УСТОЙЧИВАЯ БАЗА СОХРАНЕНИЯ ГЕНОФОНДОВ ПОЙМЕННЫХ И
НАГОРНЫХ ДРЕВОСТОЕВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО, ОЛЬХИ ЧЕРНОЙ, ТОПОЛЯ
БЕЛОГО И СЕРЕЮЩЕГО, ОСОКОРЯ**

Сиволапов А.И.¹, Благодарова Т.А.², Сиволапов В.А.³

¹ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия им. Г.Ф. Морозова», Россия; E-mail: Aleksey-Sivolapov@yandex.ru

²ФГБУ «Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии»

³Филиал ФБУ «Рослесозащита» «ЦЗЛ Воронежской области»

Хоперский государственный природный заповедник (ХГПЗ) (более 16 тыс. га) располагается в юго-восточной части Окско-Донской низменности (южная лесостепь) на юго-востоке Воронежской области.

Территорию заповедника можно считать лесной. Травяные фитоценозы занимают лишь около 4 % общей площади. Причем, лесопокрытая площадь по материалам лесоустройств постоянно увеличивается (на 5,2 % за 60 лет). Во флоре отмечено 39 видов деревьев, 54 вида кустарников и 13 видов полукустарников. Наиболее распространены (лесостроительство 2003 г.) пойменные дубравы с участием липы, ясеня, вяза, тополей и др. пород (34,2% от всей лесной площади). Обычные подлесочные породы: крушина ломкая, клен татарский (Кт), жостер слабительный, шиповник. В нагорной части коренного берега правобережья – дубравы с ясенем и кленом остролистным (11,9% площади). Значительные участки старовозрастной поймы занимают относительно однородные древостои ольхи черной (14,9%) с участием вязов шероховатого и гладкого, ивы белой, ивы пепельной, крушины ломкой, смородины черной. Осинниками (Ос) занято 10,6% лесной территории, ясенем – 4,3%, тальником (ряд кустарниковых видов) – 4,2%, ивой белой – 4,1%, тополем черным – 2,1%, тополем белым 1,8%, вязом – 1,4%, липой – 1,1%. Культуры сосны обыкновенной (8,9%) располагаются в основном на надпойменных террасах и (незначительно) в нагорной части правобережья. Для мониторинга процессов происходящих в лесном комплексе ХГПЗ в 1972-74 гг. зам. дир. ХГЗ Степиным В.В., совместно с каф. лесоводства ВЛТИ под руководством проф. Лукьянца В.Б. и студентами (Сиволаповым А. и др.) были заложены 35 постоянных пробных площадей (ППП): 7 – в сосняках (С), 6 – в черноольшаниках (Ол), 10 – в дубравах позднезрелой фазы фенологической разновидности, 4 – в дубравах ранозрелой фазы фенологической разновидности, 2 – в чернотопольниках (Тч), 5 – в белотопольниках (Тб), 1 – в ветлянике (Вт). Площади были расположены вдоль 6 профильных трансект (северная

часть заповедника) и вне их в северной и центральной части заповедника (1 ППП (№ 22) – в южной). В 1975 г. лесным отделом заповедника под руководством каф. лесоводства ВЛТИ были организованы еще 8 ППП, 6 из которых впоследствии перешли в ведение научного отдела. В 1988-91 гг. количество ППП увеличилось до 45: 7 – С, 7 – Ол, 13 – Д(ПРФР), 11 – Д(РРФР), 2 – Тч, 6 – Тб, 1 – Вт.

В настоящее время общая учетная площадь составляет 17,03 га. Суммарная длина профилей – 23,32 км. Текущий контроль и анализ ситуации проводится по отдельным площадкам и по ассоциациям в целом. Основным критерием при выборе участков для проб было стремление охватить наибольшее число биотопических, породных и возрастных вариантов в данных условиях. В 1995 г. Благодаровой Т.А. выделен генетический резерват ольхи черной на пл. более 1200 га. Это лучшие черноольшаники в Европейской части РФ.

Благодаря созданному 85 лет назад Хоперскому заповеднику сохранились уникальные насаждения дуба черешчатого, ольхи черной, тополя белого, осокоря, тополя сереющего, среди которых выделена гигантская триплоидная форма тополя сереющего, которая явилась родоначальником сорта тополя Хоперский 1.

KHOPERSKY STATE NATURE RESERVE – SUSTAINABLE BASIS TO PRESERVE THE GENE POOL OF FLOOD AND MOUNTAIN PLANTATIONS OF ENGLISH OAK, BLACK ALDER, WHITE, GRAY AND BLACK POPLAR

Sivolapov A.I.¹, Blagodarova T.A.², Sivolapov V.A.³

¹G.F. Morozov Voronezh State University of Forestry and Technologies, Voronezh, Russia;
Aleksy-Sivolapov@yandex.ru

²Research Institute of Forest Genetic, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia

³Centre of Forest Protection, Voronezh, Russia

Khopersky State Nature Reserve (HSNR) (more than 16 thousand Ha) is located in the southeastern part of the Oka and Don lowland (southern forest steppe) in the south-east of the Voronezh region.

Territory of the reserve can be considered a forest one. Herbal plant communities occupy only about 4% of the total area. Moreover, the forest area according to Forest inventory is constantly increasing (5.2% in 60 years). Flora has 39 species of trees, 54 species of shrubs and 13 species of dwarf shrubs. Floodplain oak forests with linden, ash, elm, poplar and others species (34.2% of the total forest area) are the most common (forest inventory 2003). Conventional under forest species are alder buckthorn, Tatarian maple (TM), European buckthorn, rosehips; in the mountainous part of the right bank of the original bank - oaks with ash and maple (11.9% of the area). Significant areas of old-growth floodplain are taken by homogeneous black alder stands (14.9%) with witch elm and European white elm, European willow, gray willow, alder buckthorn, black currant. Aspen (AS) takes 10.6% of the forest area, ash - 4.3%, willow (number of shrub species) - 4.2%, European willow - 4.1%, black poplar - 2.1%, white poplar 1.8%, elm - 1.4%, linden - 1.1%. Forest stands of Scots pine (8.9%) are located mainly on the terraces above the floodplain and (slightly) in the mountainous part of the right bank. To monitor the processes occurring in the forest complex of HSNR in 1972-74 35 permanent sample plots (PSP) were established by Deputy Director of HSNR V.V. Stepin and students (A. Sivolapov et al.) together with Department of Forestry of VSFI under the guidance of prof. Lukyantsev V.B.: 7 – in the pine forests (PF), 6 – in black alder forests (BA), 10 – in oak forests of serotinal phenological variation, 4 – in oak forests of early flowering phenological variation, 2 – in black poplar forests (BP), 5 – in white poplar forests (WP), 1 – in willow grooves (W). Areas were located along the 6 core transects (the northern part of the reserve) and outside in the northern and central part of the reserve (1 PSP (№ 22) – in the south). In 1975, the forest department of the reserve under the supervision of the department of Forestry of VSFI another 8 PSP were organized, 6 of which were subsequently taken over by the scientific

department. In 1988-91 PSP number increased to 45: 7 – P, 7 – BA, 13 – Oak (serotinal phenological variation), 11 – Oak (early flowering phenological variation), 2 – BP, 6 – WP, 1 – W.

Currently, the total area is 17.03 ha. The total length of profiles - 23.32 km. Monitoring and analysis of the situation is carried out on separate sites and associations in general. The main criterion for selecting sites for the samples was to reach the largest number of biotopic, species and age variants under these conditions. In 1995 T.A. Blagodarova selected genetic reserve of black alder on the square of more than 1,200 hectares. This is the best black alder forests in the European part of Russia.

Due to the created 85 years ago Khopersky Reserve the unique plantations of English oak, black alder, white poplar, black poplar, gray poplar were protected, among which giant triploid form of gray poplar was selected, which was the ancestor of the varieties of poplar Khopersky.

SPECIES DELIMITATIONS WITHIN THE *PICEA ABIES/OBOVATA* COMPLEX

Sullivan A.R., Wang X., Street N.

Umeå Plant Science Centre, Umeå University (Umeå), Sweden; alexis.sullivan@emg.umu.se

Species delimitations have long been controversial within the Norway-Siberian (*Picea abies* – *P. obovata*) spruce complex, and indeed, whether they represent two distinct species at all. To address this standing question, we are sequencing the whole-chloroplast genomes of 30 individuals from across the range of Norway and Siberian spruce and analyzing their relationships within a complete *Picea* phylogenetic framework. Our first results support the hypothesis that Norway spruce actually comprises at least two species separated by millions of years of evolution: one in Fennoscandia and another in continental Europe. However, we found more equivocal support for the status of Siberian spruce, as chlorotypes from this putative species were intercalated within both Fennoscandian and continental European spruce clades. A similar lack of reciprocal monophyly was also observed at 42 mitochondrial gene loci analyzed in a subset of individuals. As some combination of hybridization and incomplete lineage sorting could explain this pattern, we are additionally analyzing genome-wide variation at > 40,000 SNPs in exemplar accessions from the Fennoscandian, continental European, and Siberian clades. This strategy will help clarify the relationships among the Norway/Siberian spruce and also enable identification of introgressed loci using recently-developed statistical methods. Understanding the species boundaries and extent of hybridization between Norway and Siberian spruce will provide a sound foundation for future work on the genetic basis of adaptation of these economically and ecologically important species.

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЙ НА МИКРОБИОТУ МЕРЗЛОТНОЙ ТАЕЖНОЙ ДЕРНОВО-КАРБОНАТНОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ

**Тарабукина Н.П., Неустроев М.П., Саввинов Д.Д., Неустроев М.М., Степанова А.М.,
Парникова С.И.**

ФГБНУ Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Якутск;
mneyc@mail.ru, hotubact@mail.ru

Одной из основных экологических проблем в регионах развития нефтегазовой отрасли является загрязнения объектов окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. В настоящее время широко ведутся работы по добыче, переработки, транспортировки, потребления нефти и газа в северных регионах России, которые характеризуются относительно низкой самоочищающей способностью. Нефть и продукты ее переработки, многие из которых чрезвычайно токсичны, канцерогенны и персистентны, то есть разрушаются крайне медленно, в частности, в Сибири с ее холодным климатом.

Актуальность проблемы возрастает с освоением и разработкой месторождений нефти в Республике Саха (Якутия), строительством нефтепроводной системы «Восточная Сибирь-Тихий океан», и недостаточностью исследований по изысканию эффективных, экологических, безопасных способов биологической очистки мерзлотных почв от нефтезагрязнений.

За период 2008-2014 гг. на территории РС (Я) произошло 182 аварийных разливов нефтепродуктов. По количеству поступивших загрязняющих веществ в природные среды их можно характеризовать как мелкие и средние (до 3-10 т). Наиболее значительные загрязнения произошли на территориях Мирнинского, Ленского, Томпонского, Булунского районов.

Результаты, проведенных исследований современного состояния нефтезагрязненных территорий после проведения восстановительных работ в Амгинском, Мирнинском, Ленском, Олекминском районах Якутии показали, что наличие нефтепродуктов в разных типах и подтипах мерзлотных почв на прямую влияют на микробиологическую активность и интенсивность процессов минерализации, также на содержание гумуса, имеющего большое значение для агрономической оценки и важнейшего показателя плодородия.

В мерзлотных таежных дерново-карбонатно суглинистых почвах Ленского района на месте аварийного разлива нефти через 2 года после проведения восстановительных работ, особенно в верхних горизонтах, по сравнению с фоном (0,096 мг/г) отмечаются заметные следы загрязнения нефтепродуктами до 2-3 мг/г. В почвах с содержанием нефтепродуктов (от 3,6-2,1 мг/г) отмечено совершенное отсутствие спорообразующих, углеводородокисляющих бактерий, актиномицет, грибов, также малое число микроорганизмов, усваивающих органические формы азота.

Таким образом, содержание нефтепродуктов в мерзлотных таежных дерново-карбонатно суглинистых почвах – до 2,1-3,6 мг/г ингибируют микробиологическую активность, тем самым предотвращает процесс самоочищения почв. Полученные результаты исследований согласуются с сообщениями В.П. Зволинского с соавт. (2007) и позволяют подтвердить, что нефть попадая в почву, вызывает глубокие нарушения в функционировании микробиоты. Сдвиг, происходящий в составе почвенной биоты, может служить основой для диагностики степени загрязнения и разработки методов восстановления нефтезагрязненных почв.

EFFECTS OF OIL CONTAMINATIONS ON MICROBIOTA OF PERMAFROST TAIGA SODDY-CARBONATE LOAMY SOILS

Tarabukina N.P., Neustroev M.P., Savvinov D.D., Neustroev M.M., Stepanova A.M., Parnikova S.I.

Yakut Scientific Research Institute of Agriculture, Yakutsk; mneyc@mail.ru, hotubact@mail.ru

One of the main environmental challenges in the oil and gas industry is the contamination of the environment by oil and oil products. Now it is widely work is underway on mining, processing, transportation, oil and gas consumption in the northern regions of Russia, which are characterized by a relatively low self-cleaning ability. Oil and products of its processing, many of which are extremely toxic, carcinogenic, and persistent, i.e. destroyed very slowly, especially in Siberia, with its cold climate.

The urgency of the problem increases with the development and exploitation of oil fields in the Republic of Sakha (Yakutia), the construction of the pipeline system "Eastern Siberia-Pacific Ocean", and the lack of research on finding effective, ecological, safe methods of biological treatment of permafrost soils from oil pollution.

During the period of 2008-2014 years the territory of the Republic of Sakha (Yakutia) was 182 spills of petroleum products. By the number of incoming contaminants in the environment can be characterized as small and medium-sized (up to 3.10 m). The most

significant contamination occurred in the territories of Mirninsky, Lensky, Tomponsky, Bulunsky districts.

The results of the research of the current state of oil-contaminated areas after restoration works in Amginsky, Mirninsky, Lensky, Olekminsky districts of Yakutia have shown that the presence of oil in different types and subtypes of permafrost soils directly affects microbial activity and intensity of mineralization, as the content of humus, which is of great importance for agronomic evaluation and the most important indicator of fertility.

In permafrost taiga soddy-carbonate loamy soils of Lensky district in place of oil spill 2 years after completion of rehabilitation works, especially in the upper horizons, as compared with the background (0.096 mg/g) there are noticeable traces of oil pollution up to 2.3 mg/g. In soils with oil content (from 3.6-2.1 mg/g) noted a complete absence of spore-forming, hydrocarbon-oxidizing bacteria, actinomycetes, fungi, and a small number of microorganisms that use organic forms of nitrogen.

Thus, the oil content in the permafrost taiga soddy-carbonate loamy soils - up to 2.1-3.6 mg/g inhibit microbiological activity, thereby preventing the process of self-purification of soil. The results obtained are consistent with reports of V.P. Zvolinsky and others (2007) and allow confirming that the oil getting into the soil causes profound disturbances in the functioning of the microbiota. Shift taking place in the composition of soil biota can serve as a basis for the diagnosis of the degree of contamination and develop methods for restoring contaminated soils.

О РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА НАЦИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ "ИЗУЧЕНИЕ, СОХРАНЕНИЕ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РОССИИ"

Тараканов В.В.^{1,2}, Горошкевич С.Н.³, Политов Д.В.⁴, Крутовский К.В.^{4,5,6,7}

¹Западно-Сибирский филиал Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Новосибирск, Россия; tarh012@mail.ru

²Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

³Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

⁴Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия

⁵Гёттингенский университет им. Георга-Августа, Гёттинген, Германия

⁶Сибирского федерального университета, Красноярск, Россия

⁷Техасский университет А&М, Колледж-Стейшен, Техас, США

Россия – мировой лидер по площади лесов (~20% общей площади лесов мира). В основном это бореальные леса с преобладанием в них естественных популяций. При разумной лесной политике в области сохранения лесного биоразнообразия это лидерство может быть усилено. Однако, следует учитывать, что видовой состав бореальных экосистем относительно беден. Он компенсируется огромной внутривидовой изменчивостью, формирующейся в условиях экологически гетерогенных обширных ареалов лесообразующих видов, и потому внутривидовая изменчивость видов-эдификаторов является важнейшим компонентом биоразнообразия российских бореальных лесов. При этом наибольшее значение имеет наследственная изменчивость древесных растений по адаптивным и хозяйственно ценным признакам – «лесные генетические ресурсы» по современной терминологии (ЛГР), от уровня и особенностей которых, в конечном счете, зависят устойчивость и продуктивность лесов, а также перспективы выведения сортов с хозяйственно полезными свойствами. ЛГР должны рассматриваться в качестве стратегически важного государственного ресурса, тщательно оберегаться и рачительно использоваться. Поэтому в России в середине 1970-х годов были разработаны соответствующие государственные программы в области ЛГР. Аналогичные программы с конца 1950-х гг. разрабатываются и во многих других развитых странах – Швеции, Финляндии, Германии, США, Японии и др.

В настоящее время назрела настоятельная необходимость разработки новой программы такого рода, в которой учитывались бы специфика лесов России, накопленный отечественный и международный опыт и последние научные достижения в данной области. В связи с этим, нами разработан и представлен на обсуждение Научного Совета РАН по лесу проект Национальной программы "Изучение, сохранение и рациональное использование лесных генетических ресурсов России".

В предварительном обсуждении проекта приняли участие ряд ведущих отечественных специалистов в области сохранения генофонда растений: Видякин А.И., Глотов Н.В., Драгавцев В.А., Лукина Н.В., Милютин Л.И., Муратова Е.Н., Онучин А.А., Орехова Т.П., Санников С.П., Семериков В.Л., Петрова И.В., Янковский Н.К. и др.

Проект программы выставлен для ознакомления (с целью его дальнейшей доработки) на сайте совещания http://conf.ict.nsc.ru/cfgrs2015/ru/cfgrs2015_p003 и включает следующие разделы: термины; задачи программы; сфера реализации, основные проблемы и перспективы развития; методы и результаты изучения, сохранения и рационального использования ЛГР России; ожидаемые результаты реализации программы; основные мероприятия программы.

Принятие национальной программы по ЛГР России будет способствовать внутригосударственной и международной консолидации лесных специалистов науки, производства и образования, без которой невозможно решить важнейшую задачу повышения устойчивости, биоразнообразия и продуктивности отечественных лесов.

DEVELOPMENT OF THE NATIONAL PROGRAM ON STUDYING, CONSERVATION AND RATIONAL USE OF FOREST GENETIC RESOURCES IN RUSSIA

Tarakanov V.V.^{1,2}, Goroshkevich S.N.³, Politov D.V.⁴, Krutovsky K.V.^{4,5,6,7}

¹V.N. Sukachev Institute of Forest (West-Siberian Branch), Siberian Branch of Russian Academy of Science, Novosibirsk, Russia; tarh012@mail.ru

²Novosibirsky State Agricultural University, Novosibirsk, Russia

³Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of Russian Academy of Science, Tomsk, Russia

⁴N.I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Science, Moscow, Russia

⁵Georg-August-University of Göttingen, Göttingen, Germany

⁶Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

⁷Texas A&M University, College Station, Texas, USA

Russia is the world leader in forest area (~20% of the total forest area of the world). This is mainly boreal forests with predominantly natural populations. With a reasonable forest policy for the forest biodiversity conservation that leadership can be strengthened. However, it should be noted that the species composition of the boreal ecosystems is relatively poor. It is compensated by a huge intraspecific variation that is formed in the heterogeneous environment across extensive areas of forest-forming species, and, therefore, the intraspecific variation of the keystone species is a crucial component of biodiversity of Russian boreal forests. The greatest importance is the genetic variation in adaptive and economically valuable traits - "forest genetic resources" in modern terminology (FGR), the level and characteristics of which will ultimately depend on the sustainability and productivity of forests, as well as prospects for breeding cultivars with economically useful properties. FGR should be considered as a strategically important state resource, carefully preserved and wisely used. Therefore, the national FGR programs have been developed in Russia in the mid-1970s. Similar programs were developed since the late 1950s in many other developed countries - Sweden, Finland, Germany, USA, Japan and others.

Currently, there is an urgent need to develop a new program of this kind, which would take into account the specifics of Russian forests, gained national and international experience and the latest scientific achievements in this field. In this connection, we developed the National

program "Studying, conservation and sustainable use of forest genetic resources in Russia" and submitted it for consideration and discussion to the Scientific Council of Russian Academy of Science on Forest.

A number of leading national experts in the forest conservation genetics – V.A. Dragavtsev, N.V. Glotov, N.V. Lukina, L.I. Milutin, E.H. Muratova, I.V. Petrova, A.A. Onuchin, T.P. Orekhova, S.P. Sannikov, V.L. Semerikov, A.I. Vidyakin, N.K. Yankovsky and others – were participated in a preliminary discussion of the program.

The draft program is available for review (with the aim of further development) on the conference site http://conf.ict.nsc.ru/cfgrs2015/ru/cfgrs2015_p003 and includes the following sections: terminology, objectives of the program, the scope of implementation, the main problems and prospects of development; methods and results of the study, conservation and sustainable use of FGR in Russia, the expected results of the program, and the main activities of the program.

The adoption of a national program for FGR in Russia will help to consolidate domestic and international forest experts and to integrate production, science and education, without which it would be impossible to solve the most important task of improving the sustainability, biodiversity and productivity of national forests.

ПЛАНТАЦИОННОЕ ОРЕХОВОДСТВО КЕДРА СИБИРСКОГО НА СЕЛЕКЦИОННОЙ ОСНОВЕ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Титов Е.В.

ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», Россия
lesomel@yandex.ru

Кедровые орехи – продукт двойного назначения: потребления (пищевого и технического) и воспроизводства кедровников.

Ускоренное и рентабельное их получение в большом объеме возможно на целевых орехопродуктивных и лесосеменных плантациях, созданных в почвенно-климатических условиях, обеспечивающих регулярное и обильное семеношение кедра, отселектированными по генотипу клонами высокоурожайных (плюсовых) деревьев и сортами-клонами. В настоящее время первые являются основой для создания таких объектов.

В России наиболее ценных генофонд, самое большое количество высокоурожайных (плюсовых) деревьев кедра сибирского (242 шт.) отобрано и аттестовано в низкогорье и среднегорье Северо-Восточного Алтая – зоне экологического оптимума и повышенного полиморфизма вида. Большая часть из них (80 %) подтвердили высокую урожайность при 30-летнем клоновом испытании.

Урожайность и структурные признаки урожая высоко наследуются в вегетативном потомстве. Клонирование горноалтайских отселектированных деревьев позволяет получить на плантации первый промышленный урожай семян (60 кг/га) в 10-14-летнем возрасте. В 20 лет он достигает 140 кг, в 25-220 кг, что превышает средние показатели 140-180-летних припоселковых кедровников (162 кг), в 30-280 кг/га. Урожай на плантации превосходит семенную продуктивность лучших естественных насаждений не менее, чем на 70 %. Более высокие (на 25 %) урожаи могут быть получены на промышленных плантациях при использовании сортов-клонов. Первые два («Кедроградский» и «Романтик») выявлены, утверждены и допущены к использованию, еще два проходят конкурсные испытания.

Репродуктивная способность высокоурожайных сортов-клонов сохраняется в различных лесорастительных зонах: таежной Горного Алтая, средней тайги Республики Коми, хвойно-широколиственных лесов Брянской области, лесостепи Воронежской области. Наследуемость величины урожая при достаточном опылении в большей мере

зависит от генотипа, нежели от почвенно-климатических условий. Последние обуславливают периодичность семеношения: чаще высокие урожаи формируются в зоне оптимума вида, нежели в зоне средней тайги.

Орехопродуктивные и лесосеменные плантации кедра сибирского – объекты длительной (не менее 80-100 лет) высокой, экономически выгодной урожайности. Они должны создаваться высококачественным отселектированным исходным материалом, т. к. последствия брака трудно будет исправить. В настоящее время клонируют плюсовые деревья, отобранные, как правило, по несовершенным методикам и не прошедшие клоновые испытания. На значительных площадях создаются среднеурожайные плантации, дискредитируется плюсовая селекция. Для исправления положения отбор деревьев следует проводить по единым, утвержденным Рекомендациям (2000), основанным на использовании интегрального показателя текущей и потенциальной урожайности кедра в онтогенезе – протяженности плодоносящего яруса кроны и количества плодоносящих побегов, высоко коррелирующих с семенной продуктивностью ($r = 0.84-0.94$) и высоко наследуемых в вегетативном потомстве ($r = 0.78$).

В настоящее время в стране отселектировано по генотипу незначительное количество высокоурожайных (плюсовых) деревьев. Использование горно-алтайских клонов позволит закладывать ежегодно не более 20 га орехопродуктивных плантаций. Своевременная мобилизация ценного генофонда в регионах с оптимальными почвенно-климатическими условиями дает возможность создать надежную орехопромысловую и лесосеменную базу на селекционной основе.

О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К ИЗУЧЕНИЮ ВНУТРИВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ХВОЙНЫХ ПО ОТНОШЕНИЮ К КЛИМАТИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ РОСТА (НА ПРИМЕРЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ)

Тихонова И.В.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Россия; selection@ksc.krasn.ru

Проблема изучения климатически обусловленной изменчивости видов древесных растений в наше время становится особенно актуальной, о чем свидетельствует интерес, который к этой тематике проявляют представители разных наук. Она тесно связана с проблемой вида. Так как лес – это явление географическое, в связи с развитием ботанической географии и лесной типологии в начале прошлого века широкое признание получила гипотеза эколого-географической подразделенности ареалов видов хвойных на соподчиненные таксоны, приравненные к систематическим единицам разного ранга. Наибольшее развитие благодаря энергии Л.Ф. Правдина она получила при исследовании сосны обыкновенной, одного из чрезвычайно полиморфных видов Северной Евразии.

К настоящему времени накопился ряд противоречий данного направления исследований, требующих разрешения. Это искусственность иерархической внутривидовой структуры, разработанной на основе учения об экотипах (географические экотипы – климатипы – эдафотипы – популяции) в связи со взаимозависимостью факторов среды; противоречие между существующей эколого-географической подразделенностью и лесосеменным районированием видов хвойных, с одной стороны, и гипотезой (теорией) гидрохорного распространения видов, результатами популяционной генетики, с другой; основная часть генетической изменчивости видов сосредоточена внутри популяций, а элементы внутривидовой структуры выстраиваются на основе небольшой доли межпопуляционных различий и другие.

В докладе рассматриваются некоторые подходы к решению перечисленных проблем: от выявления хорологической структуры видов на основе фенотипических признаков, предлагаемой А.И. Видякиным и В.В. Таракановым, и поиска маркеров эпигенетической изменчивости на основе разрабатываемой В.А. Драгавцевым с соавторами теории эколого-генетической организации количественных признаков, до различных способов анализа данных и создания общей базы данных для внутреннего пользования. Коротко рассказывается о результатах изучения

внутрипопуляционной изменчивости сосны обыкновенной из южных районов Сибири по реакции деревьев на почвенно-климатические условия произрастания. В частности, выявлено разнообразие и четкая дифференциация выборок на 2-4 группы по по влаго- и теплолюбию деревьев, с наибольшим уровнем изменчивости по засухоустойчивости. Отмечена достоверная наследуемость индивидуальной нормы реакции приростов сосны на изменение погодных условий и большое число достоверно различающихся типов сопряженности роста сосны с факторами внешней среды. Предлагается схема организации морфологической изменчивости вегетативных и генеративных признаков вида в связи с внутрипопуляционной экотипической структурой вида.

В связи с возможностью использования разрабатываемых нами методических подходов в практической селекции видов хвойных отмечается необходимость учесть не только положительный, но и негативный опыт селекционеров-аграриев в области культивирования съедобных растений. Сделан вывод о том, что риски широкого внедрения селекционных монокультур будут многократно разрушительнее с учетом колебаний климата, распространения вредителей и болезней и др. факторов, так как лес для нас – это не только пища, тепло, дом, лекарства, одежда, книги, но и среда обитания, вода и климат. Селекционные культуры должны занимать не более 10-15% общей площади лесов с условиями длительного «отдыха», а площадь **неприкасаемых** резервных лесов должна быть увеличена до 40-50% от общей площади лесов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 13-04-00495-а и № 15-44-04008-р_сибирь_а.

ON SOME APPROACHES TO STUDY INTRASPECIFIC DIVERSITY OF CONIFEROUS SPECIES IN RELATION TO CLIMATIC FACTORS OF GROWTH (CASE OF SCOTS PINE)

Tikhonova I.V.

V. N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia, Krasnoyarsk; selection@ksc.krasn.ru

The problem of studying of coniferous species reactions in modern time is particularly relevant as take place the interest of different sciences to this problem. It is closely related with the problem of the species. Since wood is a geographical phenomenon, due to the development of botanical geography and forest typology at the beginning of the last century, widely was recognized the hypothesis of ecological and geographic differentiation in the ranges of coniferous species. For the L. F. Pravdin's it was most developed on the studying of Scots pine variability, one of the highly polymorphic species of Northern Eurasia.

To that time it was accumulated a number of contradictions of the research areas that require resolution. For example, take place an artificial hierarchy of intraspecific structure, developed on the basis of the doctrine about of ecotypes (geographic ecotypes - climatotypes – edafotypes - population)? because there are the connection between environmental factors; the contradiction between the existing of ecologo-geographic structure of conifer species and seed zoning, on the one hand, and a hypothesis (theory) of distribution of species by river and the results of population genetics, on the other; the main part of genetic variation is concentrated within populations of species, but the elements of intraspecific structure based only on small part of inter-population differences.

In the report it are considered the some approaches to solving these problems, for examples, the finding of space structure of species on the basis of phenotypic characteristics, proposed by A.I. Vidyakin and V.V. Tarakanov; the search of epigenetic markers on the basis of V.A. Dragavtsev et. al. theory of ecological and genetic organization of quantitative traits; a different ways to analyze the data and create a common database. The results of the study of intrapopulation variability of Scots pine from the southern regions of Siberia by the reaction of trees on soil and climatic conditions of growth are briefly considered. In particularly, it was revealed the variety and a clear differentiation in the samples on 2-4 groups of trees with different reaction for moisture and heat-loving, with the highest variability in drought tolerance. A significant heritability of individual increments pines on changing of weather conditions and the large number of significantly different types of contingency pine growth with environmental factors were

established. The scheme of morphological variation of vegetative and generative traits of species in connection with the intra-specific ecotypes structure was proposed.

Due to the possibility of using of methodological approaches developed by us in practical selection of coniferous species it is necessary to take attention to the necessity of considering not only positive, but also negative experiences of agricultural selection in the cultivation of edible plants. It is concluded that the risks of wide introduction of selective cultures to forestry will be multiply destructive because forests for people are not only a food, heat, home, medicines, clothes and books, but also a habitat, water and climate. The selection cultures should take no more than 10-15% of the total forest area, and the area of untouchable reserve forests should be increased to 40-50% of the total forest area.

This work was supported by the grant of RFBR № 13-04-00495-a. The author is grateful to V.V. Tarakanov, A.A. Knorre and N.A. Tikhonova for their assistance.

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПО ПРИЗНАКУ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ В ЛЕСОСТЕПНЫХ БОРАХ ЮЖНОЙ СИБИРИ

Тихонова Н.А., Тихонова И.В.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Россия, Красноярск; ntikhonova@ksc.krasn.ru

Исследования засухоустойчивости сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) весьма актуальны для засушливых условий лесостепной зоны Сибири. Дефицит почвенной влаги в период вегетации нередко приводит к усыханию сеянцев и подроста сосны, сбрасыванию части хвои и усыханию ветвей у взрослых деревьев. Данное исследование актуально в связи со сложившейся практикой выборочных рубок наиболее высокобонитетных древостоев, что может привести к снижению продуктивности следующих поколений леса в этой природно-климатической зоне. Одним из способов решения этой проблемы является селекция древесных растений на засухоустойчивость для создания высокопродуктивных насаждений.

Целью первого этапа работы было изучение разнообразия популяций сосны обыкновенной, произрастающих в условиях лесостепи на юге Сибири, по признаку засухоустойчивости. Исследования проводили в трех лесостепных местообитаниях сосны в Ширинском (Хакасия), Минусинском (Красноярский край) и Балгазынском (Тува) борах. Выборки составили 66, 59 и 113 деревьев, соответственно. У каждого дерева в 2006 и 2014 гг. отбирали по 50 пар хвоинок с однолетних побегов с 4-х сторон кроны, образцы взвешивали с точностью 0,01 гр., измеряли длину хвои. Засухоустойчивость деревьев определяли по водоудерживающей способности хвои (ВУС). Для этого образцы высушивали при комнатной температуре и регулярно взвешивали дважды в день до полного высыхания (до 5-32 суток). Критерием количественной оценки водоудерживающей способности хвои было время потери 50% воды (Наквасина, 2002).

В результате проведенных исследований было установлено, что в популяциях сосны время потери 50% воды (t_{50}) у отдельных деревьев изменяется от 8 до 127 часов. Выборки были разделены на три группы: 1 – слабоустойчивые к засухе деревья ($t_{50} \leq 16$ часов), 2 – среднеустойчивые ($17 < t_{50} < 38$) и 3 – высокоустойчивые ($t_{50} \geq 38$). В выборках преобладают деревья 2 группы. Содержание воды в хвое варьировало от 18 до 64%. При этом корреляции между содержанием влаги и скоростью ее испарения не выявлено, что объясняется большей зависимостью засухоустойчивости от соотношения количества свободной и связанной воды в образце. В результате многофакторного анализа данных отмечено, что 35-37% дисперсии объясняют изменения оводненности и ВУС хвои (t_{50}) с увеличением возраста и размеров дерева, улучшением его состояния, увеличением длины и массы 1 см. хвои, отношения диаметра ствола к диаметру кроны.

Суммарная дисперсия признаков составила 67-69%. При этом в Ширинской выборке более старые деревья отличались большей гомозиготностью, большей засухоустойчивостью и отношением диаметра ствола к диаметру кроны, меньшей длиной хвои. В целом было установлено, что большинство засухоустойчивых деревьев характеризуются лучшим ростом, состоянием, большей длиной и массой хвои. Однако эта связь неоднозначна. В выборках встречаются также засухоустойчивые низкорослые

(более гомозиготные в Ширинской и гетерозиготные в Балгазынской выборке) деревья с короткой хвоей.

Таким образом, для более полной оценки засухоустойчивости деревьев в природных популяциях необходимо учитывать не только ВУС, но и размеры, состояние и возраст деревьев, а также локальные условия их места произрастания.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 13-04-00495-а и № 15-44-04008-р_сибирь_а.

INDIVIDUAL DROUGHT RESISTANCE VARIATION OF *PINUS SYLVESTRIS* L. IN THE FOREST-STEPPE PINE FORESTS OF SOUTH SIBERIA

Tikhonova N., Tikhonova I.

V. N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia,
Krasnoyarsk; ntikhonova@ksc.krasn.ru

The investigations of drought resistance of *Pinus sylvestris* L. are highly relevant to the arid conditions of forest steppe zone of Siberia. Deficit of soil moisture during the growing season often leads to desiccation of seedlings and undergrowth of pine, to dropping the needles and to desiccation the branches in adult trees. This observation is actual due to current practice of selection cutting of the most high-productive forests; it can be led to decreasing of productivity of the next forest generations in this environmental zone. One of the methods to solve this problem is the selection of woody plants to drought resistance for creating the highly productive stands.

The aim of the first stage of work was to investigation the diversity of populations of *Pinus sylvestris* growing in a forest steppe in southern Siberia, on the basis of drought resistance feature. Investigations were carried out in three forest-steppe habitats of pine in Shira (Khakassia), Minusinskii (Krasnoyarsk region) and Balgazynskii (Tuva) pine forests. The samples were 66, 59 and 113 trees, respectively. We selected by 50 pairs of needles with annual shoots from 4 sides of the crown from each tree in 2006 and 2014 years, the samples were weighed with an accuracy of 0.01 g, and we measured the length of the needles. The drought resistance of trees was determined on moisture-retaining capacity of needles (MRC). For this purpose, the samples were dried at room temperature and regularly weighed twice a day until complete drying (before 5-32 days). The criterion for quantitative estimation of moisture-retaining capacity of needles was a time of loss of 50% of water.

As a result of realize studies, it was found that in the populations of pine the time of 50% water loss (t_{50}) from separate trees varies from 8 to 127 hours. The samples were divided into three groups: 1 - weakly stable from drought trees ($t_{50} \leq 16$ hours), 2 - medium resistance ($17 < t_{50} < 38$) and 3 - highly resistance ($t_{50} \geq 38$). The trees of second group are prevalent in the samples. The water content in the needles varied from 18 to 64%. At the same time the correlation between the moisture content and the rate of its evaporation is not revealed that can be explained by the greater dependence the drought resistance on the ratio of free and bound water in the sample. As a result of multivariate data analysis we indicated that 35-37% of the variance explained the changes in water content and MRC of needles (t_{50}) with the increasing of age and size of the tree, the improvement of its state, the increasing the length and weight of 1 cm. of needles, the ratio of trunk diameter to the diameter of the crown.

The total variance of a features accounted for 67-69%. At the same time in the Shira sample the older trees were more homozygous, were more drought resistance and have the more ratio of the diameter of the trunk to the diameter of the crown, and were less length of the needles. It was generally found that the most of the drought resistant trees are characterized by the best growth, state, the greater length and weight of the needles. However, this relationship is ambiguous. In the sample there are also drought resistant dwarf trees (more homozygous in the Shira and heterozygous in Balgazyn sample) with short needles.

Therefore, for a more complete assessment of drought resistance of trees in the natural populations it is necessary take into account not only the MRC, but also the size, condition and age of the trees, as well as local conditions of their habitat.

**МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ *LARIX SIBIRICA* И *LARIX SUKACZEWII*
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОТЕХНОЛОГИИ СОМАТИЧЕСКОГО
ЭМБРИОГЕНЕЗА *IN VITRO***

Третьякова И.Н., Пак М.Э., Иваницкая А.С.

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

Для успешной реализации плантационного лесовыращивания в России необходимо создание высокопродуктивных сортов, отличающихся высокой пластичностью и устойчивых к стрессовым факторам. Результативность данной работы может быть обусловлена использованием методов традиционной селекции в сочетании с современными биотехнологическими приемами.

Нами были отобраны деревья видов *Larix*, устойчивые к листовенничной почковой галлице, а также разработана и запатентована биотехнология культивирования листовенницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и листовенницы Сукачева (*L. sukaczewii* Djil.) на среде АИ через соматический эмбриогенез *in vitro* (патент № 2456344; <http://www.freepatent.ru/images/patents/5/2456344/patent-2456344.pdf>) и получены регенеранты данных видов. Используя в качестве эксплантов незрелые зиготические зародыши, получили четыре самовоспроизводящие пролиферирующие эмбриогенные клеточные линии. (Кл) *Larix sibirica*, 11 Кл *L. sukaczewii* и одну гибридную линию *L. sibirica* x *L. sukaczewii*. Кл листовенницы отличались разной эмбриогенной продуктивностью, содержанием и размером соматических зародышей, способностью их вызревать и прорасти, а также образовывать жизнеспособные регенеранты. В молодых Кл (возраст до одного года) число глобулярных соматических зародышей в 1г сырого эмбриогенного каллуса (ЭК) в среднем колебалось от 2040 до 7655, и у отдельных Кл достигало 11103. Пролиферативная активность Кл сохранялась в течение двух-пяти лет и более. При длительном культивировании происходило накопление мутаций, которые приводили к нарушениям в морфогенезе соматических зародышей. Число таких нарушений возрастало у Кл с низкой эмбриогенной продуктивностью.

При добавлении в питательную среду АИ абсцизовой кислоты (АБК) происходил морфогенез и вызревание соматических зародышей в течение 45 суток. Число вызревших соматических зародышей у разных Кл колебалось от 12 до 1221 шт. Мелкие соматические зародыши гибридной Кл5 вообще не вызревали на среде с АБК. Наблюдались разного рода нарушения в морфогенезе зародыша в процессе вызревания: отклонения в морфогенезе разных доменов зародыша и цитокинезу. Наименьшее число аномальных зародышей было отмечено у Кл4, у которой формировались в основном нормальные по фенотипу зародыши (83.3%).

Прорастание соматических зародышей происходило на безгормональной среде АИ и начиналось с растяжения гипокотилия и удлинения корешка. Появление эпикотилия происходило через 2-3 недели культивирования. Наибольшее число полноценных регенерантов было отмечено у Кл4 (80.9 %). У других клеточных линий прорастание соматических зародышей колебалось от 11.1% до 26.6%. Соматические сеянцы переносили в экочуву в условия ростовой камеры, а затем были высажены в теплицу Погорельского ОЭП, где сеянцы активно росли. Прирост двухлетних сеянцев за вегетационный период составил 10-20 см.

Работа поддержана грантом РФФИ № 15-04-01427.

MICROCLONAL PROPAGATION OF *LARIX SIBIRICA* AND *LARIX SUKACZEWII* BY SOMATIC EMBRYOGENESIS *IN VITRO* BIOTECHNOLOGY

Tretyakova I.N., Park M.E., Ivanitskaya A.S.

V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
Krasnoyarsk, Russia

The problem of conservation of gene pool of the main forest forming species in Russia may be solved using the combination of classical selection methods as well as modern biotechnological methods such as somatic embryogenesis, which is widely used abroad in plantation forest forming.

Trees of *Larix* genera stable to damaging by larch gall-midge were selected. Biotechnology of immature isolated zygotic embryos of *Larix sibirica* and *L. sukaczewii* culturing through somatic embryogenesis *in vitro* on AI medium were developed and patented (patent № 2456344; <http://www.freepatent.ru/images/patents/5/2456344/patent-2456344.pdf>), plantlets of these species were obtained. Four proliferation cell lines (CLs) of *L. sibirica*, 11 CLs of *L. sukaczewii* and one hybrid CL of *L. sibirica* x *L. sukaczewii* were obtained from immature embryo cultures. CLs differed in somatic embryo production: embryo quantity, size, and capability to mature, to germinate, and to form viable plantlets.

In the young CLs (up to one year), number of globular embryos per 1 gram of fresh weight of embryonal callus (EC) ranged from 2040 to 7655, and reached 11103 in some CLs. The CLs are capable to save their proliferated activity during two-five years and more. Accumulation of mutations, which leads to disturbances of somatic embryos morphogenesis occurred at long-term culturing. The number of the disturbances was higher in the CLs with low embryogenic productivity.

On AI medium with abscisic acid (ABA), somatic embryos reached maturity in 45 days. The number of mature embryos per 1 gram of fresh EC ranged from 12 to 1220 in different CLs. Small somatic embryos of CL 5 did not mature on the medium with ABA. A range of disturbances of embryo morphogenesis during somatic embryo maturation was found: aberration of the embryo domain morphogenesis and cytokinesis. Least number of abnormal embryos was found in CL 4; in this CL normal mature embryos were formed in 83.3% of cases.

Germination of somatic embryos occurred on hormone-free AI medium, it began from the elongation of hypocotyl and embryo root. Epicotyl appeared two or three weeks after the culturing on the germination medium. The higher number of well-formed plantlets was found in CL 4 (80.9 %). In the other CLs somatic embryo germination varied from 11.1% to 26.6%. Plantlets were transferred to the soil at the condition of growth-chamber and then to soil at the green-house of «Pogorelsky Bor» Experimental base. Increase of two-year plantlets was 10-20 cm for the vegetative period.

This work was supported by Russian Fund of Fundamental Research (grant № 15-04-01427).

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СТРУКТУРЫ ДРЕВЕСНЫХ КОЛЕЦ ЛИСТВЕННИЦЫ ГМЕЛИНА В ЛЕСОТУНДРОВОЙ ЗОНЕ (П-ОВ ТАЙМЫР)

Фахрутдинова В.В.¹, Шашкин А.В.², Бенькова В.Е.²

¹Западно-Сибирский филиал Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Россия

²Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Россия; v.simanko@gmail.com

Изучение динамики роста лесобразующих видов в экстремальных условиях лесотундры на фоне глобального изменения климата представляет несомненный интерес. Особенно информативна оценка внутривидовой популяционной погодичной изменчивости характеристик структуры древесных колец, что позволяет разделять вклады различных экологических факторов в общую дисперсию признаков.

В данной работе проведен сравнительный анализ индивидуальной и погодной изменчивости структуры годичных колец лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.), произрастающей на северном пределе ее распространения.

Для исследования были выбраны лиственничники, расположенные в пределах лесотундрового экотона в долине реки Котуй (п-ов Таймыр): ПП1 – в верхней части склона – на границе с тундрой и ПП3 – ниже по склону в «сомкнутом» лиственничнике. Расстояние между ними – 1700 м. Проведен сравнительный анализ анатомических параметров годичных колец и их чувствительности к внешним факторам среды.

Деревья, произрастающие непосредственно на границе с тундрой, обладают большей интенсивностью радиального роста, формируют более широкую водопроводящую зону кольца с большей средней площадью люмена по сравнению с деревьями близкого возраста, произрастающими в «сомкнутом» древостое в нижней части склона. Данный результат можно объяснить, в первую очередь, высокой адаптивной способностью и экологической пластичностью ксилемы лиственницы Гмелина при адаптации к локальным условиям произрастания. Кроме того, годичные кольца лиственницы характеризуется сильной изменчивостью анатомической структуры в зависимости от года его формирования. Изменчивость параметров ксилемы у деревьев на границе с тундрой (ПП1) определяются в большей степени текущими погодными условиями (Бенькова и др., 2012) и в меньшей – индивидуальными особенностями деревьев. Очевидно, что лиственница вблизи предела своего распространения проявляет высокую адаптивную пластичность на уровне ксилемы. Деревья из «сомкнутого» лиственничника (ПП3), характеризуются большей индивидуальной изменчивостью параметров анатомической структуры. Неблагоприятные микроэкологические условия, которые складываются в относительно старом древостое (более сложный нанорельеф, неблагоприятный гидротермический режим почвы и др.), подавляют радиальный рост и чувствительность к внешним условиям. При этом деревья на индивидуальном уровне стремятся сохранить нормальное функционирование водотранспортной системы, о чем свидетельствует преобладание индивидуальной изменчивости над погодной.

Индивидуальная изменчивость отражает совместное влияние экологических и наследственных факторов. Поэтому существенные внутривидовые различия в соотношении индивидуальной и погодной изменчивости для структурных характеристик годичного прироста могут быть обусловлены или различиями в уровне экологической гетерогенности биотопов, или различиями в уровне генетической гетерогенности популяций, что может быть выявлено при дальнейших исследованиях.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-04-00443.

VARIABILITY OF THE TREE RINGS STRUCTURE OF GMELIN'S LARCH GROWING WITHIN THE FOREST-TUNDRA ECOTONE (TAYMYR)

Fakhrutdinova V.V.¹, Shashkin A.V.², Benkova V.E.²

¹West-Siberian Branch of the Institute of Forest of, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (WSB IF SB RAS), Russia

²V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia; v.simanko@gmail.com

A study of the growth dynamic of forest tree species in extreme conditions of treeline ecotone with global changing climate is interesting. The estimate of intrapopulation annual variability of wood anatomy characteristics is particularly informative. It helps to divide the contribution of different ecological factors to total features dispersion. In this work, a comparative analysis of individual and climatic variability of tree ring structure characteristics of Gmelin's larch (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) growth within northernmost forest was carried out.

For the study larch trees was selected forest-tundra ecotone in valley Kotuy river (Taymyr): PP1 – on a boundary with tundra, PP3 – in closed larch forest. A distance between

PP1 and PP3 was 1700 m. The comparative analyze of anatomic tree ring parameters and their sensitivity to environmental conditions was carried out.

The trees from forest-tundra boundary has greater radial growth intensity, forms the bigger conductive zone in rings with wider mean lumen area in comparison with trees from closed forest. This result can be explained by adaptive features and height ecological xylem plasticity of Gmelin's larch. In addition, the tree rings of larch are characterized by strong variability of structure from year to year. The tree rings structure of larch from boundary with tundra (PP1) is determined by largely current weather conditions. The larch close to tundra evinces high adaptive plasticity on the level of xylem structure. The xylem reflects joint changes of climate factors and local ecological conditions. The trees from closed forest (PP3) are characterized by larger individual variability. The local conditions in oldest forest (for example, bad hydrothermal soil conditions) inhibit the radial growth and sensitivity to environmental factors. In this case, the trees on individual level are tended to save the normal functioning of water-transport system.

The individual variability reflects joint effects of ecological and genetic factors. That's why the significant differences in ratio individual to climate variability of tree ring structure characteristics can be caused by the different in the level of ecological habitat heterogeneity or the different in the level genetic within-population heterogeneity. This can be detected by further studies.

The study was financed by Russian Foundation for Basic Research (14-04-00443).

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХЛОРОПЛАСТНЫХ МАРКЕРОВ В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ МОЖЖЕВЕЛЬНИКА ОБЫКНОВЕННОГО (*JUNIPERUS COMMUNIS* L.)

Хантемирова Е.В.¹, Семериков В.Л.¹, Heinze В.,² Князева С.Г.³

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, Россия;

hantemirova@ipae.uran.ru

²BFW, Dept. of Genetics, Vienna, Austria

³Институт леса, СО РАН, Красноярск

Изучена генетическая изменчивость и филогеографическая история одного из видов семейства кипарисовых – можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* s. lat.). Используя обширные выборки со всего ареала (40 популяций, 620 образцов) мы проанализировали у этого вида два фрагмента хлоропластной ДНК – *trnT-trnF* и *16s-trnA* методом PCR-RFLP. 370 образцов затем было просеквенировано. Комбинация сиквенсов двух фрагментов позволила идентифицировать 78 различных гаплотипов. Более половины из них оказались редкими. Была обнаружена значительная филогеографическая структура вдоль всего ареала распространения вида ($F_{ST}=0.77$, N_{ST} (0.796) $>G_{ST}$ (0.640)). Результаты исследования изменчивости можжевельника обыкновенного однозначно подтверждают дифференциацию североамериканской разновидности *J. communis* var. *depressa*, северокавказской разновидности *J. communis* var. *oblonga* в восточной части Северного Кавказа, а также популяций *J. communis* var. *saxatilis* крайнего северо-востока и Дальнего Востока России и популяций Центральной Азии. Европейские, уральские и восточносибирские популяции *J. communis* var. *saxatilis* и *J. communis* var. *communis* являются частями одной большой клады. Общность их гаплотипов, возможно, является результатом недавней колонизации и перемешивания генных потоков из нескольких локальных рефугиумов. Одним из таких рефугиумов могли быть Альпы, другие могли располагаться на краю скандинавского ледяного щита. Доказательством этому служит то, что наибольшим внутривидовым разнообразием обладают альпийские популяции (Северный Тироль) и популяции, находящиеся на северных пределах ареала – Якутии, Полярном Урале, Хибинах, Эстонии, Швеции, а также популяция из Тверской области.

Североевропейские популяции обладают также характерной редкой мутацией, дифференцирующей их от остальных евразийских популяций. Крайний северо-восток России, территория так называемой Берингии был, вероятно, древним рефугиумом, длительно изолированным от остальной территории России Верхоянским хребтом и не имеющим впоследствии контакта с евразийским генным потоком. В центрально-азиатской группе (Алтай, Саяны, Горная Шория, Тянь-Шань) преобладает гаплотип H4, генетически далекий от всех остальных гаплотипов. Происхождение этой группы, возможно, связано с древней колонизацией можжевельника из Тибета, сопровождающейся сильным эффектом основателя. Разобщенные популяции *J. communis* var. *oblonga*, сохранившиеся в горах Северного Кавказа, похоже, пережили ограничение генного потока и поэтому аккумулировали высокую степень дифференциации, даже на коротких дистанциях. Они делятся на три группы – горную восточную часть, горную центральную часть и полупустынную ногайскую группу. Наши данные свидетельствуют о том, что в восточной части Северного Кавказа можжевельник оставался долгое время изолированным и накопил специфические мутации. Гаплотипы, характерные для центральной части Северного Кавказа, оказались более близки к европейским *J. communis*, что может свидетельствовать об их более недавнем происхождении и об отсутствии такой сильной изоляции, как в восточной части.

GENETIC VARIATION OF CHLOROPLAST MARKERS IN NATURAL POPULATIONS OF COMMON JUNIPER (*JUNIPERUS COMMUNIS* L.)

Hantemirova E.V.¹, Semerikov V.L.¹, Heinze B.², Knayzeva S.G.³

¹ Institute of Plant and Animal Ecology, Ekaterinburg, Russia; hantemirova@ipae.uran.ru

² BFW, Dept. of Genetics, Vienna, Austria/Europe

³ Forest Institute, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk

Based on extensive range-wide sampling, we address the phylogeographical history of *J. communis* s. lat one of the most widespread and taxonomically complex juniper with circumboreal distribution. A total of 40 populations from seven countries and 650 samples were analysed for chloroplast DNA variation using polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP). We sequenced two chloroplast DNA fragments *16s-trnA* and *trnT-trnF* for 370 individuals and 78 different haplotypes were identified in *J. communis*. A strong phylogeographic structure of this species was detected ($F_{ST} = 0.77$). $N_{ST} (0.796) > G_{ST} (0.640)$. The cpDNA data revealed 12 phylogeographic groups. The first three groups of *J. communis* var. *oblonga* from the North Caucasus: central part, eastern part and one semi-desert population (Nogai step). The fourth group – *J. communis* var. *depressa* (Alaska), 5-12 groups include all *J. communis* var. *communis* and *J. communis* var. *saxatilis*. 5 - Central Asia and South Siberia, 6-north-eastern Siberia, 7 - Far East of Russia (Lazo, Sihote-Alin), 8 - Far East of Russia (Sakhalin, Gazimur), 9 - Europe, 10 – Ural, 11 – peripheral South Ural population (Belorezk), 12 – Transbaikalia, corresponding to geographic regions. Similarity of the past four groups is probably results of recent colonization and mixing of lineages expanding from several local refugia. One of such refugia would be Alps. Juniper may have probably survived in ice-free mountain tops (nunataks) within alpine ice-sheet even in early glaciation. Our data also suggest possible minor refugia in the northern part of distribution range of juniper (Scandinavia, Cola peninsula, Estonia, Polar Ural, Yakutia) and in the Tver region. Enormous area of Europe and Siberia was likely recently colonized postglacially from these regions as a result of long-distance dispersal. The northeastern of Russia (Kolima region) was likely other ancient refugia isolated from the rest territory by Verhoyanskii range by the long time and no mixed later with Eurasian lines. The low levels of genetic variation and high differentiation observed in Central Asia can be explained by bottlenecks during immigration probably from Tibet. North Caucasus *J. communis* var. *oblonga* has a very strong population differentiation. It seem some populations from eastern part of North Caucasus being split among different mountains with the complicated

topography during warmer period and remained quite isolated and genetically differentiated, whereas populations of central part of North Caucasus expanded and mixing with European haplotypes. It is possible that groups of Central Asia, north-eastern Russia, Caucasus and Alps originated earlier before the LGM. The early climatic changes may have caused deep intraspecific divergences in this species. Other Eurasian populations have rather recent origin.

SOME ENDEMIC AND RELICT SPECIES IN MOUNTAIN OF JABLANICA, MACEDONIA

Hristovski N.,¹ Nastevska I.¹, Kuznetsova G.², Nastevska S.¹

¹Faculty of Biotechnical Sciences, 7000 Bitola, Macedonia; nikola_dimce@yahoo.com

²V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
Krasnoyarsk, Russia; galva@ksc.krasn.ru

The mountain Jablanica is located in West Part of Macedonia in the border between Macedonia and Albania. From geological view it is half part limestone and other part is silicate granit stones. In this mountain are widespread a lot of plants. Some of them are endemic and other are glacial or tertiary relicts. We will mention some of them such as: *Fritilaria macedonia*, *Gentiana verna* and *Gentiana asclepidaca*, *Atropa beladonna*, *Achillea arbotanoidea*, *A. holosericea*, *Sideritis raiseri*, *Echium vulgare*, *Crocus jablanicensis*, *Pinguicula blacanica*, *P. cristalina*, *Pinus peuce* Griseb., *Crocus cvijici*, *C. scardicus*, *Lilium albanicum*, *L. martagon*, *Orchis simia* and others. The wood from Ohrid Lake up to 800 m are distributed oak *Quercus*, until between 800-900m altitude is mixed wood of *Quercus* and *Fagus* and over 900 m.a. is distributed *Fagus* up to alpine part where is distributed individual trees of *Pinus peuce* a tertiary relict which is widespread up to the top of the Mountain. The Macedonian pine *Pinus peuce* refers to the endemic and relict pines of the Tertiary period. It is widespread in the Balkan Peninsula: in Macedonia, Serbia, Albania, Montenegro, Bulgaria and Greece. This is a fast growing, stable, beautiful pine tree, it can be found in many gardens and parks. This widespread is more vacantly the last 30 years as a result of global warming, such as it is case in Pelister, Kajmakalan and other mountains in Macedonia.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ТОПОЛЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ

Царев А.П.^{1,2}, Царева Р.П.²

¹Петрозаводский государственный университет, ²Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии, Россия; antsa_55@yahoo.com

Изучение и сохранение лесных генетических ресурсов – одно из приоритетных направлений исследований последних десятилетий. К числу видов, генетические ресурсы которых наиболее интенсивно вовлекаются в хозяйственный оборот при плантационном, полезащитном лесоразведении и озеленении, относятся представители рода *Populus* L. Этими проблемами занимаются как энтузиасты в разных странах, так и государственные и международные структуры, такие как Международная тополевая комиссия ФАО, ряд секций ИЮФРО, Европейский институт лесных генетических ресурсов (EUFORGEN) и др.

Для примера можно отметить некоторые результаты таких работ в США. Там наиболее интенсивно изучается 8 естественно произрастающих видов тополя и целый ряд экзотов и гибридов. Из местных видов это – *P. angustifolia*, *P. balsamifera*, *P. deltoides*, *P. fremontii*, *P. grandidentata*, *P. heterophylla*, *P. tremuloides*, и *P. trichocarpa*. Вся территория США для этой цели разделена на три зоны: 1. Южную (Нижняя часть долины Миссисипи), 2. Центральная и Северо-центральная и 3. Северо-западная тихоокеанская. Основные работы в первой зоне проводятся под эгидой Лесной службы США. Здесь было отобрано 14 клонов *P. deltoides* для коммерческого использования и созданы клоновые коллекции из 3700 генотипов для изучения укореняемости, скорости роста, устойчивости

к заболеваниям, прямизны ствола и плотности древесины. Среди них в 1980 г. было отобрано 198 генотипов для второй стадии тестирования, лучшие из которых будут включены в третий цикл испытаний. Кроме того, в этой зоне созданы коллекции в Государственном университете Оклахомы (450 генотипов), Государственном университете Миссисипи (626 клонов) и др. Такие же крупные коллекции генофонда созданы и в других зонах США (В.Ж. Stanton et al., 2014).

В СССР и в России эта проблема поднималась неоднократно, что отражено в многочисленных публикациях и решениях форумов, включая и предложения Международных совещаний по сохранению генофонда лесных древесных растений Сибири. Среди других древесных растений России тополь всегда привлекал внимание как одна из самых быстрорастущих пород умеренного пояса. Центральное Черноземье как раз относится к регионам умеренного климата, где естественно произрастают *P. alba* L., *P. nigra* L., *P. tremula* L. и естественный гибрид *P. canescens* Ait (Sm.) – *P. alba* x *P. tremula*.

Исследования по изучению и сохранению этих видов *in situ* и *ex situ* проводились здесь с 50-х годов прошлого века. Пионером этой работы в регионе был профессор М.М. Вересин. Затем эти работы были продолжены его учениками и последователями (М.М. Вересин и др., 1974; А.П. Царев, 1985; А.И. Сиволапов, 2005; А.П. Царев и др., 2010; Tsarev, 2005, 2013 и др.). В результате этих исследований были отобраны плюсовые насаждения и плюсовые деревья, созданы коллекции *ex situ*, проведено многолетнее тестирование на рост, устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды. Исследованы качество древесины, накопление биомассы при коротко-ротационном лесовыращивании, изучены показатели кормовой ценности получаемой древесной зелени и др.

В Воронежском ЛТИ (в настоящем Воронежский государственный лесотехнический университет) и ЦНИИЛГиС (в настоящем Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии) созданы коллекции клонов тополя (более 270 клонов), популетум (более 80 клонов), тремулетум (более 30 клонов осины). Кроме того, путем гибридизации выведено более 80 тыс. и тестировано более 2000 генотипов белых, черных, бальзамических тополей и осины. В результате исследований разработаны перспективные ассортименты для создания плантационных, полезащитных и озеленительных насаждений.

Некоторые аспекты этих работ предполагается доложить на предстоящем IV международном совещании по сохранению лесных генетических ресурсов Сибири.

POPLARS GENETIC RESOURCES OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

Tsarev A.P.^{1,2}, Tsareva R.P.²

¹Petrozavodsk State University, ²Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Russia; antsa_55@yahoo.com

The study and preservation of forest genetic resources is one of the priority directions of researches of the last decades. The cultivars of poplars are the trees which are most intensively involved in economic circulation at plantations, field-protecting afforestation and gardening. The enthusiasts in the different countries and international institutions, such as the International poplar commission of FAO, a number of sections IUFRO, the European Institute of Forest Genetic Resources (EUFORGEN), and etc. deal with these problems.

It is possible to note for an example some results of such works in the USA. There 8 naturally growing species of poplars and the number of exotes and hybrids are most intensively studied. From local species it is *P. angustifolia*, *P. balsamifera*, *P. deltoides*, *P. fremontii*, *P. grandidentata*, *P. heterofylla*, *P. tremuloides*, and *P. trichocarpa*. All territory of the USA for this purpose is divided into three regions: 1. Southern (Lower Mississippi River Valley), 2. Central and North Central, 3. Pacific Northwest. The main works in the first zone are carried out under the auspices of Forest service of the USA. Here 14 clones of *P. deltoides* for commercial use

were selected and clonal collections from 3700 genotypes for studying of an adventitious rooting, growth rate, resistance to diseases and form of a trunk and density of wood are created. Among them in 1980 198 genotypes were selected for the second stage of testing. The best of them will be included in the third cycle of tests. Besides, in this zone collections at the State university of Oklahoma (450 genotypes), the State university Mississippi (626 clones), etc. are created. The same large collections of a gene pool are created and in other regions of the USA (B.J. Stanton et al., 2014).

In the USSR and in Russia this problem rose repeatedly. That is reflected in numerous publications and decisions of forums, including also offers of the International meetings on forest gene resources preservation in Siberia. The poplars always were attractive researcher attention as one of the most fast-growing species of the Russian temperate belt. The central Chernozem region is the region with such temperate climate where naturally grow *P. alba* L., *P. nigra* L., *P. tremula* L. and natural hybrid of *P. canescens* Ait (*P. alba* x *P. tremula*).

Researches on studying and preservation of these species *in situ* and *ex situ* were carried out here from 50th years of the last century. Professor M.M. Veresin was the pioneer of this work in the region. Then these works were continued by his pupils and followers (M.M. Veresin, a. o., 1974; A.P. Tsarev, 1985, 2005, 2013; A.I. Sivolapov, 2005; A.P. Tsarev, a. o., 2010). The plus stands and plus trees were selected, the *ex situ* collections, long-term testing for growth, resistance to biotic and abiotic factors of the environment are created as the results of that researches. Quality of wood, accumulation of biomass at short- rotation forest plantations and indicators of fodder value of the wood greens, etc. are studied.

In the Voronezh State Forest Technical University (former Voronezh Forest Technical Institute) and Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology (former Research Institute of Forest Genetics and Breeding) collections of poplar clones (more than 270 clones), populetum (more than 80 clones), and tremuletum (more than 30 clones of an aspen) are created. Besides, by hybridization more than 80 thousand hybrid plants are obtained. More than 2000 genotypes of white, black, balsam poplars and an aspen are tested in field experiments. As a result of that researches perspective assortments are recommended for creation the massive, field-protecting and the ornamental plantations.

Some aspects of these works it is supposed to report on the IV International Conference on Preservation of Forest Genetic Resources of Siberia.

ОБЪЕКТЫ СЕЛЕКЦИИ ПО СОСНЕ В КАЗАХСТАНЕ

Чеботько Н.К., Терехова С.В.

Казахский научно- исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации,
Казахстан; chebotkon@mail.ru

Начало создания селекционных объектов по сосне в Казахстане связано с 1973-1974 годами. В этот период создан архив клонов, где было высажено вегетативное и семенное потомство попарно отобранных плюсовых и нормальных деревьев (51 плюсовое и 47 нормальных). Эти деревья были отобраны в 5 местах произрастания сосны – Боровском лесном массиве, Воробьевском, Катаркольском, Урумкайском I и Урумкайском II биотопах.

В 1984-1986, 1989 годах были созданы ещё 2 архива клонов плюсовых деревьев, в которых представлены 82 клона плюсовых деревьев из 7 государственных учреждений лесного хозяйства (ГУЛХ) Акмолинской области.

Цели создания архивов клонов – сохранение и концентрация наиболее ценных генотипов сосны, оценка по вегетативному потомству наследственных свойств плюсовых деревьев, отбор и использование перспективных клонов для закладки ЛСП второго порядка.

Проводимые исследования в архивах клонов – изучение сроков начала и окончания вегетации, особенностей цветения, устойчивости к экстремальным погодным условиям,

вредителям и болезням; оценка наследственных свойств плюсовых деревьев по общей и специфической комбинационной способности на основе контролируемых скрещиваний; установление типа системы полового размножения, сбор семян для закладки испытательных культур.

В результате исследований выделены 15 клонов по скорости роста, которые использованы при закладке испытательных культур второго поколения. Получены 5 сортов сосны по продуктивности – «Боровская – 30» (патент на селекционное достижение № 106), «Урумкайская – 38» (патент № 105), «Урумкайская – 53» (патент № 107), «Боровская – 22» (патент № 421), «Боровская – 44» (патент № 422) и два сорта сосны по декоративности – «Сымбатты карағай» (патент № 47) и «Буландинская» (патент № 48). Сорта зарегистрированы в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в Республике Казахстан в 2004, 2006, 2011 г. и 2014 годах.

В 1984, 1986 и 1987 годах созданы испытательные культуры потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной I, III, IV генераций (II генерация была создана в 1985 г., но из-за допущенных ошибок при посадке растений она была в дальнейшем списана). Общая площадь посадки составила 13,66 га. Цель опыта – испытание семенного потомства сосны от свободного опыления. Испытывается потомство 34 семей полусибсов и 38 семей клонов плюсовых деревьев в 2-4 повторностях.

Проводимые исследования – изучение роста, качества ствола, общего состояния семей, устойчивости семенного потомства сосны обыкновенной к вредителям и болезням, неблагоприятным факторам среды. На основании испытания потомства выделены 15 перспективных семей, которые рекомендуются для организации сортового семеноводства.

В 1986, 1988 и 1989 годах созданы испытательные культуры гибридного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной. Общая площадь посадки составила 13,66 га. Цель опыта – испытание семенного потомства от контролируемого скрещивания плюсовых деревьев сосны. Испытывается потомство 94 семей сибсов плюсовых деревьев в 1-2 повторностях.

Проводимые исследования – изучение роста, качества ствола, общего состояния гибридных семей, устойчивости гибридного потомства сосны обыкновенной к вредителям и болезням, неблагоприятным факторам среды. На основании испытания выделены перспективные семьи, которые рекомендуются для создания лесосеменных и гибридно-семенных плантаций. Опытные объекты закладывались и в последующие годы.

OBJECTS OF PINE SELECTION IN KAZAKHSTAN

Chebotko N.K., Terekhova S.V.

Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry

The beginning of creation of selection objects of the pine in Kazakhstan is associated with the years of 1973-1974. In this period there was created the clone bank, where was planted out vegetative and seed progeny of pairwise selected best and normal trees (51 best trees and 47 normal trees). These trees were selected in 5 habitats of the pine – in Borovoskoy forest massif, in Vorobiovskiy, Katarkolskiy, Urumkayskiy I and Urumkayskiy II biotopes.

In 1984-1986, 1989 there were created another 2 clone banks of the best trees, in which there were presented 82 clones of the best trees and 7 State Institutions of Forestry (SIF) of Akmola oblast.

Among the purposes of creation of the clone banks there are: conservation and concentration of the most valuable genotypes of the pine, evaluation by vegetative progeny of hereditary characteristics of the best trees, selection and the use of clones having prospects for laying out Forest Seed Orchards of the second order.

The studies conducted in the clone banks include: the study of the periods of the beginning and completion of vegetation, the peculiarities of flowering and resistance to extreme weather conditions, pests and diseases; the evaluation of hereditary characteristics of the best

trees by common and specific combining abilities on the basis of controllable hybridization; the determination of the type of the system of sexual reproduction, the collection of seeds for laying out trial cultures.

As a result of the studies there were selected 15 clones by the quickness of the growth, which were used while laying out the trial cultures of the second generation. There were received 5 sorts of the pine according to their productivity: “Borovskaya Pine-30” (patent for selection achievement No.106), “Urumkayskaya Pine-38” (patent No.105), “Urumkayskaya Pine-53” (patent No.107), “Borovskaya Pine-22” (patent No.421), “Borovskaya Pine-44” (patent No.422) and 2 sorts according their decorative effect: “Symbatkaragay” (patent No.47) and “Bulandinskaya Pine” (patent No.48). The sorts were registered in Public register of selection achievements, admitted to the use in the Republic of Kazakhstan in the years of 2004, 2006, 2011 and 2014.

In 1984, 1986 and 1987 there were created the trial cultures of the progeny of the best trees of *Pinus sylvestris* L. of I, III, IV generations (the second generation was created in 1985, but, as a result of introduced errors while planting the trees, it was written off later). The total area of the planting amounted to 13.66 ha. The aim of the experiment – the test of the seed progeny of the pine from mutual pollination. There were tested 34 families of half-sibs and 38 families of clones of the best trees in 2-4 replications.

The conducted studies include: the study of the growth, the quality of the trunk, the general condition of the families, and the resistance of the seed progeny of *Pinus sylvestris* L. to pests and diseases, to unfavorable ecological factors. On the basis of the test of the progeny there were selected 15 families having prospects, which were recommended for organizing the varietal seed breeding.

In 1986, 1988 and 1989 there were created the trial cultures of hybrid progeny of the best trees of *Pinus sylvestris* L. The total area of the planting amounted to 13.66 ha. The aim of the experiment – the test of the seed progeny from controllable hybridization of the best trees of the pine. There was tested the progeny of 94 families of half-sibs of the best trees in 1-2 replications.

The conducted studies include: the study of the growth, the quality of the trunk, the general condition of hybrid families, the resistance of hybrid progeny of *Pinus sylvestris* L. to pests and diseases, to unfavorable ecological factors. On the basis of the test there were selected the families having prospects, which were recommended for creation of forest seed orchards and hybrid and seed plantations. The test objects were laid out during the ensuing years.

ПРИЧИНЫ ДЕФИЦИТА УЛУЧШЕННЫХ СЕМЯН ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛЕСОВ

Чемоданов А.В., Свиридова М.С., Квеглис О.Г., Смолькина Д.Е.

Филиал Федерального бюджетного учреждения «Российский центр защиты леса» «Центр защиты леса Томской области», Россия; czl70@yandex.ru

Несмотря на наличие объектов ЕГСК продуцирующих улучшенные семена в Томской и Кемеровской областях их заготовка практически не ведется. Основными причинами являются:

1. Отсутствие системы финансирования работ по сбору улучшенных семян.
2. Отсутствие должного технического оснащения для заготовки, переработки и хранения семян.
3. Утрачен контроль за заготовкой семян лесных растений.

Отсутствие улучшенных семян свидетельствует о неэффективности лесного семеноводства в Томской и Кемеровской областях.

THE REASONS OF DEFICIENCY OF THE IMPROVED SEEDS FOR REPRODUCTION OF THE WOODS

Chemodanov A.V., Sviridova M., Kveglis O.G., Smolkina D.

Despite of existence of objects of Objects of United genetics and breeding complex producing the improved seeds in Tomsk and Kemerovo areas their preparation practically isn't produced. The main reasons are:

1. Lack of financing system of works on collecting the improved seeds.
2. Lack of a due hardware for preparation, processing and storage of seeds.
3. Control of preparation of seeds of forest plants is lost.

Lack of the improved seeds testifies to an inefficiency of forest seed farming in Tomsk and Kemerovo areas.

ПЛЮСОВАЯ И ПОПУЛЯЦИОННАЯ СЕЛЕКЦИЯ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

Чернодубов А.И.

Воронежская государственная лесотехническая академия, Россия;

e-mail:leskulvglta@gmail.com

Основоположителем «плюсовой» или индивидуальной селекции является шведский лесовод-селекционер Б. Линдквист (Lindquist, 1948), который разработал основные принципы селекции по внешним фенотипическим признакам, наиболее доступным при инвентаризации естественных древостоев и наиболее простые для воспроизводства их при создании лесосеменных объектов. На основе этой схемы с 60-х годов XX века ведется формирование постоянной лесосеменной базы России. Однако результаты оценки плюсовых деревьев по потомству в испытательных культурах показывают неудовлетворительные результаты (Видякин, 2008, 2009). Так в Кировской области число плюсовых деревьев подтвердивших свои выдающиеся качества в испытательных культурах по сосне обыкновенной составляет 2.1 % из 97 семей, ели 4.2 % от 95 семей. К недостаткам этой системы селекции относятся:

- трудность оценки генотипа дерева по внешним (фенотипическим) признакам;
- низкая наследуемость признаков продуктивности;
- снижение генетического разнообразия насаждений из-за ограниченного количества генотипов участвующих в формировании ПЛСБ;
- необходимость и длительность оценки генотипов в испытательных культурах;
- обеспечение изоляции объектов ПЛСБ от заноса пыльцы и т.д.

В скандинавских странах это направление широко используется и дает хорошие результаты.

Это же направление применяется в Польше, Белоруссии, где закупили технологии, оборудование, механизмы. Швеция закупает семена ели европейской витебского климатипа в Белоруссии для выращивания культур, т.к. они обладают более высокими посевными качествами, чем местные происхождения.

В России, для получения семян высокого качества, так же закладывают клоновые лесосеменные плантации сосны северных климатипов (архангельские, мурманские и др.) в более южных районах – в Нижегородской области, что обеспечивает лучшие условия для опыления и формирования шишек, семян (Наквасина, Бедрицкая, 1999).

Второе направление – это **популяционная селекция**, которая подразумевает продуктивность и устойчивость лучших местных популяций на основе популяционно-экологических культур. Достоинством данного направления является сохранение и использование генетического разнообразия природных популяций, которые сочетают в себе сообщество генотипов с различной реакцией на окружающую среду (Потылев, 1997; Ефимов, 2008).

При этом отмечаются следующие трудности:

- трудоемкость заготовки семян с высоких деревьев для закладки популяционно-экологических культур;
- более низкий селекционный эффект;
- сложность в воспроизводстве генотипического состава конкретной популяции.

Третье направление – это **сочетание плюсовой и популяционной селекции** в зависимости от конкретных задач, поставленных перед производством. Так при закладке плантационных культур различных направлений отбор, возможно, вести на индивидуальном уровне, а при воспроизводстве древостоев (лесовозобновлении) в таежной зоне, лесах Сибири, Дальнего Востока на популяционном уровне (Чернодубов, 2009).

PLUS TREE AND POPULATION SELECTION IN TREE SPECIES

Chernodubov A.I.

Voronezh State Academy of Forestry and Technologies, Russia; e-mail: leskulvgta@gmail.com

The founder of “plus” tree or individual selection is a Swedish forester breeder B. Lindquist (Lindquist, 1948), who developed the basic principles of selection for external phenotypic characteristics, the most affordable in the inventory of natural forest stands and the most simple to reproduce them in creating forest seed sites. On the basis of this scheme with the 60s of the twentieth century being the formation of permanent seed Russia. However, the results of the evaluation of plus trees progeny in test cultures showed unsatisfactory results (Vidyakin, 2008, 2009). So in the Kirov region number of plus trees have confirmed their outstanding quality in test cultures Scots pine is 2.1% of the 97 families who ate 4.2% of the 95 families. The disadvantages of this system include the selection:

- The difficulty of assessing the genotype of a tree outside (phenotypic) characteristics;
- Low heritability traits productivity;
- Reduction of the genetic diversity of plants due to the limited number of genotypes involved in the formation PLSB;
- The need for and duration of the evaluation of genotypes in test cultures;
- Provision of isolation facilities PLSB from bringing pollen, etc.

In the Nordic countries, this trend is widely used and gives good results.

The same trend applies in Poland, Belarus, where purchased technology, equipment, machinery. Sweden buys seeds spruce Climatype Vitebsk in Belarus for growing crops, as They possess higher seeding qualities than the local origin.

In Russia, for high quality seeds, as well lay the clonal seed orchards of northern pine climatotypes (Arkhangelsk, Murmansk and others.) In more southern areas - in the Nizhny Novgorod region, which provides the best conditions for pollination and the formation of cones, seeds (Nakvasina, Bedritskiy, 1999).

The second direction – a breeding population, which means the productivity and sustainability of the best local populations on the basis of population and environmental cultures. The advantage of this trend is the conservation and use of genetic diversity in natural populations, which combine community genotypes with different responses to the environment (Potylev, 1997; Efimov, 2008).

It was noted the following problems:

- The complexity of the workpiece with high seed trees to lay population-ecological farming;
- Lower breeding effect;
- Difficulty in reproducing specific genotypic population.

The third area – a combination of plus tree selection and population according to the specific tasks assigned to production. So when placing plantation crops of different directions selection may lead to the individual level, and at the reproduction stands (reforestation) in the taiga zone, the forests of Siberia and the Far East at the population level (Chernodubov, 2009).

МЕЖКЛОНОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *PINUS SYLVESTRIS* L. ПО АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ: ПЕРСПЕКТИВЫ ОТБОРА

Чиндяева Л.Н.¹, Цыбуля Н.В.¹, Тараканов В.В.²

¹Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия

²Западно-Сибирский филиал Института леса СО РАН, Новосибирск, Россия

lnikch@yandex.ru; tarh012@mail.ru

Общеизвестно, что хвойные лесообразующие виды отличаются высокой фитонцидной активностью. Однако генетическая гетерогенность и перспективы их отбора на повышение уровня антимикробной активности практически не изучены. Удобными объектами для такого рода исследований являются клоновые плантации различных видов, созданные при реализации программ по лесному селекционному семеноводству, в частности – лесосеменные плантации (ЛСП) сосны обыкновенной в Алтайском крае.

Качественную оценку антимикробной активности летучих соединений хвои осуществляли на 7 клонах сосны (*Pinus sylvestris*), произрастающих на ЛСП 1988 г. закладки в Озерском лесничестве Алтайского края [Тараканов и др., 2001]. Клоны являются вегетативными потомками плюсовых деревьев, отобранных на интенсивность роста и качество стволовой древесины в Верхне-Обском лесосеменном районе [Лесосеменное районирование, 1982]. Исследования проводились с использованием методики «опарения» летучими выделениями хвои штриховых посевов микробных тест-культур [Цыбуля, 2001; Бакулин и др., 2010]. Тест-микробами служили грамм-положительные бактерии *Staphylococcus epidermidis*, грамм-отрицательные бактерии *Escherichia coli* и дрожжеподобные грибы *Candida albicans*. Оценка антимикробного действия летучих выделений сосны проводилась в сравнении с контролем по шкале фитонцидной активности в баллах от 0 (отсутствие эффекта) до 4 (сильный эффект).

Летучие соединения хвои *Pinus sylvestris* проявили умеренную активность ко всем испытанным микробным тест-объектам. При этом реакция различных видов микроорганизмов на воздействие летучих соединений испытываемых клонов отличалась. Максимальная антимикробная активность наблюдалась у клона 279 по отношению к стафилококку (3.0 балла), у клона 269 – к кишечной палочке (2.3), у клона 204 – к грибам кандиды (3.0). Общий уровень фитонцидной активности клонов, оцениваемый по сумме баллов, варьировал от 2.6 у клона 510 до 6.0 у клона 204.

На основании полученных данных сделан вывод о существенной генетической изменчивости сосны и перспективности её отбора для выведения сортов-клонов с выдающимися фитонцидными свойствами, которые могут найти применение в озеленении населенных пунктов и в медицине. В предстоящие годы целесообразно провести количественные исследования антимикробной активности популяций и клонов сосны с привлечением их из различных частей ареала и вовлечением в эксперимент возможно большего числа видов микробных тест-объектов.

Литература

Бакулин В.Т., Чиндяева Л.Н., Цыбуля Н.В. Антимикробная активность листьев тополей и ив (*Salicaceae*) в Сибири // Проблемы региональной экологии, № 6, 2010. С. 60-64.

Лесосеменное районирование основных лесообразующих пород в СССР. М.: Лесная пром-сть, 1982. 368 с.

Тараканов В.В., Демиденко В.П., Иштугин Я.Н., Бушков Н.Т. Селекционное семеноводство сосны обыкновенной в Сибири. Новосибирск: Наука, 2001. 230 с.

Цыбуля Н.В. Методика определения фитонцидной активности интактных растений // Раст. Ресурсы. – 2001. – вып. 2. – С. 106 – 115.

INTERCLONAL VARIATION OF *PINUS SYLVESTRIS* L. IN ANTIMICROBIC ACTIVITY: PROMISES OF SELECTION

Chindyaeva L.N.¹, Tsybulya N.V.¹, Tarakanov V.V.²

¹Central Siberian Botanical Garden, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

²West-Siberian Branch of the Institute of Forest, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Coniferous forest-forming species are universally known to be characterized by high phytoncidal activity. However, genetic heterogeneity and promises of their selection for a rise in the level of antimicrobial activity are not practically understood. Clonal plantations of various species represent convenient objects for such a study. They were created according to the programs on forest breeding seed production, e.g., forest seed plantations (FSP) of *Pinus sylvestris* in the Altai Krai.

A qualitative assessment of antimicrobial activity of needle volatile emissions was performed on 7 *Pinus sylvestris* clones growing on FSP laid out in Ozersky forest district, the Altai Krai in 1988 (Tarakanov et al., 2001). The clones were vegetative descendants of the plus-trees selected for growth intensity and stemwood quality in the Upper Ob forest seed region (Forest seed subdivision, 1982). In the course of research, streak inoculation of microbial test-cultures was treated with volatile emissions of needle (Tsybulya, 2001; Bakulin et al., 2010). Gram-positive bacteria *Staphylococcus epidermidis*, gram-negative bacteria *Escherichia coli* and yeast-like fungi *Candida albicans* were test-microbes. Antimicrobial effect of pine volatile emissions was assessed in comparison with the control on a 0 (absence of the effect) – 4 (strong effect) scale of phytoncidal activity.

Volatile compounds of *Pinus sylvestris* needle were moderately active to all the microbial test-objects tested. The reaction of various microorganism species to the effect of volatile compounds of the tested clones was therewith different. The maximum antimicrobial activity was observed in clone 279 with reference to staphylococcus (point 3.0), clone 269 – to coliform bacterium (2.3), and clone 204 – to *Candida* fungi (3.0). The general level of clone phytoncid activity by the sum of points varied from 2.6 in clone 510 to 6.0 in clone 204.

Based on the data obtained the conclusion on substantial genetic variation of *Pinus sylvestris* and promises of selection for development of cultivar-clones with distinguished phytoncidal characters was reached. Such plants may be used in urban stands and in medicine. In the future it makes sense to carry out a quantitative study of antimicrobial activity of pine populations and clones from various parts of the area and to perform an experiment with greater number of different microbial test-objects.

References

Bakulin V. T., Chindyaeva L. N., Tsybulya N. V. Antimicrobial activity of poplar and willow (*Salicaceae*) leaves in Siberia // *Prob. reg. ecologii*, N 6, 2010. P. 60-64.

Forest seed subdivision of the main forest-forming species in the USSR. M.:Lesnaya promyshlennost, 1982. 368.

Tarakanov V. V., Demidenko V. P., Ishutin Ya. N., Bushkov N. T. Breeding seed production of *Pinus sylvestris* in Siberia. Novosibirsk: Nauke, 2001. 230.

Tsybulya N. V. Methods of assessment of phytoncidal activity of intact plants // *Rast. Resursy*. – 2001. – issue 2. – P. 106-115.

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКРОСАТЕЛЛИННЫХ ЛОКУСОВ В СМЕЖНЫХ
БОЛОТНЫХ И СУХОДОЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
(*PINUS SYLVESTRIS* L.) В РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ**

Шейкина О.В., Гладков Ю.Ф., Унженина О.В.

Поволжский государственный технологический университет, России;
sheikina_olga@yahoo.com

Изучение популяционно-хорологической структуры древесных видов является фундаментальной основой разработки стратегии сохранения генофонда. Одним из актуальных вопросов при исследовании популяционной структуры сосны обыкновенной является оценка степени генетической обособленности популяций, сформированных в различных почвенно-экологических условиях. Целью нашего исследования являлось изучение генетической изменчивости и дифференциации смежных болотной и суходольной популяций сосны обыкновенной с использованием микросателлитных маркеров. Изученные популяции располагаются в смежных выделах 17 квартала Старожильского участкового лесничества Пригородного лесничества Республики Марий Эл. В каждом насаждении были взяты образцы древесины с 30 случайных деревьев.

Для исследований были использованы пять пар микросателлитных праймеров – Lor1, Lor3, PtTX3107, PtTX2106, Psy117. Полимеразно-цепную реакцию выполняли на амплификаторе CFX96 Real-Time System (Bio – Rad) с использованием коммерческого набора реактивов «Encyclo PCR kit» (Evrogen, Россия): ПЦР буфер – 1,5 мкл, dNTPs – 0,3 мкл, Tag-полимераза – 0,3 мкл, праймер по 0,2 мкл каждого, дионизированная вода – 11,5 мкл, ДНК матрица 1,0 мкл. Температура отжига праймеров составляла для Lor1 – 61°C, Lor3 – 55°C, PtTX3107 – 50°C, PtTX2106 – 62°C, Psy117 – 55°C. Размеры аллелей определялись на генетическом анализаторе ABI PRISM Genetic Analyser 3100. Анализ данных проводился с использованием программы Gene Marker v 2.2.0. Расчет генетических параметров выполнен в программе GenAIEх6.

Было выявлено, что болотная популяция отличается более высоким уровнем генетического разнообразия по сравнению с суходольной. Так, в болотной популяции было обнаружено 36 вариантов аллелей для пяти микросателлитных локусов, в то время как в суходольной – 32. Значения показателей, характеризующих генетическую изменчивость также были выше для болотной популяции: среднее количество аллелей на locus (N_a) в болотной популяции составил 6,677 против 6,400 в суходольной; эффективное число аллелей (N_e) – 1,432 против 1,376; наблюдаемая гетерозиготность (H_o) – 0,604 против 0,579; ожидаемая гетерозиготность (H_e) – 0,667 против 0,656. При этом число нередких аллелей с частотой встречаемости более 5% для обеих популяций составила 4,400. Тест соответствия генотипов распределению Харди-Вайнберга показал, что в суходольной популяции наблюдается избыток гетерозигот в локусе Lor3 (индекс фиксации Райта $F = -0,147$) и существенный дефицит гетерозигот в локусах Lor1 ($F = +0,195$) и Psy117 ($F = +0,333$). Для болотной популяции значительный дефицит гетерозигот был установлен для локуса PtTX2106 ($F = +0,319$).

Результаты F-статистики показали, что величина F_{is} составила в среднем 0,083, что указывает что 8,3% дефицит гетерозиготных деревьев в каждой популяции по сравнению с теоретически ожидаемым. Показатель подразделённой популяций (F_{st}) варьирует для разных локусов от 0,002 (Lor1) до 0,021 (PtTX3107 и Psy117) и в среднем составляет 0,012. Таким образом, только 1,2 % от общей генетической изменчивости распределяется между исследованными популяциями сосны обыкновенной. Остальная изменчивость реализуется внутри популяций.

ДНК-ДИАГНОСТИКА ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Шилкина Е.А., Раздорожная Т.Ю., Шеллер М.А.

Филиал ФБУ «Рослесозащита» – «Центр защиты леса Красноярского края», Россия;
krasgenles@mail.ru

Грибные болезни являются одной из основных причин ослабления и гибели сеянцев хвойных пород в лесных питомниках Красноярского края. Важное значение имеет ранняя диагностика возбудителей болезней, одним из надежных способов которой служит ДНК-анализ.

С использованием молекулярно-генетических методов проведена фитопатологическая оценка 1-4 летних сеянцев *Pinus sylvestris* L., *P. sibirica* Du Tour, *Picea obovata* Ldb., отобранных в 18 питомниках Красноярского края, общей площадью 388 га. В ходе изучения образцов пораженных растений были идентифицированы виды патогенных и условно-патогенных грибов 9 родов: *Phoma*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Rhizoctonia*, *Lophodermium*, *Phacidium*, *Sydowia*, *Typhula*, *Botrytis*. В среднем патогенная микрофлора в каждом из питомников была представлена 2-4 разновидностями микромицетов.

На сеянцах *P. sibirica* выявлены представители родов: *Phoma*, *Lophodermium*, *Sydowia*. На растениях ели сибирской в наибольшем числе изолятов обнаружены патогены р. *Phoma*, единично – микромицеты р. *Alternaria*, *Phacidium* и *Cladosporium*. Патогенная микрофлора больных сеянцев сосны обыкновенной была представлена, главным образом, грибами р. *Phoma*, *Lophodermium* (доминирующие, с различной частотой встречаемости), а также фитопатогенами *Cladosporium*, *Typhula*, *Rhizoctonia*, *Alternaria* и единичными представителями р. *Sydowia* и *Botrytis*.

Фитопатогены рода *Phoma* имеют самый широкий диапазон растений-хозяев среди хвойных пород, выращиваемых в настоящее время в питомниках Красноярского края: встречаются на всех трех анализируемых породах разных возрастов. Их частота встречаемости составила 47% от всех идентифицированных изолятов патогенных грибов, в то время как для микромицетов р. *Lophodermium* этот показатель был равен 26%, для родов *Alternaria*, *Cladosporium* и *Typhula* не превышал 10%, для остальных изолятов – от 1 до 3%.

Из 18 анализируемых питомников грибы рода *Phoma* встречаются в 12, р. *Lophodermium* – в 9, р. *Cladosporium* – в 5, р. *Alternaria* – в 4, р. *Sydowia* – в 3 питомниках, изоляты родов *Rhizoctonia* и *Typhula* отмечены в 2 питомниках, роды *Phacidium*, *Botrytis* – единично.

Молекулярно-генетические методы позволили сделать предположение о возможной доминирующей роли в патогенезе сеянцев грибов, ранее не выдвигавшихся на первый план в изучении указанного процесса – представителей р. *Phoma*, а также принять во внимание присутствие фитопатогенов родов *Typhula* и *Sydowia*, крайне слабо изученных применительно к патогенной микрофлоре питомников Сибири.

В целом просматривается присутствие грибов *Phoma* у растений всех возрастов, с тенденцией увеличения к 3-4-летнему возрасту в сравнении с 1-2-летними сеянцами. Аналогичная динамика характерна заболеваниям типа шютте, а также отмечено увеличение встречаемости с увеличением возраста растений для р. *Sydowia* и *Typhula*. Кладоспориоз чаще отмечается на больных сеянцах 1-2 года жизни, у 3-4-летних растений его частота встречаемости немного снижается, а альтернариоз остается на прежнем уровне. Таким образом, на основе полученных данных генетического анализа можно предположить, что основные болезни первого-второго года жизни сеянцев в питомниках Красноярского края – фомоз и кладоспориоз, третьего-четвертого года – фомоз и

настоящее шютте. Профилактика указанных заболеваний требует пристального внимания со стороны практиков лесного питомнического хозяйства.

DNA-DIAGNOSTICS OF FUNGAL DISEASES IN FOREST NURSERIES IN KRASNOYARSK REGION

Shilkina E.A., Razdorozhnay T.Yu., Sheller M.A.

Centre of Forest Protection, Krasnoyarsk, Russia; krasgenles@mail.ru

Fungal diseases are one of the main reasons of weakening and death of coniferous seedlings in forest nurseries of the Krasnoyarsk region. The early diagnosis of pathogens is of great importance, one of the reliable ways of which is DNA analysis.

The phytopathological examination of 1-4 year old seedlings of *Pinus sylvestris* L., *P. sibirica* Du Tour, *Picea obovata* Ldb., collected from 18 nurseries of the Krasnoyarsk region with a total area of 388 ha was carried out by using molecular genetic techniques. In the study of infected plants the species of pathogenic and conditionally pathogenic fungi of 9 genera were identified: *Phoma*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Rhizoctonia*, *Lophodermium*, *Phacidium*, *Sydowia*, *Typhula*, *Botrytis*. On average, a pathogenic microflora in each of the nurseries was represented by 2-4 species of micromycetes.

Phoma sp., *Lophodermium* sp. and *Sydowia* sp. were identified on the seedlings of *P. sibirica*. The pathogens of *Phoma* sp. were detected in the greatest number of isolates on Siberian spruce, and a single occurrence of micromycetes *Alternaria* sp., *Phacidium* sp. and *Cladosporium* sp.. A pathogenic microflora of infected seedlings of Scots pine was represented mainly by *Phoma* sp., *Lophodermium* sp. (dominant, with different frequency of occurrence), as well as pathogens *Cladosporium*, *Typhula*, *Rhizoctonia*, *Alternaria* and individual representatives of *Sydowia* sp. and *Botrytis* sp.

The phytopathogens of *Phoma* sp. have the widest range of host plants among conifers which are currently grown in the nurseries of the Krasnoyarsk region, they are met in all three analyzed species of different ages. Their frequency of occurrence was 47% of all identified isolates of pathogenic fungi, while for micromycetes *Lophodermium* sp. this indicator was equal to 26%, for *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp. and *Typhula* sp. not exceed 10%, for the other isolates from 1 to 3%.

Of the 18 examined nurseries the fungi of the genus *Phoma* occur in 12, *Lophodermium* sp. in 9, *Cladosporium* sp. in 5, *Alternaria* sp. in 4, *Sydowia* sp. in 3 nurseries, isolates of the genera *Rhizoctonia* and *Typhula* were detected in 2 nurseries, *Phacidium* sp., *Botrytis* sp. – a single occurrence.

Molecular genetic techniques have led to the suggestion of a possible dominant role in the pathogenesis of seedlings of *Phoma* sp. representatives which have not been previously highlighted in the study of this process, and also take into account the presence of phytopathogens *Typhula* sp. and *Sydowia* sp., very poorly studied in relation to pathogenic microflora of nurseries in Siberia.

In general, there is a clear presence of fungi *Phoma* in plants of all ages, with an increasing tendency to 3-4 years of age in comparison with 1-2 year old seedlings. Similar trend is typical for *Lophodermium* sp. diseases, and it has also been noted an increase in the occurrence with raising plants age for *Sydowia* sp. and *Typhula* sp.. Cladosporiosis is often marked on infected 1-2 year seedlings, its frequency of occurrence is slightly reduced for 3-4-year-old plants, but blackspot remains at the same level. Thus, based on the data of genetic analysis, it can be assumed that the major diseases of the 1-2 year old seedlings in nurseries of Krasnoyarsk region are Phomosis and Cladosporiosis, for 3-4 years old seedlings are Phomosis and *Lophodermium* needlecast. Prevention of these diseases requires close attention from the practitioners of forest nursery management.

СОХРАНЕНИЕ ГЕНОФОНДА И ОБЪЕКТЫ ЕДИНОГО ГЕНЕТИКО-СЕЛЕКЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ

Ширнин В.К., Крюкова С.А.

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», Россия; ilgis@lesgen.vrn.ru

Дубравы являются наиболее сложными лесными экосистемами, расположенные в густонаселенной части Русской равнины и выполняющие здесь важные средозащитные и лесосырьевые функции. Они издавна подвергаются усиленному антропогенному давлению и воздействию промышленных токсикантов. В результате этого площади дубрав за последние 300 лет сократились в 2-3 раза, а генофонд их сильно истощен и подвергается эрозии. Несмотря на существенные научные разработки в прошлом в области лесовосстановления дубрав, ныне этот процесс протекает очень сложно и противоречиво. Набравшие в прошлом негативные тенденции в области лесовосстановления не преодолены до сих пор. Если на первом этапе главные причины неудач были связаны со слабыми знаниями этого процесса, то сейчас они обусловлены несовершенством нормативно-правовых отношений в лесном хозяйстве. Результатом этого явилось разрушение сложившейся системы лесного семеноводства и питомнического хозяйства, что особенно остро отразилось на дубе черешчатом, который плодоносит нерегулярно (через 5-8 лет) и к семеноводству которого должно быть особое внимание. Отражением неблагополучия в области лесовосстановления дубрав является тот факт, что в 16 областях из 48, расположенных в ареале дуба, не проводится никаких лесовосстановительных мероприятий и не планируется их проведение до 2020 года. К таким областям относятся Псковская, Новгородская, Ленинградская, Московская, Костромская, Владимирская, Ивановская, Смоленская, Тверская, Кировская, Астраханская, Челябинская, Вологодская, Ярославская, Свердловская и Пермский край.

На преодоление отмеченных недостатков по сохранению генофонда и выращиванию высокопродуктивных дубрав направлены селекционно-генетические исследования. Тремя поколениями лесных селекционеров региона проведены следующие мероприятия: выделено свыше 4 тыс. га генетических резерватов (75 % из них в Воронежской области) и 31.0 га плюсовых насаждений, отобрано и аттестовано 551 плюсовое дерево дуба, из которых заложено на испытание около 170 шт. на площади 15.5 га создано 10.4 га улучшенных постоянных лесосеменных участков и 49 га семейственных лесосеменных плантаций. Ныне Центральное Черноземье является центром научно-исследовательских и практических работ по сохранению генофонда и селекционному семеноводству дуба черешчатого. В других пунктах ареала дуба нет таких благоприятных условий для проведения подобных мероприятий. В Центральном Черноземье находятся ценные дубравные массивы, известные за пределами региона (Шипов лес и Теллермановская роща в Воронежской области, Алексеевские дубравы в Белгородской области, пойменные дубравы в бассейне Среднего Дона), характеризующиеся богатым внутривидовым разнообразием. Это обусловлено также историческими традициями и достижениями в области лесовосстановления и изучения дубрав. Здесь работали классики отечественного лесоводства М.М. Орлов, Г.Ф. Морозов, В.Н. Сукачев, практики Г.А. Корноковский, Н.К. Генко, Г.Г. Юнаш и селекционеры дубравники Н.П. Кобранов, М.М. Вересин, Е.И. Енькова, Т.И. Плетминцева, В.Б. Лукьянец.

PRESERVATION OF THE GENE POOL AND OBJECTS OF THE UNIFIED GENETIC-BREEDING COMPLEX OF COMMON OAK IN THE CENTRAL CHERNOZEM

Shirnin V.K., Kryukova S.A.

Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Russia; ilgis@lesgen.vrn.ru

Oak forests are the most complex forest ecosystems located in a densely populated part of

the Russian Plain and performing are important abatement and Wood Raw Materials function. They have long been subjected to the enhanced human pressures and the impact of industrial toxicants. As a result, the area of oak forests in the past 300 years have decreased by 2-3 times, and the gene pool of their severely depleted and eroded. Despite substantial research and development in the past reforestation oak, now this process is very complicated and contradictory. Scored in the past negative trends in the field of reforestation is not overcome until now. If the first stage of the main reasons for failure were associated with poor knowledge of the process, but now they are due to deficiencies in the legal relations in forestry. This has resulted in the destruction of the existing system of forest seed and nursery economy, which is particularly acute effect on the pedunculate oak tree, which bears fruit regularly (5-8 years) and to the seed, which is to be emphasized. Reflection of the troubles in the reforestation of oak is the fact that in 16 of 48 areas located in an area of oak makes no reforestation and do not plan their implementation until 2020. These areas include Pskov, Novgorod, Leningrad, Moscow, Kostroma, Vladimir, Ivanovo, Smolensk, Tver, Kirov, Astrakhan, Chelyabinsk, Vologda, Yaroslavl, Sverdlovsk and Perm region.

To overcome these shortcomings of conservation genetic and breeding of high-oak forests are the breeding and genetic research. Three generations of breeders forest region the following activities: allocated with more than 4 thousand. Ha genetic reserves (75% of them in the Voronezh region) and 31.0 hectares plus plants, selected and certified 551 plus trees of oak, of which laid on the test about 170 pc. on an area of 15.5 hectares, 10.4 hectares created improved permanent forest plots and 49 hectares of nepotism seed orchards. Now the Central Chernozem is the center of research and practical work on the conservation of the gene pool and seed breeding of Common oak. Other area points of oak no such favorable conditions for such activities. In the Central Chernozem are valuable rejoice arrays, known outside the region (Shipov forest and Tellerman grove in the Voronezh region, Alekseevskaya oaks in the Belgorod region, flood plain oak forests in the basin of the Middle Don), characterized by a rich intraspecific diversity. This is also due to historical traditions and achievements in the field of reforestation and learning oak. It worked classics of domestic forestry Orlov, Morozov, Sukachyov, practices Kornokovsky, Genko, Yunash and breeders of oak forests Kobranov, Veresin, Enkova, Pletmintseva, Lukyanets.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ГЕНЕТИКИ В ПРАКТИКЕ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Шишкина О.К., Гуцин В.А., Сиволапов В.А., Карпеченко Н.А., Шилкина Е.А.

ФБУ «Российский центр защиты леса», Россия; shok3011@yandex.ru

В течение последних лет в ФБУ «Российский центр защиты леса» создается сеть генетических лабораторий на всей территории РФ с целью внедрения методов ДНК анализа в практику лесного хозяйства. К настоящему моменту работают 4 лаборатории (ЦО, ЦЗЛ Воронежской области, Красноярского и Алтайского края), в 2015 году вступят в строй еще 3 – ЦЗЛ Хабаровского края, Архангельской и Ленинградской областей. Работы ведутся по трем основным направлениям – лесоводство, лесная фитопатология и лесная энтомология. Для сети лабораторий ФБУ «Российский центр защиты леса» разработана единая методика генетических работ с учетом последних мировых достижений для получения сравнимых результатов.

В области лесоводства проводятся работы по генетической паспортизации лесосеменных объектов, мониторингу состояния лесных генетических ресурсов и подготовительные исследования для обеспечения контроля за оборотом репродуктивного материала при воспроизводстве лесов, а также любой лесопромышленной продукции, если из нее может быть выделена ДНК. Уточнены схемы смешения клонов на 22 лесосеменных плантациях и архивах сосны обыкновенной, ели европейской и сосны сибирской кедровой в Европейской части РФ и СФО, разработана методика определения

места происхождения семян основных лесообразующих пород (сосна, ель, кедр, лиственница, дуб). Начато митотипирование насаждений этих пород на всей территории РФ с целью создания базы данных распределения митотипов, для чего отобраны образцы растений по сети 100x100 км. Создание такой базы позволит определять географическое происхождение партий репродуктивного материала, вести контроль за оборотом этого материала и, в конечном итоге, сертифицировать его партии по месту происхождения и др.

Для оценки состояния насаждений основных лесообразующих пород на территории РФ проведено определение степени их гетерозиготности. Показано, что популяции сосны и ели отличаются высокой степенью гетерозиготности (50-90%), кедр – средней (30-50%), лиственницы – средней (до 50%) и слабой ($\leq 30\%$).

При проведении генетических работ по фитопатологии обследовано 1700 га площадей, подготовленных для посадки лесных культур, на наличие генетического материала корневой губки (*Heterobasidion annosum* (Fr) Bref 1889), 674 га территорий в Московской области, пройденных пожарами 2010 года, для определения наличия генетического материала ризины волнистой (*Rhizina undulata* Fr.). Результаты наших наблюдений за развитием инфекции р. волнистой в почве и корнях растений на пробных площадях показали, что восстановление лесов в первый год после пожаров нецелесообразно, к 3-ему году выращивания половина саженцев погибает в результате поражения этим патогеном.

Разработана методика определения истинной степени поражения инфекциями по пням после проведения сплошных санитарных рубок (определение законности их назначения).

Проведен фитопатологический мониторинг на 1409.5 га лесных питомников Центрального и Сибирского Федеральных округов. Определены виды основных фитопатогенов, распространенных в лесных питомниках ЦФО и СФО. Сделан сравнительный анализ частоты встречаемости основных заболеваний сеянцев в питомниках Европейской части РФ и Западной Сибири.

Для определения расы непарного шелкопряда разработаны методы определения мутации митохондриального гена COI – рестрикционный анализ и аллель-специфичный ПЦР. Установлена расовая принадлежность особей непарного шелкопряда из насаждений Европейской части РФ, Южного Урала, Сибири и Дальнего Востока (более 70 лесничеств).

RESULTS AND PERSPECTIVES OF MOLECULAR GENETICS METHODS IN FOREST MANAGEMENT

Shishkina O.K., Gushchin V.A., Sivolapov V.A., Karpechenko N.A., Shilkina E.A.

Center for Forest Protection, Pushkino, Russia; shok3011@yandex.ru

During the recent years the Center for Forest Protection (CFP) creates a network of genetic laboratories throughout the Russian Federation to implement the methods of DNA analysis to the practice of forestry. To date, there are four laboratories (in the central CFP, and free regional CFPs in the Voronezh, Krasnoyarsk and Altai regions, respectively), and another three will come into operation in 2015 (CFPs in Khabarovsk Krai, Arkhangelsk and Leningrad regions). Work is carried out in three main areas - forestry, forest plant pathology and forest entomology. Unified methods of genetic analysis implementing the latest world science achievements to obtain comparable results have been developed within a network of laboratories of the Center for Forest Protection.

In the field of forestry works are carried out on genetic certification of forest seed facilities, monitoring the status of forest genetic resources and preparatory studies for monitoring the circulation of reproductive material in the reproduction of forests, as well as any wood products, if it can be used to isolate DNA of acceptable quality. The schemes of placing of 22

clones in seed orchards and archives of Scots pine, Norway spruce and pine Siberian stone pine in the European part of Russia and the SFO are updated, and the methods of determining the place of origin of the seeds main tree species (pine, spruce, stone pine, larch, oak) are developed. Mitotyping of these species throughout the territory of the Russian Federation with the aim of creating a database distribution mitotypes for 100x100 km plant sampling network has been started. The creation of such a database will help to identify the geographic origin of the reproductive material, to monitor the traffic of this material and, ultimately, to certify its origin, etc.

To assess the condition of main forest tree species in the territory of the Russian Federation the degree of their heterozygosity was determined. It was shown that populations of pine and spruce have a high degree of mean heterozygosity (50-90%), stone pine (30-50%), larch (30-50%).

When carrying out work on the genetic phytopathology 1,700 hectares prepared for the planting of forest cultures were surveyed on the presence of the root sponge (*Heterobasidion annosum* (Fr) Bref 1889); 674 hectares of land in the Moscow region affected by fires in 2010 were surveyed on the presence of *Rhizina undulata* Fr.). The results of our monitoring for the development of infection *Rhizina undulata* in the soil and roots of plants in test plots showed that forest restoration in the first year after the fire is impractical - half of growing seedlings dies by the third year due to this pathogen.

The method of determination of the true incidence of infection by stumps after the cleaning cuttings (to determine their validity) was developed.

Phytopathological monitoring was conducted at 1409.5 ha of forest nurseries of the Central and Siberian Federal District. The types of common forest nurseries phytopathogens were identified.. The comparative analysis of the incidence of major diseases of seedlings in nurseries European part of Russia and Western Siberia is done.

To determine the race of gypsy moth the PCR based restriction and allele-specific methods for determining gene mutations in mitochondrial COI were developed. The race of gypsy moth specimens from plants of the European part of Russia, the Southern Urals, Siberia and the Far East (over 70 forest areas) was identified.

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОРНЕВОЙ ГУБКИ (*HETEROBASIDION ANNOSUM* (FR.)
BREF S.L.) В ДРЕВОСТОЯХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ АЛТАЙСКОГО КРАЯ
МЕТОДАМИ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

Шуваев Д.Н., Кальченко Л.И., Дергачев В.И.

Филиал ФБУ «Рослесозащита» - «ЦЗЛ Алтайского края», Россия,
denis.shuvaev@gmail.com

Из всего спектра патогенов, атакующих древесные породы, корневая губка относится к числу наиболее распространенных и вредоносных возбудителей болезней лесных насаждений. Данный вид вызывает пеструю ситовую гниль корней хвойных. Гнили корней хвойных пород во многих странах мира принимают характер энфитотий и наносят огромный ущерб. Эта болезнь хвойных является одной из наиболее разрушительных в северном полушарии. Она приводит к массовому усыханию деревьев и распаду насаждений, что наносит значительный ущерб лесному хозяйству. Связанные с данным патогеном, экономические потери для Европы, оцениваются в 800 млн. евро в год. Для лесной отрасли РФ расчеты экономического ущерба, связанного непосредственно с корневой губкой, вероятно, сильно занижены, поскольку для данного патогена характерна скрытность проявления заболевания. Из вышеизложенного следует, что существует потребность в методе быстрого и точного определения инфекции корневой губки в естественных и искусственных насаждениях для ранней локализации очагов и принятия дальнейших мер по предупреждению развития инфекции.

В настоящее время методы молекулярно-генетической идентификации видов, основанные на применении видоспецифических маркеров, относительно легкодоступны для большинства генетических лабораторий. Маркерные регионы геномов, характеризующие определенный вид или род, как правило, хорошо изучены и часто не требуют затрат на проведение дополнительных исследований. В данной работе мы преследовали цель апробации метода молекулярно-генетической диагностики корневой губки в естественных и искусственных древостоях сосны обыкновенной.

Материалом для исследований послужили корни усыхающих и визуально здоровых деревьев сосны обыкновенной, а также плодовые тела корневой губки. Каждый образец корня высверливали в различных 4-5 местах, избегая просмоленных участков, формируя таким образом комплексный образец из древесной стружки одного корня. Экстракцию ДНК проводили согласно стандартному СТАВ-методу. В качестве основы для реакционной смеси ПЦР был использован готовый набор ScreenMix-HS производства ЗАО Евrogen. Объем ПЦР-смеси составил 20 мкл. Конечные концентрации праймеров составили 0,16 пкМоль/мкл. Режим амплификации: 95⁰С – 5мин; (95⁰С – 15 сек, 62⁰С – 20 сек, 72⁰С – 1 мин)*32; 72⁰С – 3 мин; 4⁰С – ∞. Электрофоретическое разделение продуктов амплификации проводили в горизонтальных камерах Helicon "SE-2" в 1-кратном ТБЕ-буфере в 1%-м агарозном геле. Амплифицированный генетический материал визуализировали посредством окраски геля в растворе бромистого этидия с последующей проявкой на трансиллюминаторе.

Всего было обследовано 46 деревьев сосны обыкновенной из 10 лесничеств Алтайского края. Из них генетический материал корневой губки был обнаружен в образцах корней 12 деревьев 3-х лесничеств и дополнительно 2-х лесничеств, где были обнаружены плодовые тела грибов, но в корнях ДНК грибов не была обнаружена. Точки, где был отмечен генетический материал патогена, были нанесены на карту и станут отправными для дальнейшей детальной локализации очагов инфекции.

IDENTIFICATION OF *HETEROBASIDION ANNOSUM* (FR.) BREF S.L. IN THE STAND OF TREES OF SCOTS PINE IN ALTAI REGION BY METHODS OF DNA-ANALYSIS

Shuvaev D.N., Kalchenko L.I., Dergachev V.I.

Branch of the Russian Centre for Forest Protection

Centre for Forest Protection of Altai Territory, Russia; denis.shuvaev@gmail.com

Heterobasidion annosum is one of the most dangerous and widespread diseases attacking conifers in the temperate and boreal regions of the Northern Hemisphere. This species causes root and butt rot of conifers. The root rots of conifer trees cause great damage in many countries of the world and they may be characterized as enphytoties. Financial losses caused by the species complex of *Heterobasidion* in the European Union were estimated at 800 million euro per year. For forest management of Russian Federation the estimates of economic losses directly caused by *Heterobasidion annosum* probably severely understated, since the pathogen is characterized the hidden form of disease. Therefore, there is the need for fast and precise method of identification *Heterobasidion annosum* in the natural stands and the forest plantations for early localization of pest holes and adoption of further actions that to prevent spreading of infections.

Currently the methods of molecule-genetic identifications of species based by the use species-specific markers became relatively easy available for many of genetic laboratories. The marker regions of genomes characterized definite species or genera usually are studied well and they often are not required costs for additional studies. In this work we aimed goal examining of DNA-diagnostic method of *Heterobasidion annosum* in the natural stands and the forest plantations of Scots pine.

Plant material was presented the roots of dying and visually healthy trees of Scots pine as well as fruit bodies of *Heterobasidion annosum*. Each sample of root was drilled in different four

or five spots avoiding resinous sectors after we mixed all the shavings from the single root and obtained the complex sample. Extraction of DNA was conducted in accordance with standard CTAB-protocol. Aliquots of 4 μ l of the reaction mix (ScreenMix-HS) were combined with 13,6 μ l ddH₂O and 0,8 μ l each of primers (final concentrations - 0,16 μ m). Temperature cycling was carried out using a programmable heat block (ABI Prism Thermal Cycler 9700). An initial denaturation step of 95⁰C for five minutes was followed by 32 amplification cycles of denaturation, annealing, and extension. The temperature and times for these steps in the first step was 95⁰C for 15 s, 62⁰C for 20 s, and 72⁰C for 1 minute. After the 32 cycles were completed, the samples were incubated an additional 3 min at 72⁰C. PCR products were electrophoresed in horizontal cells (Helicon, SE-2) in 1% agarose gel with standard TBE-buffer solution. The gels were exposed in solution of ethidium bromide for 20 min and visualized in UV-radiation.

Overall was observed 46 trees of Scots pine from 10 forestry of Altai territory. The genetic material of *Heterobasidion* was found in roots of 12 trees growing in 3 forestry and additionally 2 forestry where were found fruit bodies of the fungi, but in the roots DNA of *Heterobasidion* was not detected. These sites, where the genetic material of pathogen was marked, were mapped and would become the initial sites for further detail localization of pest holes.

**«ИЗУЧЕНИЕ, СОХРАНЕНИЕ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕСНЫХ
ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РОССИИ»**

Определения.

Лесные генетические ресурсы – это часть генофонда популяций лесных древесных растений, имеющая ценность для адаптации и селекции видов.

Генофонд популяции (вида) – это совокупность всех генов популяции (вида) (Серебровский, 1928).

Задачи подпрограммы:

Основная цель подпрограммы – разработать и реализовать на модельных примерах (видах древесных растений и отдельных участках их ареалов) национальную программу по изучению, сохранению и рациональному использованию лесных генетических ресурсов России.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. На основе обобщения литературных данных, изучения географических культур и проведения комплексных исследований с применением современных методов лесной фенетики, популяционной генетики и геномики уточнить особенности внутривидовой дифференциации и разработать карты популяционной структуры лесообразующих видов в масштабе их российских ареалов.
2. С учетом отечественного и мирового опыта оптимизировать программы сохранения/консервации лесных генетических ресурсов классическими методами *in situ* и *ex situ*.
3. Разработать популяционно-генетические принципы сохранения и воспроизводства лесных генетических ресурсов при лесозэксплуатации и лесовозобновлении, на основе которых могут быть усовершенствованы соответствующие нормативные документы, регламентирующие правила ведения лесного хозяйства, включая правила рубок и лесовосстановления, в лесах РФ.
4. Разработать методику разделения лесов на категории, различающиеся по способу воспроизводства и генетическому потенциалу популяций лесообразующих видов: 1) способные к полноценному естественному воспроизводству природные и близкие к ним по генетическому потенциалу искусственные леса, отличающиеся оптимальными и близкими к ним характеристиками генетической структуры популяций лесообразующих видов - далее по тексту «естественные леса»; 2) искусственно воспроизводимые леса плантационного типа, отличающиеся обедненным генетическим составом - «плантационные леса».
5. Обосновать предельно допустимые объёмы и правила размещения плантационных лесов в различных лесорастительных условиях, при которых обеспечивается сохранение естественно-исторически сложившейся популяционной структуры и генетического потенциала близлежащих лесообразующих видов и экологическая устойчивость лесных экосистем в целом.
6. С учетом отечественного и мирового опыта в области лесной генетики, селекции и биотехнологии модернизировать и интегрировать программы лесного сортового семеноводства и плантационного лесоводства.
7. Реализовать на модельных примерах (видах древесных растений и отдельных участках их ареалов) задачи 1-6 предлагаемой программы.

Характеристика сферы реализации подпрограммы, описание основных проблем в указанной сфере и прогноз её развития

Россия – мировой лидер по площади бореальных лесов и по преобладанию в них лесов естественного происхождения. При разумной лесной политике, в том числе в области сохранения лесного биоразнообразия, это лидерство может быть усилено. Однако следует учитывать, что структура биологического разнообразия в лесах России имеет свои особенности. Они обусловлены относительно бедным видовым составом дендроценозов, который компенсируется огромной внутривидовой изменчивостью, формирующейся в условиях экологически гетерогенных обширных ареалов лесообразующих видов (Милютин и др., 2003). В связи с этим, а также учитывая абсолютное преобладание биомассы древесных растений над биомассой других членов лесных сообществ, важнейшим компонентом биоразнообразия российских лесов является внутривидовая изменчивость видов-эдикаторов. При этом наибольшее значение имеет наследственная изменчивость древесных растений по адаптивным и хозяйственно ценным признакам, от уровня и особенностей которой в конечном счете зависят устойчивость и продуктивность лесов, а также перспективы выведения сортов с хозяйственно полезными свойствами. Мутации, положительно влияющие на приспособленность, случаются крайне редко и их искусственное получение проблематично; поэтому адаптивная генетическая изменчивость, играющая роль «мобилизационного генетического резерва», аккумулированного видами в течение их длительной естественной истории, должна рассматриваться в качестве стратегически важного государственного ресурса, тщательно оберегаться и рачительно использоваться. В связи с этим, в России в середине 1970-х годов были разработаны государственные программы по изучению, сохранению и селекционному использованию этого стратегически важного компонента биоразнообразия, называемого в соответствии с международной терминологией «лесными генетическими ресурсами». Аналогичные программы с конца 1950-х гг. разрабатываются и во многих других развитых странах – Швеции, Финляндии, Германии, США, Японии и др. Основными разделами этих программ являются: (I) изучение (инвентаризация), (II) сохранение и (III) рациональное использование лесных генетических ресурсов (ЛГР). Рассмотрим их по порядку.

I. Изучение (инвентаризация) ЛГР.

Уникальной особенностью лесного фонда России является сохранение достаточно обширных участков бореальных лесов с нативной или малонарушенной популяционно-генетической и экосистемной структурой. Они имеют общемировое значение как один из последних сохранившихся полигонов для изучения факторов формирования генетического разнообразия на всех иерархических уровнях организации живой природы. При этом только у широкоареальных российских лесообразующих видов, многие из которых распространены и за пределами РФ, представлен весь спектр широтных, долготных и высотных экотипов. Это делает их идеальными модельными объектами для международных исследований генетико-экологических механизмов адаптаций и дифференциации на внутривидовом уровне. Важное практическое значение имеет сравнительная генетическая характеристика различных категорий лесов, выделяемых в лесном кодексе РФ - резервных, защитных и эксплуатационных. При этом следует учитывать, что все указанные категории относительно условно выделены в пределах естественно-исторически сложившихся взаимосвязанных генными потоками систем популяций разного уровня, образующих "природные тела" - виды. В пределы естественных ареалов видов вписаны искусственные популяции этих же видов, которые могут обладать пониженным генетическим потенциалом. Изучение лесных генетических ресурсов, которое даст необходимую информацию для разработки мероприятий по их

сохранению и использованию, должно осуществляться с позиций целостности видов, как интегрированных популяционных систем (Тимофеев-Ресовский и др., 1973; Алтухов и др., 2004).

Для решения различных задач в области сохранения и рационального использования лесных генетических ресурсов первоочередное значение имеет изучение особенностей генофондов и пространственной популяционной структуры видов. В идеале оно должно завершиться инвентаризацией наиболее важных генетических ресурсов с привязкой их к пространственной популяционной структуре видов. Особое внимание при этом должно уделяться выявлению «предковых» популяций, которые обладают повышенным адаптивным потенциалом, а также высоко- и низко-полиморфных популяций. Важное значение имеет идентификация узко- и широко-адаптированных генотипов и популяций, анализ роли взаимодействий "генотип-среда" в поддержании устойчивости популяций в варьирующих условиях среды обитания.

Масштабные исследования внутривидовой изменчивости и популяционной структуры эдификаторных видов древесных растений начаты в России с 1960-70-х годов и продолжаются с использованием современных генетических методов по настоящее время (Правдин, 1964; 1975; Мамаев, 1965; 1972; 1974; Ирошников, 1967; 1970; 2004; Милютин, 1967; 1973, 1980; 2013; Глотов и др., 1975; Санников и др., 1975; 1993; 2002; 2013; Муратова и др., 1985; 2008; 2012; Семериков Л., 1986; Видякин, 1983; 1999; 2004; 2010; Семериков В. и др., 1993; 1997; 2006; 2014; Путенихин, 1993; 2000; Политов и др., 1987; 1990; 2006; 2011; Крутовский и др., 1987; 1990; 2006; 2014; Ларионова и др., 1987; 1999; 2011; Горошкевич и др., 1996; 1999; 2007). Большое значение для решения этой проблемы имеет изучение изменчивости древесных видов в географических культурах (Ирошников, 1977; Шутяев, 1989; 2010; Авров, 1992; Наквасина, 1999; 2008; и др.). Предварительная информация о популяционной структуре видов древесных растений, полученная на основе учета особенностей ареалов и комплекса физико-географических районирований, содержится в капитальном издании «Лесосеменное районирование основных лесообразующих пород в СССР» (1982). При изучении характера изменчивости по фенам, аллозимным локусам и ДНК-маркерам для некоторых видов сосны и лиственницы намечены районы предположительной локализации предковых популяций (Видякин, 2004; Семериков, 2006; Санников и др., 2012) и популяций гибридного генезиса (Потенко, 2004; Семериков, 2006; Коропачинский, Милютин, 2006).

Несмотря на значительный объём проведенных исследований и очевидный прогресс в направлении оценки популяционной структуры, имеющиеся сведения отличаются фрагментарностью в связи с гигантскими ареалами лесообразующих видов, относительно слабым внедрением эффективных молекулярно-генетических методов оценки генетической изменчивости и отсутствием единых методических подходов к изучению популяционной структуры видов. Например, изучение межпопуляционной дифференциации на основе анализа изменчивости селективно нейтральных маркеров даёт важную информацию о популяционной структуре, сформировавшейся в результате процессов миграции и дрейфа генов, но лишь приблизительно позволяет оценить степень дивергенции популяций, обусловленную отбором (адаптивной радиацией). Для полноценной характеристики особенностей генофондов и популяционной структуры необходима разработка программы по изучению лесных генетических ресурсов РФ в масштабе ареала видов, в основу которой целесообразно положить принцип комплексности исследований (Глотов, 1979; 1983). При этом очень важными и пока дискуссионными являются методические вопросы: во-первых, о размещении выборок в пределах ареала вида; во-вторых, о последовательности и этапности/одновременности использования различных методов оценки генетической изменчивости.

В отношении первого из них предложены различные подходы: 1) равномерное покрытие ареала точками сбора – напр., по сетке 100x100 км (Шишкина, 2014); 2) детальное изучение экологической и фитоценотической структуры ареала и выделение потенциальных изоляционных барьеров, которые “*a priori*” рассматриваются как границы внутриареальных совокупностей различного ранга (Санников и др., 2010; 2012); 3) размещение выборок с учетом лесосеменного районирования, построенного на основе анализа комплекса физико-географических районирований и имеющихся данных о внутривидовой изменчивости лесообразующих видов (Лесосеменное районирование, 1982).

В отношении второго вопроса, в связи с различиями в информативности и стоимости методов фенетики, биохимической и молекулярной генетики, наиболее часто применяемых для анализа генетической структуры популяций, возможны различные подходы: 1) использование только одного из перечисленных методов – например, методов молекулярной генетики, как наиболее информативных (Политов, 2008); 2) одновременное применение нескольких методов (Видякин, Семериков, 2014); 3) поэтапное применение методов (Глотов, 1983). Последний подход заключается в сочетании экспрессных относительно недорогих методов популяционной фенетики, применяемых на этапе массового скрининга выборок с учетом физико-географической структуры ареала, и методов биохимической и молекулярной генетики, применяемых на последующих этапах исследований для уточнения масштаба намеченных на 1-м этапе внутривидовых границ и более детального изучения особенностей дифференциации и генетической структуры популяций, в т.ч. по адаптивно важным маркерам (Глотов, 1979; 1983).

Оптимизировать и унифицировать рассмотренные подходы к оценке генетической гетерогенности возможно посредством специального изучения особенностей внутривидовой изменчивости на примере достаточно крупного модельного участка ареала одного из видов (напр., сосны обыкновенной), которое предлагается сделать на начальном этапе рассматриваемой задачи.

Ещё одной нерешенной проблемой является оценка генетической структуры молодняков, возникших на бросовых сельскохозяйственных землях и техногенных ландшафтах (напр., в зоне деятельности нефтегазового комплекса). Эти объекты представляют интерес для изучения закономерностей динамики генофондов при расширении ареалов лесообразующих видов, а также для поиска ценных быстрорастущих и рано вступающих в семеношение генотипов. Эти молодняки, сформированные преимущественно мелколиственными породами, перспективны для формирования из них рубками ухода быстрорастущих лесосырьевых плантаций (Сидоренков, 2014). В связи с большими площадями новых лесов их влияние на генетическую структуру и устойчивость лесообразующих видов может оказаться очень существенным. Поэтому их популяционно-генетическое изучение крайне актуально.

II. Сохранение ЛГР.

Определенные успехи достигнуты российскими селекционерами и генетиками в области сохранения лесных генетических ресурсов. Это выражается в большом количестве выделенных в естественных лесах генетических резерватов, некоторые из которых подверглись генетической оценке (напр., Великов, Потенко, 2006) и рассматриваются в качестве объектов генетического мониторинга (Ирошников, 1998), а также в создании значительного числа генетических коллекций, среди которых преобладают архивы клонов лучших по селективируемым признакам «плюсовых» деревьев (Проказин, 2008). При этом в основу отечественных программ были положены принципы и методы «природоохранной генетики», разработанные в условиях дефицита естественных лесов и резкого обеднения генофондов популяций коммерчески ценных видов в развитых европейских странах.

Анализ этих принципов показывает, что они исходят преимущественно из "островных" моделей популяционной генетики (Wright, 1969) и не учитывают адаптивные преимущества взаимосвязанных многопопуляционных систем, формирующих сложную относительно устойчивую хорологическую структуру видов (Шварц, 1967; Семериков, 1982; Алтухов и др., 2006). Эти методы имеют «статический» характер и сводятся к «консервации» генетических ресурсов методами *in situ* и *ex situ* («в» и «вне природных местообитаний» соответственно). Они не учитывают как обширности и специфики российских лесов, заключающейся в преобладании естественных лесов с относительно ненарушенной естественно-исторически сложившейся популяционной структурой видов древесных растений, так и необходимости непрерывного «динамического сохранения» (полноценного возобновления) генетических ресурсов в ходе лесозэксплуатации и лесовосстановления на всей лесопокрытой площади. Несмотря на разработку лесосеменного районирования, опирающегося на ориентировочные представления о популяционной структуре видов, и отбор относительно большого числа генетических резерватов основных лесобразующих видов, эти методы не могут обеспечить полноценное сохранение генетических ресурсов. Прежде всего это обусловлено мизерной площадью генетических резерватов, составляющей менее 1% от общей площади лесов, которую вряд ли удастся увеличить (Тараканов, 2003).

Вместе с этим, следует подчеркнуть значимость генрезерватов для изучения и воспроизводства лесных генетических ресурсов. Это обусловлено: 1) необходимостью оценок генетической гетерогенности в "фоновых", контрольных популяциях, не испытывающих (или почти не испытывающих) хозяйственного воздействия в защитных и эксплуатационных лесах; 2) возможностью использования генрезерватов в качестве объектов генетического мониторинга; 3) создания на их основе семенных заказников; 4) применения генрезерватов в качестве объектов популяционной селекции. В этой связи генетические резерваты обязательно должны быть изучены с целью характеристики особенностей генетической структуры составляющих их насаждений.

Не решает проблему полноценного сохранения генетических ресурсов и создание различных генетических коллекций методами *ex situ*. Это обусловлено недостаточной изученностью популяционной структуры видов, огромным числом популяций, отсутствием четких критериев репрезентативности выборок, достаточных для надежного сохранения генетических ресурсов в коллекциях, неизученностью проблемы влияния длительного хранения семян и меристем на их генетические особенности, отсутствием в РФ генетических банков семян, дороговизной данных программ, и другими причинами.

Совершенно очевидно, что с учетом специфики лесов России, методы сохранения/консервации генетических ресурсов *in situ* и *ex situ* обязательно должны быть дополнены методами их непрерывного «динамического сохранения» при лесозэксплуатации и лесовосстановлении, которые в условиях России имеют первостепенное значение. Главными негативными факторами лесохозяйственной деятельности, обуславливающими эффект «эрозии генофонда» популяций лесобразующих видов, являются: 1) повсеместно используемые рубки «на прииск», которые приводят к негативному отбору и постепенной утрате в популяциях генов, контролирующим хозяйственно ценные признаки; 2) концентрированные рубки с оставлением "недорубов" из "минусовых" деревьев и 3) фрагментация ареалов, которые приводят к разрушению исторически сложившейся популяционной структуры, обеднению генофонда вследствие дрейфа генов, инбридинга и негативного отбора; 3) перемещение семян и посадочного материала за пределы рекомендованных лесосеменных районов, что разрушает баланс между взаимосвязанными процессами интеграции и дифференциации соседних, иерархически связанных в единую систему популяционных генофондов и резко увеличивает концентрацию неадаптированных генотипов в популяциях; и др. В этой связи приоритетной задачей настоящего проекта является разработка популяционно-

генетических принципов сохранения/воспроизводства лесных генетических ресурсов при лесохозяйственной деятельности, на основе которых могут быть усовершенствованы соответствующие нормативные документы, регламентирующие правила лесохозяйственной деятельности, прежде всего правила рубок и лесовосстановления, в лесах РФ.

Отметим, что первый из указанных выше факторов важно учитывать при ведении хозяйства как в эксплуатируемых, так и, в особенности, в защитных лесах, в которых разрешены только рубки ухода и санитарные рубки. Именно систематический отбор лучших по продуктивности и устойчивости насаждений и деревьев при рубках ухода и рубках главного пользования (за исключением узколесосечных) приводит к негативному отбору и неуклонному обеднению популяционных генофондов быстрорастущими высоко адаптированными генотипами. Как правильно отмечают классики лесоводства (напр., Эйтинген, 1962) и современные исследователи (Маслаков, 1984; Рогозин, 2010), важнейшей задачей при рубках ухода является правильное выделение лидирующих по росту, качеству ствола и устойчивости "деревьев будущего", которые имеют максимальные шансы войти в состав спелых и перестойных насаждений и отличаются повышенными показателями устойчивости и хозяйственно-ценных признаков. Изучение корреляционных связей между морфологическими признаками и генотипическими особенностями такого рода деревьев представляет интереснейшую с фундаментальной и прикладной точек зрения задачу, решение которой может способствовать усовершенствованию рубок ухода, методов отбора семенников на вырубках, а также методов отбора плюсовых деревьев. В целом для решения задачи оптимизации правил рубок, при которых выполняются не только лесоводственные требования, но и сохраняется или даже повышается генотипический потенциал популяций, необходимы исследования по сопоставлению особенностей динамики генофондов в естественных "контрольных" и в подвергнутых различным лесохозяйственным мероприятиям насаждениях. Итогом таких исследований будет, например, ранжирование всех методов рубок по степени и характеру их влияния на генетическую структуру естественных насаждений. Многие в этой связи могут дать эксперименты на компьютерных моделях, основанных на экспериментальных данных по генетическому маркированию и таксационно-морфологическому описанию всех деревьев на пробных площадях в лучших по устойчивости и продуктивности "контрольных" высокополиморфных популяциях.

Очевидно, что проведение экспериментов и разработка рекомендаций должны осуществляться с учетом деления лесов по целевому признаку на защитные, эксплуатационные и резервные (Лесной кодекс, 2006). Наибольшее внимание проблеме сохранения лесных генетических ресурсов должно уделяться в защитных и эксплуатационных лесах. При этом резервные леса также интересны в плане сравнительной оценки особенностей генетической структуры в эксплуатируемых и неэксплуатируемых насаждениях.

Отдельное направление исследований – связь уровня гетерозиготности с динамикой роста и устойчивостью деревьев и насаждений. В этой связи имеются фрагментарные данные, на основании которых сформулированы различные нуждающиеся в проверке гипотезы. В частности, в сосновых насаждениях выявлено увеличение уровня средней гетерозиготности с возрастом древостоев, что может быть связано с повышенной интенсивностью роста и адаптивностью высокогетерозиготных деревьев (Mitton, 1977; 1978; Животовский, Духарев, 1985). Очень высокие уровни полиморфности и гетерозиготности характерны для кедрового стланника, занимающего экологически экстремальные высокогорные экотопы Северной Азии (Политов, Горошкевич и др., 2010). В то же время, высказана гипотеза о сложной нелинейной связи гетерозиготности с различными компонентами приспособленности (Алтухов и др., 2006). Последнее ставит под сомнение некоторые рекомендации, разработанные на основе упрощенных

представлений о линейной зависимости гомеостаза популяций от гетерозиготности (Падутов, 2012). По-видимому, естественные популяции с высоким уровнем генетического потенциала "оптимально гетерозиготны", но уровень этой оптимальности может иметь географические и экологические особенности. Если поддержание оптимальной гетерозиготности является частью генетической стратегии адаптации естественных популяций, то это необходимо учитывать при разработке всех мероприятий по сохранению и рациональному использованию генетических ресурсов. Для раскрытия такого рода закономерностей необходимы специальные исследования, которые также планируется осуществить при решении рассматриваемой задачи.

Что касается сохранения генетической гетерогенности популяций в процессе лесовосстановления, то некоторые авторы в ситуации, когда искусственно возобновляемая популяция характеризуется пониженным уровнем генетической изменчивости, рекомендуют создавать культуры смесью семян, выращенных из семян, собранных в нескольких соседних популяциях (Путенихин, 2008). Разрабатывается и проходит стадию производственных испытаний метод "плантационно-обсеменительных культур", закладываемых из небольшого числа высокоурожайных привитых деревьев, способных быстро обсеменить участки крупных гарей, лишенных естественных источников семян главной породы (Тараканов, Ильичев, 2013). Эти и другие методы, вполне приемлемые с лесоводственных позиций, совершенно не изучены с генетической точки зрения. Поэтому оценка генетических эффектов лесовосстановительных мероприятий также входит в рассматриваемую задачу.

Самостоятельным и длительно дискутируемым является вопрос о сохранении генетического потенциала видов древесных растений в ходе их селекции. В отличие от традиционной индивидуальной селекции, узконаправленной на отдельные конкретные хозяйственно-важные или адаптивные признаки, в случае групповой или популяционной селекции первоначальные рекомендации сводились к сохранению в селектируемых популяциях возможно большего уровня полиморфности. В этой связи особенно перспективна популяционная селекция, сводящаяся к отбору лучших плюс-насаждений, оцениваемых по потомствам в популяционных культурах (Тараканов и др., 2001). В отношении более эффективных методов селекции, основанных на интенсивном отборе немногих выдающихся генотипов (индивидуальная селекция, клоновый отбор и т.д.), проблема сохранения генетического полиморфизма в селектируемых популяциях не находит удовлетворительного решения. Такие приемы, как создание "многолинейных" и "многосортовых" искусственных популяций, выращивание генетически мономорфных сортов и гибридов в смеси с деревьями из генетически полиморфных местных популяций, одновременная селекция из одного генетического пула на различные целевые признаки (Multiple Population Breeding System) повышают уровень генетической гетерогенности и устойчивость искусственных насаждений и имеют право на существование и дальнейшее развитие (Eriksson et. al., 2006). Однако они требуют дополнительных затрат и не гарантируют селекционно улучшенным насаждениям столь же высокой устойчивости, которая свойственна "диким" популяциям, в которых естественный отбор неустанно максимизирует приспособленность (Тимофеев-Ресовский и др., 1973). Самый простой выход из этой противоречивой ситуации заключается в выделении генетически обедненных искусственных лесов в отдельную категорию, для которой сохранение высокого уровня генетической изменчивости с целью поддержания устойчивости имеет второстепенное значение. Это обусловлено тем, что будущие сортовые леса планируется выращивать в контролируемых условиях (в том числе и с дополнительным удобрением и ирригацией почвы) на высоком агрофоне по плантационным технологиям, компенсируя снижение их устойчивости соответствующими уходами (Семериков и др., 1998; Шутов и др., 2007; Видякин, 2008; Горошкевич, 2008; Тараканов, 2009).

Последнее упрощает ситуацию, но ставит новые пока не решенные задачи: 1) разработка критериев отнесения лесов к категориям "плантационных" и "естественных"; 2) обоснование предельно допустимых объемов и правил размещения генетически обедненных плантационных лесов.

Предложения по разделению лесов на категории, различающиеся по способу воспроизводства и генетическому потенциалу популяций лесообразующих видов, были выдвинуты ещё в конце прошлого века (Семериков и др., 1998). Согласно цитируемой работы, к категории "плантационных" относятся леса с существенно обедненным в результате селекции генофондом, которые воспроизводятся только искусственным путём. К категории "естественные" относятся естественные, а также и близкие к ним по генетической структуре и производные от них лесные культуры, которые способны к полноценному естественному воспроизводству. При этом они подразделяются на подкатегории, отличающиеся по уровню генетической гетерогенности, способам хозяйствования, методам лесовосстановления, их ресурсно-экологическим функциям и другим параметрам: 1) лесные культуры, созданные из обычных, "нормальных" семян местных насаждений, а также из семян, полученных на лесосеменных участках и плантациях в результате "популяционной" селекции; 2) "направленно-хозяйственные" или "целевые" естественные леса, подверженные хозяйственной деятельности; 3) резервируемые естественные леса (Семериков и др. "О генетико-селекционном аспекте сохранения и улучшения лесов России", 1998; с.35). Очевидно, что уровень трансформации генофонда от 3-й к 1-й из указанных подкатегорий должен нарастать, однако на сегодня этот вопрос практически не изучен и должен входить в качестве дополнительной задачи в настоящую программу. При этом с практической точки зрения на современном этапе исследований наиболее актуально выделение и ограничение объемов создания категории плантационных лесов с сильно обедненной в сравнении с естественными лесами генетической структурой. Поскольку критерии для такого разделения пока не разработаны, это также входит в задачи данной программы.

Вторая из указанных выше проблем обусловлена тем, что чрезмерное замещение естественных лесов на плантационные может привести к снижению генетического потенциала и устойчивости лесов. Критерии оценки оптимального соотношения площадей плантационных и естественных лесов, равно как и правил пространственного размещения первых относительно вторых, также отсутствуют и поэтому планируются к разработке в рамках настоящего проекта.

III. Рациональное использование ЛГР.

Вопрос об эффективности использования генетических ресурсов с целью селекционного улучшения хозяйственно ценных свойств древесных растений чрезвычайно актуален в контексте настоящей программы. Древесные растения крайне неудобны для генетико-селекционных манипуляций в связи с их большими размерами, огромной фенотипической пластичностью и длительным жизненным циклом, обуславливающим позднюю окупаемость затрат. Такие ценные в наших условиях породы как сосна, лиственница и кедр, создают дополнительные сложности тем, что они удовлетворительно размножаются вегетативным способом только методом прививки. Эти особенности вынуждают селекционеров вести отбор прежде всего на быстроту роста, а также предъявляют повышенные требования к эффективности методов селекции и надежности маркировки материала на всех этапах отбора и репродукции.

В России, как и в большинстве других стран, на начальном этапе селекционных программ акцент был сделан на массовый отбор лучших ("плюсовых") деревьев и их генетическую оценку по потомствам от свободного опыления в испытательных культурах. Результаты оценки эффективности массового отбора дали противоречивые результаты, что

объясняется высокой фенотипической пластичностью плюс-деревьев в естественных условиях обитания, низкой наследуемостью признаков при семенном размножении, недостаточным научным сопровождением программ и другими причинами. Вместе с этим, изучение испытательных культур и мировой опыт применения индивидуальной селекции древесных растений свидетельствуют о том, что второй этап отбора, основанный на оценках потомств от свободного и контролируемого опылений, должен быть значительно эффективнее первого. Отмечается также, что испытательные культуры и клоновые плантации плюс-деревьев – удобные объекты для идентификации современными методами генов, отвечающих за селективируемые и адаптивно важные признаки, и быстрого выявления ценных генов и генотипов методом "*marker-assistant-selection*". Эти и другие методы (идентификации генотипов по фенотипам с помощью "фоновых признаков", селекция на взаимодействие "генотип-среда", селекция на гетерозис, микроклональное размножение, "реювенилизация" и клоновый отбор, изучение и использование механизмов регуляции работы эпигенов, геномная селекция и др.) при их дальнейшем развитии и адекватном применении должны существенно ускорить процесс селекции (Драгавцев, 2007; 2012; Путенихин, 2008; Крутовский, 2014). Рентабельность селекционных программ может быть существенно повышена и за счет изменения приоритетов (направлений) селекции с учетом рыночного спроса; например, одни из наиболее быстро окупаемых направлений - отбор на декоративность и семенную продуктивность (Горошкевич, 2008). Некоторые из отмеченных перспективных методов и направлений селекции будут апробированы при решении рассматриваемой задачи.

Особо отметим, что в современных условиях селекционно улучшенный посадочный материал, существенно превышающий по стоимости и качеству обычный, целесообразно использовать для выращивания целевых плантаций по специальным технологиям, гарантирующим высокую окупаемость. Особенности этих технологий: применение селекционно улучшенного крупномерного посадочного материала с закрытыми корнями, невысокая густота насаждений, высокая плодородие почв на уровне не ниже 2-го класса бонитета, сокращенный на 30-50% оборот рубки и др. С учетом этого должны быть переосмыслены "модели сортов", методы и возраст отбора выдающихся деревьев, а также методы их ускоренной генетической оценки в испытательных культурах.

Таким образом, необходимо, опираясь на имеющийся передовой опыт и созданные генетико-селекционные и семеноводческие объекты, существенно модернизировать программы лесного селекционного семеноводства и интегрировать их с программами плантационного лесоводства. Очевидна необходимость перехода к новой эффективной селекции, целью которой будет не абстрактное "генетическое улучшение лесов", а выведение высокопродуктивных и обладающих другими ценными свойствами сортов-популяций, сортов-гибридов, сортов-линий и сортов-клонов, предназначенных для выращивания искусственных высокотехнологичных насаждений в контролируемой среде. При этом необходимо разработать критерии и индикаторы оптимальности соотношения площадей естественных и искусственных лесов для разных регионов.

Ожидаемые результаты:

Основным результатом предложенной подпрограммы будет создание основ для разработки и принятия "Национальной программы изучения, сохранения и рационального использования лесных генетических ресурсов РФ".

В результате исследований, проведенных при разработке и последующей реализации данной подпрограммы, будут получены следующие приоритетные фундаментальные и прикладные достижения (в квадратных скобках – объемы показателей в рамках предложенной подпрограммы при условии адекватного финансирования):

- 1) карты пространственной популяционной структуры (с указанием "предковых" популяций и центров разнообразия) и внутривидовых таксонов лесообразующих видов с описанием основных особенностей их генетической структуры (полиморфность, гетерозиготность, степень дифференциации и др.) [для 1-2 видов];
- 2) перечень и география распространения генов и их комплексов, контролирующих наиболее важные адаптивные и хозяйственно ценные признаки [1-2 признака 1-2 видов];
- 3) алгоритмы селекции на интенсивность роста, устойчивость к лимитирующим факторам, декоративность и другие признаки для различных видов [1-2 алгоритма];
- 4) усовершенствованные правила рубок и лесовосстановления в лесах РФ, гарантирующие сохранение их генетического потенциала и устойчивости, а также модернизированные методы сохранения генетических ресурсов методами *in situ* и *ex situ* [проект программы];
- 5) сорта, линии и гибриды для создания целевых плантаций древесных растений [10-15 сортов клонов и гибридов по признакам декоративности, семенной продуктивности и интенсивности роста в начальный период онтогенеза].

Основные мероприятия подпрограммы:

- 1) анализ изменчивости количественных признаков различной природы (габитуальных, морфологических, анатомических, физиологических, фенологических, биохимических, эпигенетических), фенов, аллозимных и различных ДНК-маркеров в опытных популяциях генетико-селекционных объектов (географических культурах, испытательных культурах, клоновых и семейственных плантациях плюс-деревьев) для выявления адаптивно и селекционно важных генетических и эпигенетических маркеров лесообразующих видов;
- 2) разработка и реализация на примере 1-2 модельных видов древесных растений методики комплексных генетико-генетических исследований популяционной структуры в масштабе их российских ареалов;
- 3) изучение естественных механизмов поддержания оптимального (адекватного лесорастительным условиям) генотипического состава популяций и влияния на него различных естественных и антропогенных факторов, проведение соответствующих натуральных и компьютерных экспериментов с целью оптимизации программ сохранения/консервации лесных генетических ресурсов методами *in situ* и *ex situ*, а также для разработки принципов сохранения/воспроизводства лесных генетических ресурсов при лесоэксплуатации и лесовозобновлении;
- 4) сравнительная оценка генетической структуры в естественных и искусственных лесах различных категорий и компьютерное моделирование рисков "эрозии генофондов" популяций с целью разработки критериев разделения лесов на "оптимально-высоко-полиморфные естественные" и "генетически обедненные плантационные";
- 5) экспериментальные, аналитические и имитационные исследования по обоснованию предельно допустимых объемов и правил размещения плантационных лесов, гарантирующих сохранение популяционной структуры и генетического потенциала лесообразующих видов;
- 6) систематизация достижений отечественного и мирового опыта в области лесной генетики, геномики, селекции и биотехнологии с целью модернизации и интеграции программ лесного сортового семеноводства и плантационного лесоводства.

Авторы проекта программы:

Тараканов В.В., д.с.-х.н., директор, Западно-Сибирский филиал Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН;
Горошкевич С.Н., д.б.н. зав. лаб., Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН;

Политов Д.В., д.б.н., зав. лаб., Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН;
Крутовский К.В., к.б.н., в.н.с., зав. лаб., проф., Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН,
Сибирский Федеральный Университет, Гёттингенский Университет, Техасский университет A&M.

Авторы признательны коллегам, принявшим участие в обсуждении проекта программы и приславшим свои пожелания:

Видякину А.И., д.б.н., в.н.с., Институт биологии Коми НЦ УрО РАН;
Готову Н.В., д.б.н., проф., Марийский государственный университет;
Драгавцеву В.А., д.б.н., проф., акад. РАН, АФИ РАН;
Лукиной Н.В., д.б.н., проф., директор, Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН;
Милютину Л.И., д.б.н., проф., г.н.с., ИЛ СО РАН;
Муратовой Е.Н., д.б.н., проф., зав.лаб., ИЛ СО РАН;
Онучину А.А., д.б.н., проф., директор, ИЛ СО РАН;
Ореховой Т.П. к.б.н., зав. сектором, Биолого-почвенный институт ДВО РАН;
Санникову С.П., д.б.н., проф., г.н.с., БС УрО РАН;
Семерикову В.Л., д.б.н., зав. лаб., Институт экологии растений и животных УрО РАН;
Петровой И.В., д.б.н., проф., зам.директора по науке, БС УрО РАН;
Янковскому Н.К., д.б.н., проф., чл.- корр. РАН, Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Абдуллина Д.С., Петрова И.В. Репродуктивная изоляция и аллозимная дифференциация популяций <i>Pinus sylvestris</i> L. Якутии и смежных стран	6
Акма Б. Новые горизонты природных ресурсов в Евразии: юго-восточная Анатолия и юго-восточный Анатольский проект (GAP) в Турции.....	8
Бажина Е.В. Элементный состав хвои пихты сибирской (<i>Abies sibirica</i> Ledeb.) в различных условиях произрастания	8
Баранов О.Ю., Балюцкас В., Юшкаускайте А., Пантелеев С.В., Падутов В.Е. Молекулярно-генетический анализ полусибирского потомства сосны обыкновенной с различным уровнем экологической пластичности морфологических признаков ...	9
Баранчиков Ю.Н., Устьянцев К.В., Кононов А.В., Блинов А.Г. Использование маркеров митохондриальной ДНК в отслеживании путей распространения уссурийского полиграфа в Сибири	11
Барченков А.П. Изменчивость морфологических признаков лиственницы в некоторых районах Сибири.....	13
Белоконь М.М., Полякова Т.А., Шатохина А.Н., Мудрик Е.А., Белоконь Ю.С., Путинцева Ю.А., Орешкова Н.В., Политов Д.В., Крутовский К.В. Разработка ядерных микросателлитных маркеров сосны кедровой сибирской (<i>Pinus sibirica</i> Du Roi) по данным полногеномного секвенирования	14
Бендер О.Г., Бендер А.Г. Структурно-функциональная организация листа у бореальных видов хвойных: характер и природа разнообразия	16
Благодарова Т.А. Состояние объектов ПЛСБ дуба черешчатого в Белгородской, Воронежской, Курской и Липецкой областях	18
Бондар Е.И., Путинцева Ю.А., Орешкова Н.В., Крутовский К.В. Изучение хлоропластного генома лиственницы сибирской (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.) и разработка полиморфных хлоропластных маркеров	20
Бондарев А.Я. Об ущербе от клена ясенелистного (<i>Acer negundo</i>) и мерах против его распространения	21
Боронникова С.В., Пришневская Я.В., Нечаева Ю.С., Чумак Е.И., Андрианова М.Ю. Молекулярно-генетический анализ и идентификация популяций древесных видов растений Урала	23
Бубякина В.В., Татарина Т.Д., Васильева И.В., Перк А.А., Пономарев А.Г. Некоторые биохимические особенности лиственницы в экстремальном климате Якутии (на примере белков-дегидринов)	25
Вариводина И.Н., Машкина О.С., Вариводин В.А. Качество древесины тополя и осины улучшенных селекционных форм	27
Васильева Г.В., Горошкевич С.Н., Петрова Е.А. Структура разнообразия 5-хвойных сосен Евразии как продукт их сетчатой эволюции	29
Велисевич С.Н., Горошкевич С.Н., Петрова Е.А., Бендер О.Г., Хуторной О.В. Структура маргинальных популяций у лесных древесных растений: генотипы и фенотипы, рост и половая репродукция, продуктивность и устойчивость (на примере кедра сибирского)	31
Видякин А.И. Научные основы восстановления и сохранения лесных генетических ресурсов России	33
Видякин А.И., Боронникова С.В., Пришневская Я.В. Генетическая дифференциация морфофенотипически выделенных популяций сосны обыкновенной на востоке Русской равнины	35

Глотов Н.В., Видякин А.И., Тараканов В.В. Оценка генетической гетерогенности популяций лесообразующих видов древесных растений: методические принципы отбора деревьев и популяций, комплексность и этапность исследований	37
Голиков А.М. Проявление количественных признаков в семенном потомстве у стереоморф плюсовых деревьев ели европейской в связи с густотой посадки	38
Горошкевич С.Н. Уровни организации генетического разнообразия (на примере лесных древесных растений)	40
Горошкевич С.Н., Жук Е.А., Васильева Г.В. Соматические мутации у сибирских видов хвойных как исходный материал для селекции декоративных культиваров	42
Грек В.С., Нечаев А.А., Морин В.А. Лесные стационарные объекты хвойных насаждений с улучшенными генетическими свойствами в Хабаровском крае	44
Гуков Г.В., Костырина Т.В., Розломий Н.Г., Ли М.И. К сохранению и комплексному использованию кедрово-широколиственных лесов Приморского края	46
Гутый Л.Н. Жизненное состояние и рост в высоту сосны скрученной в экспериментальных культурах Республики Коми	48
Добхал С., Кумар А. Генетические стратегии улучшения сохранения экономически важных полигенных признаков у <i>Eucalyptus tereticornis</i> Sm.	50
Драгавцев В.А. Подходы к созданию метода быстрой оценки адаптивных различий моноподиальных хвойных деревьев в естественных популяциях	50
Дударева Л.В., Шмаков В.Н., Семенова Н.В., Макаренко С.П., Константинов Ю.М. Особенности жирнокислотного состава каллусных тканей хвойных	52
Егоров Е.В. Аллозимный полиморфизм и дифференциация популяций сосны обыкновенной в Средней Сибири и Забайкалье	54
Ефимов В.М., Гончаров Н.П. Многомерный анализ климатических рядов в связи с проблемой глобального потепления	56
Жекина Н.В., Rogozin M.B., Комаров С.С. О химическом составе хвои в популяциях ели финской в Пермском крае	58
Жук Е.А., Горошкевич С.Н. Характер и природа адаптивного разнообразия у бореальных видов лесных древесных растений (на примере кедра сибирского)	60
Залесов С.В., Ражанов М.Р., Данчева А.В., Оплетаев А.С. Опыт интродукции деревьев и кустарников в лесном питомнике «Ак Кайын»	62
Зацепина К.Г., Кальченко Л.И., Тараканов В.В., Экарт А.К., Ларионова А.Я. Дифференциация популяций сосны обыкновенной в ленточных борах Алтайского края, выявленная с применением маркеров различной природы	64
Земляной А.И. О программе селекции кедра сибирского (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour) на семенную продуктивность	66
Иванова Ю.Ю. Морфометрический анализ крон деревьев методами фотограмметрии на клоновых плантациях	68
Ильинов А.А., Раевский Б.В. Состояние генофонда сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) в Карелии	69
Ильичев Ю.Н. Состояние клоновых объектов кедра сибирского (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour) Республики Алтай: сохранность и перспективы селекции	70
Ирошников А.И. Реакция лиственницы сибирской (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.) на радиоактивное загрязнение лесов восточного Танну-Ола в Республике Тыва	72

Исаков И.Ю., Исаков Ю.Н., Трегубов О.В. Использование разных схем скрещивания для выявления ценных генотипов берёзы по признакам продуктивности и устойчивости к засухе	73
Исаков Ю.Н., Исаков И.Ю. Оценка фертильности деревьев сосны обыкновенной на объектах ПЛСБ	75
Кабанова С.А., Данченко А.М., Данченко М.А. Наследуемость быстроты роста полусибсовым потомством березы в Северном Казахстане	77
Кальченко Л.И., Бондарев А.Я., Гольченко С.В. О создании и состоянии объектов единого-селекционного комплекса Алтайского края и Республики Алтай	79
Кашкаров Е.П., Поморцев О.А. Количественный подход к стратегии охраны лесов	82
Кириченко Н.И., Лопез-Ваамонде К. ДНК-баркодинг насекомых – потенциальных вредителей леса в Сибири	84
Климов А.В., Прошкин Б.В., Тараканов В.В. Гибриды сибирских тополей: перспективы исследований	85
Клушевская Е.С., Кузнецова Н.Ф. Создание экспериментальной биотест-системы <i>Pinus sylvestris</i> L. для физиолого-биохимических исследований	86
Кострикин В.А. Нормативное правовое обеспечение сохранения лесных генетических ресурсов России	88
Кравченко А.Н., Экарт А.К., Ларионова А.Я. Внутривидовая изменчивость и дифференциация природных популяций ели сибирской (<i>Picea obovata</i> Ledeb.) по микросателлитным локусам	90
Крекова Я.А., Чеботько Н.К. Интродукция <i>Physocarpus</i> Maxim. в Северном Казахстане	91
Крутовский К.В. Геномные и эпигеномные механизмы адаптации лесных древесных видов	93
Кузнецова Г.В. Редкие формы кедра сибирского (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour) байкальской популяции	94
Кузнецова Г.В., Гродницкая И.Д., Макарикова Р.П., Наумова Н.Б., Грек В.С., Дарикова Ю.А., Грачев А.М. Оценка адаптационных возможностей кедровых сосен к различным экологическим факторам в местах их тестирования	96
Кузнецова Н.Ф. Репродуктивный потенциал <i>Pinus sylvestris</i> L. и стратегия выживания вида в условиях и глобального изменения климата	98
Кузьмин С.Р., Роговцев Р.В. Анализ радиального роста и особенностей поздней древесины у сосны обыкновенной в географических культурах Западной и Средней Сибири	100
Кузьмина Н.А., Кузьмин С.Р. Динамика роста климатипов сосны обыкновенной – кандидатов в сорта-популяции в географических культурах	101
Кумар А. Генетическое улучшение показателей роста с целью производства большей биомассы у <i>Gmelina arborea</i> Roxb.	103
Кумар А., Добхал С., Шарма С. Анализ многообразия <i>Dalbergia sissoo</i> Roxb. и стратегия его эксплуатации на семенных плантациях	103
Маленко А.А., Гаврюшов В.И., Роговцев Р.В. Результаты испытаний климатипа сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> subsp. <i>kulundensis</i>) в лесостепной зоне юго-востока Западной Сибири	104
Мартыненко Н.А., Боронникова С.В. Генетическое разнообразие некоторых популяций <i>Populus nigra</i> L. на Южном Урале	106
Матвеева Р.Н., Братилова Н.П., Буторова О.Ф., Щерба Ю.Е. Сохранение генофонда сосны кедровой сибирской в условиях юга Средней Сибири	108

Махнева С.Г. Мужская генеративная система сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения среды	109
Машкина О.С. Динамика роста и сохранности разноплоидных гибридов тополя в условиях Воронежской области	111
Милютин Л.И. Анализ изученности лесных генетических ресурсов Сибири	113
Молородов Ю.И., Тикунова Н.В. Информационно-вычислительная система «Геномика патогенов, переносимых иксодовыми клещами»	115
Мудрик Е.А., Полякова Т.А., Шатохина А.В., Политов Д.В. Разнообразие и географическое распределение гаплотипов гена <i>NAD1</i> на ареале комплекса <i>Picea abies</i> – <i>P. obovate</i>	115
Наквасина Е.Н. Репродуктивные особенности тюменской расы сосны обыкновенной в географических культурах Европейского Севера России	117
Никитенко Е.А. Селекция сосны корейской (<i>Pinus koraiensis</i> Siebold et Zucc.) на семенную продуктивность	119
Новикова Т.Н. Анализ географических культур сосны обыкновенной в западном Забайкалье с целью уточнения лесосеменного районирования	121
Носков В.И., Кулаков В.Е., Юдинцев А.Н. Опыт получения улучшенных семян в Новосибирской области	122
Нохсоров В.В., Дударева Л.В., Чепалов В.А., Перк А.А., Петров К.А. Сезонное содержание жирных кислот липидов у древесных растений Якутии	124
Орехова Т.П. Особенности естественного и искусственного лесовосстановления в кедрово-широколиственных лесах южного Приморья	126
Орешкова Н.В., Путинцева Ю.А., Кузмин Д.А., Шаров В.В., Бирюков В.В., Дейч К.О., Ибе А.А., Шилкина Е.А., Крутовский К.В. Секвенирование и сборка геномов лиственницы сибирской (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.) и сосны сибирской кедровой (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour) и предварительные данные анализа транскриптома	127
Падутов В.Е., Баранов О.Ю., Каган Д.И., Ивановская С.И. Оценка состояния генофонда лесных древесных видов Беларуси	129
Пантелеев С.В., Баранов О.Ю., Шестибратов К.А., Колганихина Г.Б. Молекулярно-фитопатологическая оценка лесного посадочного материала	131
Пардаева Е.Ю., Табацкая Т.М., Машкина О.С. Изучение толерантности деревьев сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) с использованием каллусных культур <i>in vitro</i> в моделируемых стрессовых условиях	133
Перк А.А., Пономарев А.Г., Татарина Т.Д., Васильева И.В., Бубякина В.В. Участие стрессовых белков-дегидринов в формировании морозоустойчивости <i>Pinus sylvestris</i> криолитозоны	135
Петрова Е.А., Горошкевич С.Н. Генетическая изменчивость кедра сибирского (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour): структура и взаимосвязь нейтрального и адаптивного компонентов	137
Петрова И.В., Санников С.Н., Черепанова О.Е. Репродуктивная изоляция и генетическая дифференциация суходольных и болотных популяций <i>Pinus sylvestris</i> L. Западной Сибири и Русской Равнины	138
Политов Д.В. Популяционно-генетические факторы пространственной дифференциации на ареалах хвойных Палеарктики	141
Попов А.Г., Горошкевич С.Н., Суязов Н.С., Хуторной О.В. Стелющиеся виды сосновых как продукт эволюционного номогенеза и адаптивной конвергенции	142
Путенихин В.П. Популяционная структура и сохранение генофонда сосны обыкновенной на Южном Урале	144

Путенихина К.В. Изменчивость генеративных органов кедра сибирского при интродукции в Башкирском Предуралье: селекционные возможности	146
Раевский Б.В., Щурова М.Л. Методика селекционно-генетической оценки клонов сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях	148
Рогозин М.В. Программа селекции хвойных пород в лесосеменном районе	150
Санников С.Н., Егоров Е.В. Выявление и оценка вклада системы плейстоценовых рефугиумов в генофонд <i>Pinus sylvestris</i> L.	152
Санников С.Н., Петрова И.В. Геногеография и генотаксономия популяций <i>Pinus sylvestris</i> L. России	154
.....	
Санников С.Н., Шавнин С.А., Санникова Н.С., Петрова И.В. Генетические и экологические принципы выделения, оценки и классификации генетических резерватов сосны обыкновенной	156
Санникова Н.С., Егоров Е.В. Гипотеза генетической интеграции популяций <i>Pinus sylvestris</i> L. в долине р. Оби вследствие их гидрохории	158
Семериков В.Л., Путинцева Ю.А., Орешкова Н.В., Крутовский К.В. Разработка маркеров митохондриальной ДНК ключевых хвойных видов сибирских бореальных лесов на основе геномного секвенирования и их использование в филогеографии	160
Семерикова С.А., Семериков В.Л. Спонтанная гибридизация пихт в природных популяциях и в культуре, идентификация образцов, роль гибридизации в эволюции рода <i>Abies</i> : данные молекулярно-филогенетического анализа	162
Сиволапов А.И., Благодарова Т.А., Сиволапов В.А. ХГПЗ – устойчивая база сохранения генофондов пойменных и нагорных древостоев дуба черешчатого, ольхи черной, тополя белого и сереющего, осокоря	164
Сулливан А.Р., Ванг Х., Стрит Н. Определения видовых границ в комплексе <i>Picea abies/obovata</i>	166
Тарабукина Н.П., Неустроев М.П., Саввинов Д.Д., Неустроев М.М., Степанова А.М., Парникова С.И. Влияние нефтезагрязнений на микробиоту мерзлотной таежной дерново-карбонатной суглинистой почвы	166
Тараканов В.В., Горошкевич С.Н., Политов Д.В., Крутовский К.В. О разработке проекта национальной программы "Изучение, сохранение и рациональное использование лесных генетических ресурсов России"	168
Титов Е.В. Плантационное ореховодство кедра сибирского на селекционной основе: состояние и перспективы	170
Тихонова И.В. О некоторых подходах к изучению внутривидового разнообразия хвойных по отношению к климатическим факторам роста (на примере сосны обыкновенной)	171
Тихонова Н.А., Тихонова И.В. Индивидуальная изменчивость сосны обыкновенной по признаку засухоустойчивости в лесостепных борах Южной Сибири	173
Третьякова И.Н., Пак М.Э., Иваницкая А.С. Микроклональное размножение <i>Larix sibirica</i> и <i>Larix sukaczewii</i> с использованием биотехнологии соматического эмбриогенеза <i>in vitro</i>	175
Фахрутдинова В.В., Шашкин А.В., Бенькова В.Е. Изменчивость структуры древесных колец лиственницы Гмелина в лесотундровой зоне (п-ов Таймыр)	176
Хантемирова Е.В., Семериков В.Л., Хайнц Б., Князева С.Г. Генетическая изменчивость хлоропластных маркеров в природных популяциях можжевельника обыкновенного (<i>Juniperus communis</i> L.)	178

Христовски Н., Настевска И., Кузнецова Г., Настевска С. Некоторые эндемичные и реликтовые виды на горе Джеблэника, Македония	180
Царев А.П., Царева Р.П. Генетические ресурсы тополя в Центральном Черноземье	180
Чеботько Н.К., Терехова С.В. Объекты селекции по сосне в Казахстане	182
Чемоданов А.В., Свиридова М.С., Квеглис О.Г., Смолькина Д.Е. Причины дефицита улучшенных семян для целей воспроизводства лесов	184
Чернодубов А.И. Плюсовая и популяционная селекция древесных пород	185
Чиндяева Л.Н., Цыбуля Н.В., Тараканов В.В. Межклоновая изменчивость <i>Pinus sylvestris</i> L. по антимикробной активности: перспективы отбора	187
Шейкина О.В., Гладков Ю.Ф., Унженина О.В. Изменчивость микросателлитных локусов в смежных болотных и суходольных популяциях сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) в Республике Марий Эл	189
Шилкина Е.А., Раздорожная Т.Ю., Шеллер М.А. ДНК-диагностика грибных болезней в лесных питомниках Красноярского края	190
Ширнин В.К., Крюкова С.А. Сохранение генофонда и объекты единого генетико-селекционного комплекса дуба черешчатого в Центральном Черноземье	192
Шишкина О.К., Гущин В.А., Сиволапов В.А., Карпеченко Н.А., Шилкина Е.А. Результаты и перспективы применения методов молекулярной генетики в практике лесного хозяйства	193
Шуваев Д.Н., Кальченко Л.И., Дергачев В.И. Идентификация корневой губки (<i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref S.L.) в древостоях сосны обыкновенной Алтайского края методами молекулярно-генетического анализа	195

TABLE OF CONTENTS

Abdullina D.S., Petrova I.V. Reproductive isolation and allozymic differentiation of <i>Pinus sylvestris</i> L. populations in Yakutia and adjacent regions	7
Acma B. New horizons of natural resources in the Eurasia: southeastern Anatolia region and southeastern Anatolia project (GAP) in Turkey	8
Baranchikov Yu.N., Ustyantsev K.V., Kononov A.V., Blinov A.G. Mitochondrial DNA markers in pathway tracing of the four-eyed fir bark beetle invasion in Siberia	12
Baranov O.Yu., Baliuckas V., Juškauskaitė A., Panteleev S.V., Padutov V.E. Molecular genetic analysis of Scots pine half-siblings offspring with different levels of the morphological traits ecological plasticity	10
Barchenkov A.P. Variability of larch morphological traits in some regions of Siberia ...	14
Belokon M.M., Polyakova T.A., Shatokhina A.V., Mudrik E.A., Belokon Yu.S., Putintseva Yu.A., Oreshkova N.V., Politov D.V., Krutovsky K.V. Developing nuclear microsatellite markers in Siberian Stone pine (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour) using whole genome sequencing data	15
Bender O.G., Bender A.G. Structural and functional organization of boreal conifer species leaves: type and origin of diversity	17
Blagodarova T.A. Condition of permanent forest seed stands of English oak in Belgorod, Voronezh, Kursk and Lipetsk regions	19
Bondar E.I., Putintseva Yu.A., Oreshkova N.V., Krutovsky K.V. Study of Siberian larch (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.) chloroplast genome and development of polymorphic chloroplast markers	21
Bondarev A.Ya. About damage from ash-leaved maple (<i>Acer negundo</i>) and measures against its distribution	22
Boronnikova S.V., Prishnivskaya Ya.V., Nechaeva Yu.S., Chumak E.I., Andrianova M.Yu. Molecular genetic analysis and identification of populations of the Urals woody plant species	24
Bubyakina V.V., Tatarinova T.D., Vasilyeva I.V., Perk A.A., Ponomarev A.G. The impact of extreme climate Yakutia on some biological characteristics of larch (case of dehydrin proteins)	26
Chebotko N.K., Terekhova S.V. Objects of pine selection in Kazakhstan	183
Chemodanov A.V., Sviridova M., Kveglis O.G., Smolkina D. The reasons of deficiency of the improved seeds for reproduction of the woods	185
Chernodubov A.I. Plus tree and population selection in tree species	186
Chindyaeva L.N., Tsybulya N.V., Tarakanov V.V. Interclonal variation of <i>Pinus sylvestris</i> L. in antimicrobial activity: promises of selection	188
Dobhal S., Kumar A. Genetic improvement strategies for conservation of polygenic traits of economic importance in <i>Eucalyptus tereticornis</i> Sm.	50
Dragavtsev V.A. The possibility of fast estimation of adaptive polymorphism in natural populations of monopodial coniferous trees	51
Dudareva L.V., Shmakov V.N., Semyonova N.V., Makarenko S.P., Konstantinov Yu.M. Peculiarities of fatty acid composition in some <i>Coniferae</i> callus tissues	53
Egorov E.V. Allozymic polymorphism and differentiation of Scots pine populations in Middle Siberia and Trans-Baikal region	55
Efimov V.M., Goncharov N.P. Multidimensional analysis of climate series in connection with the problem of global warming	57

Fakhrutdinova V.V., Shashkin A.V., Benkova V.E. Variability of the tree rings structure of Gmelin's larch growing within the forest-tundra ecotone (Taymyr)	177
Glotov N.V., Vidyakin A.I., Tarakanov V.V. Estimation of genetic heterogeneity of populations of wood plants species: methodical principles of selection of trees and populations, sequence of research stages	38
Golikov A. Expression of quantitative traits in seedlings of stereomorphs of Norway spruce plus trees in relation to population density	39
Goroshkevich S.N. The levels of genetic diversity organization (case of forest woody plants)	41
Goroshkevich S.N., Zhuk E.A., Vasilyeva G.V. Somatic mutations in Siberian conifer species as source for decorative cultivars breeding	43
Grek V.S., Nechaev A.A., Morin V.A. Forest stationary objects of conifer plantations with improved genetic properties in the Khabarovsk territory	45
Gukov G.V., Kostyrina T.V., Rozlomy N.G., Lee M.I. To the conservation and integrated use of the mixed Stone pine-broadleaf forests in the Primorye region	47
Gutiy L. Logepole pine survival and growth height in experimental plantations in the Komi Republic	49
Hantemirova E.V., Semerikov V.L., Heinze B., Knayzeva S.G. Genetic variation of chloroplast markers in natural populations of common juniper (<i>Juniperus communis</i> L.)	179
Hristovski N., Nastevska I., Kuznecova G., Nastevska S. Some endemic and relict species in mountain of Jablanica, Macedonia	180
Ilinov A.A., Raevsky B.V. The current state of the <i>Pinus sylvestris</i> L. gene pool in Karelia	70
Ilyichev J. Condition of Siberian Stone pine (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour) clonal stands in Altai Republic: conservation and prospects of breeding	71
Isakov I.Yu., Isakov Yu. N., Tregubov O.V. Using different breeding schemes for detection of valuable birch genotypes on the basis of productivity and drought resistance	74
Isakov Yu.N., Isakov I.Yu. Fertility estimation of Scots pine on the areas of permanent forest seed stands	76
Kabanova S.A., Danchenko A.M., Danchenko M.A. Hereditability of the growth rate of the half-sib birch progeny in the Northern Kazakhstan	78
Kalchenko L.I., Bondarev A.Ya., Golchenko S.V. About creation and condition of the stands of integrated genetic-selection complex of Altai region and Altai Republic	81
Kashkarov E.P., Pomortsev O.A. Quantitative approach to the forest conservation strategy	83
Kirichenko N.I., Lopez-Vaamonde C. DNA barcoding of potential forest insect pests in Siberia	85
Klushevskaya E.S., Kuznetsova N.F. Creation of experimental biotest-system of <i>Pinus sylvestris</i> L. for the physiologic-biochemical researchers	87
Kostrikin V.A. Normative legal groundwork for conservation of forest genetic resources of Russia	89
Kravchenko A.N., Ekart A.K., Larionova A.Ya. Intraspecific variability and differentiation of natural populations of Siberian spruce (<i>Picea obovata</i> Ledeb.) by microsatellite loci	91
Krekova Y.A., Chebotko N.K. Introduction of <i>Physocarpus</i> Maxim. in Northern Kazakhstan	92
Krutovsky K.V. Genomic and epigenomic mechanisms of adaptation in the forest tree species	94
Kumar A. Genetic improvement for growth performance to produce higher biomass in <i>Gmelina arborea</i> Roxb.	103

Kumar A., Dobhal S., Sharma S. Diversity analysis for <i>Dalbergia sissoo</i> Roxb. and its strategic exploitation in seed orchards	103
Kuzmin S.R., Rogovtsev R.V. Analysis of radial growth and latewood features of Scots pine in provenance trials in Western and Central Siberia	100
Kuzmina N.A., Kuzmin S.R. Growth dynamics of Scots pine climatypes – candidates into breed-populations in the provenance trial	102
Kuznetsova G.V. Rare form of Siberian Stone pine (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour) of the Baikal population	95
Kuznetsova G.V., Grodnitskaya I.D., Makarikova R.P., Naumova N.B., Grek V.S., Darikova Yu.A., Grachev A.M. Evaluating the adaptation capabilities of Siberian pine and Korean pine to various ecological factors at the testing sites	97
Kuznetsova N.F. Reproductive potential of <i>Pinus sylvestris</i> L. and strategy of species survival in the conditions of global climate change	99
Makhniova S.G. Scots pine male generative system under the conditions of technogenic pollution	110
Malenko A.A., Gavryushov V.I., Rogovtsev R.V. Results of testing the climatype of Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> subsp. <i>kulundensis</i>) in the forest-steppe zone of the south-east of West Siberia	105
Martynenko N.A., Boronnikova S.V. Genetic diversity of some populations of <i>Populus nigra</i> L. in the South Ural	107
Mashkina O.S. Growth dynamics and survival of heteroploid poplar hybrids in Voronezh region	112
Matveeva, R.N., Bratilova N.P., Butorova O.F., Scherba Ju.E. Preservation of the gene pool of Siberian Stone pine in south of Central Siberia	108
Milyutin L.I. Analysis of siberian forest genetic resources study	114
Molorodov Yu., Tikunova N. Computer information system "Genomics of ticks borne pathogens"	115
Mudrik E.A., Polyakova T.A., Shatokhina A.V., Politov D.V. Diversity and spatial distribution of <i>NAD1</i> gene haplotypes across the <i>Picea abies</i> – <i>P. obovata</i> species complex range	116
Nakvasina E.N. Reproductive features of Tjumen race Scotch pine provenance in European North of Russia	118
Nikitenko E.A. <i>Pinus koraiensis</i> breeding for seed productivity	120
Nokhsorov V.V., Dudareva L.V., Chepalov V.A., Perk A.A., Petrov K.A. Seasonal content of lipids fatty acids in arboreal plants of Yakutia	125
Noskov V.I., Kulakov V.Ye., Yudintsev A.N. Experience of obtaining of improved seeds in Novosibirsk region	123
Novikova T.N. Analysis of Scots pine provenances trial in the west Zabaikalie with a view to specification of forest seed sources regionalization	122
Orekhova T.P. The peculiarities of natural and man-made reforestation in Korean pine broadleaved forests of south Primorye	127
Oreshkova N.V., Putintseva Yu.A., Kuzmin D.A., Sharov V.V., Biryukov V.V., Makolov S.V., Deych K.O., Ibe A.A., Shilkina E.A., Krutovsky K.V. Genome sequencing and assembly of Siberian larch (<i>Larix sibirica</i> Ledeb.) and Siberian pine (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour) and preliminary transcriptome data	128
Padutov V.E., Baranov O.Yu., Kagan D.I., Ivanovskaya S.I. Evaluation of the gene pool state of forest tree species in Belarus	130
Pantelev S.V., Baranov O.Yu., Schestibratov K.A., Kolganihina G.B. Molecular phytopathological assessment of forest planting material	132

Pardayeva E.Yu., Tabatskaya T.M., Mashkina O.S. Study of tolerance of Scots pine trees (<i>Pinus sylvestris</i> L.) using callus cultures <i>in vitro</i> in modeled stress conditions	134
Perk A.A., Ponomarev A.G., Tatarinova T.D., Vasilyeva I.V., Bubyakina V.V. Concern of stress protein dehydrin in the frost hardiness development of <i>Pinus sylvestris</i> in cryolithozone	136
Petrova E.A., Goroshkevich S.N. Genetic variation in Siberian Stone pine (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour): structure and relation of neutral and adaptive components	138
Petrova I.V., Sannikov S.N., Cherepanova O.E. Reproductive isolation and genetic differentiation of dry land and bog <i>Pinus sylvestris</i> L. populations in Western Siberia and Russian Plain	140
Politov D.V. Population genetic factors of spatial differentiation across the ranges of Palearctic conifers	141
Popov A.G., Goroshkevich S.N., Suyazov N.S., Khutornoy O.V. Dwarf pine species as a product of evolution nomogenesis and adaptation convergence	143
Putenikhin V.P. Population structure and gene pool preservation of Scots pine in the South Urals	145
Putenikhina K.V. Variability of generative organs in Siberian Stone pine under the conditions of introduction in Bashkir Cis-urals: possibilities for selection	147
Raevsky B.V., Schurova M.L. Breeding and genetic assessment procedure for Scotch pine clones in seed orchards	149
Rogozin M.V. Breeding programs coniferous species in forest seed district	151
Sannikov S.N., Egorov E.V. Revelation and estimation of contribution of pleistocene refugiums systems into <i>Pinus sylvestris</i> L. gene pool	153
Sannikov S.N., Petrova I.V. Genogeography and genotaxonomy of <i>Pinus sylvestris</i> L. populations in Russia	155
Sannikov S.N., Shavnin S.A., Sannikova N.S., Petrova I.V. Genetic and ecologic principles of isolation, estimation and classification of Scots pine genetical reservations	157
Sannikova N.S., Egorov E.V. Hypothesis of genetic integration of <i>Pinus sylvestris</i> L. populations in the valley of the Ob river based on their hydrochory	159
Semerikov V.L., Putintseva Y.A., Oreshkova N.V., Krutovsky K.V. Development of mitochondrial DNA markers in key siberian boreal forest conifer species based on genome sequencing and their use in phylogeography	161
Semerikova S.A., Semerikov V.L. Spontaneous hybridization of firs in natural populations and in culture, identification of specimens, role of hybridization in the evolution of the genus <i>Abies</i> : data of the molecular phylogenetic analysis	163
Shilkina E.A., Razdorozhnay T.Yu., Sheller M.A. DNA-diagnostics of fungal diseases in forest nurseries in Krasnoyarsk region	191
Shirnin V.K., Kryukova S.A. Preservation of the gene pool and objects unified genetic-breeding complex of common oak in the Central Chernozem	192
Shishkina O.K., Gushchin V.A., Sivolapov V.A., Karpechenko N.A., Shilkina E.A. Results and perspectives of molecular genetics methods in forest management	194
Shuvaev D.N., Kalchenko L.I., Dergachev V.I. Identification of <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref S.L. in the stand of trees of Scots pine in Altay region by methods of DNA-analysis	196
Sivolapov A.I., Blagodarova T.A., Sivolapov V.A. Khopersky State Nature Reserve – sustainable basis to preserve the gene pool of flood and mountain plantations of English oak, black alder, white, gray and black poplar	165
Sullivan A.R., Wang X., Street N. Species delimitations within the <i>Picea abies/obovata</i> complex	166

Tarabukina N.P., Neustroev M.P., Savvinov D.D., Neustroev M.M., Stepanova A.M., Parnikova S.I. Effects of oil contaminations on microbiota of permafrost taiga soddy-carbonate loamy soils	167
Tarakanov V.V., Goroshkevich S.N., Politov D.V., Krutovsky K.V. Development of the national program on studying, conservation and rational use of forest genetic resources in Russia	169
Tikhonova I.V. On some approaches to study of intraspecific diversity of coniferous species in relation to climatic factors of growth (case of Scots pine)	172
Tikhonova N., Tikhonova I. Individual drought resistance variation of <i>Pinus sylvestris</i> L. in the forest-steppe pine forests of South Siberia	174
Tretyakova I.N., Park M.E., Ivanitskaya A.S. Microclonal propagation of <i>Larix sibirica</i> and <i>Larix sukaczewii</i> by somatic embryogenesis <i>in vitro</i> biotechnology	176
Tsarev A.P., Tsareva R.P. Poplars genetic resources of the Central Chernozem region ..	181
Varivodina I.N., Mashkina O.S., Varivodin V.A. Wood quality of selectionally improved varieties of poplar and aspen	28
Vasilyeva G.V., Goroshkevich S.N., Petrova E.A. Variation structure of 5-needle pines of Eurasia as a product of their reticulate evolution	30
Velisevich S.N., Goroshkevich S.N., Petrova E.A., Bender O.G., Khutornoi O.V. Structure of marginal populations of forest trees: genotype and phenotype, growth and sexual reproduction, productivity and sustainability (case of the Siberian Stone pine)	32
Vidyakin A.I. Scientific grounds of restoration and preserving of forest genetic resources in Russia	34
Vidyakin A.I., Boronnikova S.V., Pryshnivskaya Ya.V. Genetic differentiation of the morpho-phenotypically identified populations of <i>Pinus silvestris</i> L. in the east of the Russian plain	36
Zalesov S.V., Razhanov M.P., Dancheva A.V., Opletaev A.S. Introduction of trees and shrubs in the forest tree nursery “Ak Kajin”	63
Zatsepina K.G., Kalchenko L.I., Tarakanov V.V., Ekart A.K., Larionova A.Ya. Differentiation of Scots pine populations in tape pine forests of Altai region revealed using different markers	65
Zemlyanoy A.I. Program of Siberian Stone pine (<i>Pinus sibirica</i> Du Tour) breeding for seed production efficiency	67
Zhekina N.V., Rogozin M.V., Komarov S.S. On the chemical composition of pine needles in the populations Finnish spruce in Perm krai	59
Zhuk E.A., Goroshkevich S.N. The pattern and the basis of adaptive variation in boreal forest tree species (case of <i>Pinus sibirica</i>)	61

Научное издание

СОХРАНЕНИЕ ЛЕСНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ СИБИРИ

Материалы 4-го Международного совещания

Редакторы:

В.В. Тараканов
К.В. Крутовский
С.Р. Кузьмин
И.В. Тихонова

Ответственный за выпуск В.В. Тараканов

Подписано в печать 10.08.2015

Бумага тип. 80 г/м²

Отпечатано на ризографе.

Тираж 170 экз.

Формат А4

Уч.-изд.л. 20,01

Заказ № 459

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

660036 Красноярск, Академгородок, 50, строение 28

Типография И.П. Дворядкин Б.В. "Борис и К", тел. 290-72-32