

УДК 630*11: 630*181.28:581.15:582.47

С. М. Лазарева

ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ СОСНОВЫХ В КУЛЬТУРЕ EX SITU В ПОДЗОНЕ ЮЖНОЙ ТАЙГИ

Представлены результаты исследований динамики сезонного развития, зимостойкости, засухоустойчивости, влияния количества осадков и сумм активных температур $+10^{\circ}\text{C}$ на величину текущих приростов побегов второго порядка, возраста возмужалости, мужской и женской генеративной сфер, семян местной семенной репродукции 29 экзотов и трех местных видов семейства *Pinaceae*.

Ключевые слова: Сосновые; культуры ex situ; изменчивость; устойчивость.

Введение. Современные представители семейства Сосновые (*Pinaceae* Lindl.) насчитывают 228 видов, объединенных в 11 родов, 3 подсемейства [1]. На текущий момент База данных сосудистых растений Королевских ботанических садов [2] содержит информацию о 265 видах (в т.ч. 17 нотовидах), 21 подвиде, 92 разновидностях и 3 формах Сосновых. Наиболее крупными родами являются *Pinus* L. (169 таксонов), *Abies* Mill. (85) и *Picea* A. Dietr. (58). Многие Сосновые являются важнейшими лесообразующими породами, выполняют средообразующие, водорегулирующие, почвозащитные, углероддепонирующие и другие функции, пользуются широким коммерческим спросом, несут эстетические и духовные ценности. Усиление антропогенной нагрузки и экологического кризиса привели к угрозе исчезновения 55 видов Сосновых, еще 31 вид находится в состоянии, близком к угрожающему [3]. Решение проблемы сохранения их биоразнообразия может идти несколькими путями: вывод из эксплуатации популяций редких и исчезающих видов и создание на этих площадях особо охраняемых природных территорий; создание плантационных культур наиболее ценных лесопромышленных пород с выводом

из эксплуатации важнейших экологических, эстетических, научных, рекреационных и религиозных насаждений естественного и искусственного происхождения; введение в культуру ex situ. Приоритета не может иметь ни один из подходов, только разработка комплексной программы сохранения биоразнообразия может предотвратить их исчезновение.

Интродукция древесных растений имеет более чем тысячелетнюю историю. Неудивительно, что интродукторами разработаны многочисленные методы и методики, объединяемые сегодня в группы методов предварительного изучения и выбора исходного материала, его мобилизации, освоения растений в культуре и подведения итогов [4].

Ботанический сад-институт ПГТУ (далее БСИ) имеет 74-летний опыт интродукции древесных растений. В данной статье обсуждаются основные результаты работы по интродукции и акклиматизации представителей родов *Pinus*, *Picea*, *Abies* и *Pseudotsuga*, что и было основной целью.

Объектами исследования были представители трех подсемейств: *Pinoideae* Pilg. (*Pinus* L., *Picea* A. Dietr.), *Laricoideae* Melcioret Werermann (*Pseudotsuga* Carriere), *Abietoideae* Pilg.

Таблица 1

Краткая характеристика объектов исследования

Название таксона (№ образца)	Происхождение	Возраст на 2013 г., лет	Средняя много- летняя зимостой- кость, балл	Зона темпера- турной устойчи- вости*
1	2	3	4	5
<i>Pinus peuce</i> Griseb.	ГЛТА, г. Санкт-Петербург, семена	40	1,00	V
<i>Pinus strobus</i> L. (1-♂, ♀)	г. Вильнюс, семена	46	1,00	III
<i>P. strobus</i> (2)	г. Саласпилс, семена	15	1,00	
<i>Pinus cembra</i> L.	Ивано-Франковская обл., растения	40	1,00	V
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	Пермский край, растения	25	1,00	
<i>Pinus koraiensis</i> Siebold et Zucc.	Дальний Восток, семена	59	1,00	III
<i>Pinus mugo</i> Turra	Липецкая ЛОСС, семена	46	1,00	II
<i>Pinus banksiana</i> Lamb. (1)	Орловская ЛОСС, семена	72	1,00	II
<i>P. banksiana</i> (2)	Первая местная семенная репродукция	13	1,00	
<i>Pinus pumila</i> (Pall.) Regel	Магаданская обл., семена	36	1,00	V
<i>Pinus sylvestris</i> L. (K)	Растения местной семенной репродукции	~150	1,00	II
<i>Abies alba</i> Mill. (1)	Ивано-Франковская обл., растения	38	2,4	VI
<i>A. alba</i> (2)			1,9	
<i>Abies balsamea</i> (L.) Mill.	Липецкая ЛОСС, растения	68	1,00	III
<i>Abies concolor</i> (Gordon) Lindl. ex Hildebr. (1)	Липецкая ЛОСС, растения	43	1,03	V
<i>A. concolor</i> (2)	г. Прага, семена	25	1,00	
<i>Abies fraseri</i> (Pursh) Poir.	Липецкая ЛОСС, растения	43	1,00	IV-V
<i>Abies holophylla</i> Maxim.	Липецкая ЛОСС, растения	43	1,00	V-VI
<i>Abies lasiocarpa</i> (Hook.) Nutt.	Липецкая ЛОСС, растения	43	1,06	II
<i>Abies nephrolepis</i> (Trautv. ex Maxim.) Maxim.	Неизвестно	~ 63	1,00	III
<i>Abies sibirica</i> subsp. <i>semenovii</i> (B. Fedtsch.) Farjon	БС ННГУ, растения	54	1,00	-
<i>Abies veitchii</i> Lindl.	Липецкая ЛОСС, растения	45	1,03	III
<i>Abies sibirica</i> Ledeb. (K)	Местный вид, семена	~ 70	1,00	II-V
<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	Карпаты, растения	36	1,00	III-VIII
<i>Picea asperata</i> Mast.	ГБС, г. Москва, растения	31	1,14	VI
<i>Picea x fennica</i> (Regel) Kom. (K)	Местный вид, семена	~ 80	1,00	-
<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	ГБС, г. Москва, растения	33	1,00	III
<i>Picea glehnii</i> (F. Schmidt) Mast.	Неизвестно	~58	1,00	VI
<i>Picea jezoensis</i> (Siebold et Zucc.) Carrière	Дальний Восток, семена	63	1,01	V
<i>Picea mariana</i> (Mill.) Britton, Sterns et Poggenb.	ГБС, г. Москва, растения	35	1,00	III
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	Башкирия, растения	48	1,00	II
<i>Picea omorika</i> (Pancic) Purk.	ГБС, г. Москва, растения	33	1,02	V
<i>Picea pungens</i> Engelm.	Липецкая ЛОСС, растения	57	1,00	III
<i>Picea rubens</i> Sarg.	ГБС, г. Москва, растения	32	1,00	III
<i>Picea schrenkiana</i> Fisch. et C.A.Mey.	г. Хорог, растения	31	2,15	VI
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	Первая местная семенная репродукция	34	1,00	V

Примечания: ГЛТА – Государственная лесотехническая академия; г. – город; обл. – область; ЛОСС – Лесная опытная селекционная станция; БС – ботанический сад; ННГУ – Нижегородский государственный университет; ГБС – Главный ботанический сад РАН; * – по Энциклопедии Сосновых [5]; (K) – контроль

(*Abies* Mill.) II–VI зон температурной устойчивости [5] (табл. 1).

Методики. Определение ботанической достоверности образцов проводили подеревно методом сравнительного морфологического анализа по имеющимся источникам [5–14]. Номенклатура выверена по «The Plant List» [2], зимостойкость – по семибалльной шкале ГБС [15], фенологические наблюдения – по методике фенонаблюдений для ботанических садов СССР [16]. Линейные размеры текущего прироста побега, сеянцев, шишек – с точностью до 0,1 см, показатели массы – весовым способом с точностью до 0,01 – 0,0001 г, жизнеспособность пыльцы – по С.С. Пятницкому [17]. Массу 1000 семян – расчетным способом исходя из количества и массы семян, содержащихся в шишке. Водоудерживающую способность хвои – весовым способом по времени потери 50 % содержащейся в ней воды [18]. Обработка полевых материалов – с помощью пакета анализа прикладной программы Excel. Уровень индивидуальной изменчивости – по Г.Н. Зайцеву [19], эндогенной – по С.А. Мамаеву [20]. Доля влияния фактора на уровень изменчивости признака – по Н.А. Плохинскому [21]. Статистические показатели рассчитаны на 95-процентном уровне надежности.

Результаты и обсуждение. Основные показатели климата территории расположения БСИ за период 1968–2010 гг. следующие [22]. Среднегодовая температура воздуха составляет $+3,6 \pm 0,19^\circ\text{C}$, сумма осадков – $580 \pm 30,2$ мм, в том числе 206 мм приходится на зимний период, 379 мм – на теплый период (далее – ПТ), 307 мм – период вегетации (далее – ПВ) и 250 мм – период активной вегетации (далее – ПАВ). Абсолютный температурный минимум – $(-44,6^\circ\text{C})$, максимум – $(+40,1^\circ\text{C})$. ПТ длится $216 \pm 2,3$ дня, ПВ – $175 \pm 2,4$ дня, ПАВ – $138 \pm 2,4$ дня. Средние даты перехода среднесуточных

температур через $+0^\circ\text{C}$ приходится весной на 29/III, осенью – 01/XI, через $+5^\circ\text{C}$ – 16/IV и 07/X, через $+10^\circ\text{C}$ – 07/V и 21/IX. Из анализируемых 43 лет 4,5 % были переувлажненными, 23 % – с достаточным увлажнением, 14 % – со средним увлажнением, 42 % – с недостаточным увлажнением, 7 % – со слабой засухой, 7 % – со средней засухой и 2,5 % – с сильной засухой в ПАВ. Таким образом, основными лимитирующими факторами для прохождения полного цикла сезонного развития хвойных интродуцентов в БСИ являются зимние и летние температурные экстремумы, частая повторяемость комплекса условий недостаточного увлажнения.

Соответствие климата пункта интродукции биологическим свойствам и физиологическим характеристикам экзотов оценим по соответствию динамики сезонного развития, зимостойкости, засухоустойчивости, сравнительной характеристике ростовых процессов побегов второго порядка в годы с разными типами увлажнения вегетационного периода, возрасту вступления в генеративную фазу развития, возможности получения семенного потомства.

Все объекты исследования проходили полный цикл сезонного развития [22]. Набухание вегетативных почек приходилось в среднем на 26/IV, начало видимого роста побегов – на 11/V, хвоя вызревала к 23/VI (у сосен – 15/VII), побеги заканчивали рост к 28/VI, полностью одревесневали к 14/VII. Погодичная изменчивость календарных дат наступления отдельных фаз сезонного развития небольшая или входит в нижнюю норму варьирования. Дисперсионный анализ показал высокую долю влияния температурного фактора на уровень изменчивости фенодат (например, для рода *Picea* – от 78,7 (*P. pungens*) до 97,1 % (*P. mariana*)).

Анализ соотношения ранних, совпадающих и поздних ритмотипов фенофаз с

местными видами родовых комплексов позволил предварительно отнести к перспективным С. Банкаса, С. горную, Е. колючую, Е. Глена, П. белую, П. Семенова, П. бальзамическую; условно перспективным – С. веймутову, С. сибирскую, С. корейскую, С. румелийскую, С. низкую, Е. красную, Е. канадскую, Е. сербскую, Е. черную, Е. сибирскую, Е. Шренка, П. Фразера, П. цельнолистную, П. одноцветную, П. субальпийскую; к малоперспективным – С. европейскую, Е. шероховатую, Е. аянскую, П. Вича, П. белокожую.

Н.А. Базилевская [23] отмечала, что интродуценты можно условно разделить на две группы – меняющие и не меняющие с возрастом феноритмотип при выращивании в культуре *ex situ*. Первые будут иметь положительные перспективы дальнейшего культивирования, вторые – отрицательные. Ритм сезонного развития древесных растений меняется с возрастом, что является их общим биологическим свойством. Полагаем, что и изменения климата также должны накладывать отпечаток на динамику сезонного развития растений. Построенные линии тренда фенодат за весь период наблюдений и сравнение с местными видами родовых комплексов показали, что сдвиги сроков наступления отдельных фенофаз наблюдаются у всех изученных объектов, но имеют разнонаправленный характер. Отрицательные последствия могут проявиться у Е. аянской, Е. шероховатой, Е. Шренка, П. белой, П. одноцветной, С. веймутовой, С. румелийской; условно отрицательные – Е. Глена, Е. сербской, Е. колючей, П. бальзамической, П. субальпийской, П. Вича, П. белокожей, С. сибирской, С. низкой, С. горной; положительные – Е. канадской, Е. сибирской, Е. красной, Е. черной, П. Фразера, П. Семенова, П. цельнолистной, С. Банкаса, С. европейской и С. корейской.

Приведенные в табл. 1 баллы средней

многолетней зимостойкости показывают, что выбор таксонов, определение регионов-доноров и тип мобилизационного материала для рода *Pinus* были сделаны безошибочно. Опыт интродукционного испытания представителей родов *Picea* и *Abies* выявил преимущества мобилизации семенного материала перед целыми растениями (*A. concolor*), особенно привозимыми из регионов естественного произрастания (*A. alba*, *P. schrenkiana*).

Засухоустойчивость, оцененная по водоудерживающей способности хвои (времени потери 50% содержащейся в изолированной хвое воды, далее – ВУС), различна как у отдельных видов, так и у родовых комплексов в целом. ВУС хвои сосен варьирует в широких пределах (25,0–199,7 ч) при средних значениях 29,5 ч (*P. banksiana*) – 187,5±8,93 ч (*P. sibirica*). Индивидуальная изменчивость признака входит в нижнюю норму варьирования, исключение – образцы хвои *P. strobus* 2 и *P. cembra*. В пределах одной секции хвоя разных видов сосен имеет сходные значения ВУС, не отличающиеся на статистически достоверном уровне, но достоверно отличаются между секциями: *Quinquefolia* (подсекции *Cembrae*, *Strobi*), *Pinus*, *Contortae*. Дисперсионный анализ показал, что сексуализация деревьев одного образца и происхождение образцов *P. strobus* не влияют на уровень изменчивости ВУС, в то же время происхождение (или возраст) растений *P. banksiana* на 85,7 % определяют уровень изменчивости ВУС хвои. Показатели изменчивости скорости водоотдачи детерминируются принадлежностью растений к секции (67,8 %) и видовой специфичностью (для двухвойных сосен – 94,9 %). Доля влияния индивидуальных особенностей деревьев сосны определяется в группах не менее 19 экземпляров. Последнее позволило выделить в интродукционных популяциях *P. peuce* и *P. koraiensis* деревья устойчивой, промежу-

точной и чувствительной к обезвоживанию хвои категорий по критерию $t_{50} \pm \sigma$.

В родовом комплексе *Abies* показатели ВУС хвои варьировали от 2,6 до 80,0 ч при средних значениях $17,5 \pm 1,05$ ч (*A. nephrolepis*) до $72,5 \pm 1,54$ ч (*A. holophylla*). В пределах одной секции имеющиеся образцы хвои имели статистически недостоверно отличающиеся значения ВУС (исключения: П. Семенова от контроля и П. одноцветная разного происхождения). Уровень индивидуальной изменчивости признака входит в норму варьирования, за исключением образцов хвои *A. balsamea* ($V=56,6$ % – большой уровень изменчивости). Дисперсионный анализ выявил влияние происхождения образцов *A. concolor* (69,0 %), видовой специфичности (84,8 %) и индивидуальных особенностей деревьев *A. nephrolepis* (70,7 %), *A. fraseri* (72,4 %), *A. lasiocarpa* (98,3 %) на уровень изменчивости скорости водоотдачи изолированной хвои пихт.

ВУС елей колебалась от 6,0 ч (*E.* шероховатая) до 89,4 ч (*E.* колючая) при средних значениях от $15,3 \pm 2,38$ ч (*E.* шероховатая) до $38,3 \pm 6,06$ ч (*E.* сербская). Уровень индивидуальной изменчивости признака в пределах нижней нормы варьирования отмечен у *E.* сибирской и *E.* аянской, в пределах верхней нормы – *E.* Глена, *E.* красной, *E.* канадской и *E.* сербской. Большой уровень индивидуальной изменчивости ВУС характерен для *E.* шероховатой, очень большой – *E.* колючей. В целом, показатели ВУС представителей кланды III выше, чем у видов V кланды. Таким образом, сравнительно высокой засухоустойчивостью характеризуются пятихвойные кедровые и веймутовы сосны, пихты из секций *Momi* и *Grandis*, ели из кланды III и *P. menziesii*.

Для характеристики закономерностей ростовых процессов остановимся на анализе роста в длину побегов второго порядка (далее – Пб) нижнего яруса кроны, т.к. здесь сглаживается эффект

апикального доминирования, глубокого водного дефицита апексов по сравнению с нижними частями кроны из-за разности в высоте подъема водного столба, максимальной инсоляции и скорости токов воздушных масс.

В 1998–2012 гг. длина текущего прироста Пб пихт варьировала от 0,8 до 19,8 см при средних значениях $3,1 \pm 1,0$ см (*A. nephrolepis*, 2011 г.) – $13,8 \pm 0,93$ см (*A. lasiocarpa*, 2005 г.). Уровень индивидуальной изменчивости анализируемого признака в подавляющем большинстве случаев входил в норму варьирования. Большой уровень изменчивости длины текущего прироста Пб был отмечен для *A. concolor* 1, 2005 г., *A. alba* 2, 2003 г., *A. fraseri*, 2012 г., *A. nephrolepis*, 2004, 2008, 2011 гг., *A. sibirica* subsp. *semenovii*, 2004 г., *A. sibirica*, 2002, 2004 гг. Дисперсионный анализ показал, что на изменчивость длины годового прироста Пб изученных образцов пихт за анализируемый период времени влияет видовая специфичность (25,1 %) и условия его формирования (27,0–42,4 %). Видовая специфичность пихт одной континентальной принадлежности не доказывается однозначно как фактор, влияющий на изменчивость длины Пб, как и условия его формирования в секциях *Abies*, *Momi* и *Grandis* (из-за представленности всего одним видом). Однако в группе североамериканских пихт и из секции *Balsamea* условия формирования Пб вносят значительный вклад в изменчивость его длины – 56,0–60,0 и 37,0–60,1 % соответственно.

Корреляционный анализ (рис. 1) показал наличие положительной связи длины текущего прироста Пб и количества выпавших осадков за предшествующий год. Связи величины текущего прироста Пб с суммой активных температур $+10^\circ\text{C}$ предшествующего вегетационного периода отрицательные умеренной силы для всех изученных образцов, исключение – *A. alba*, особенно у растений низкой

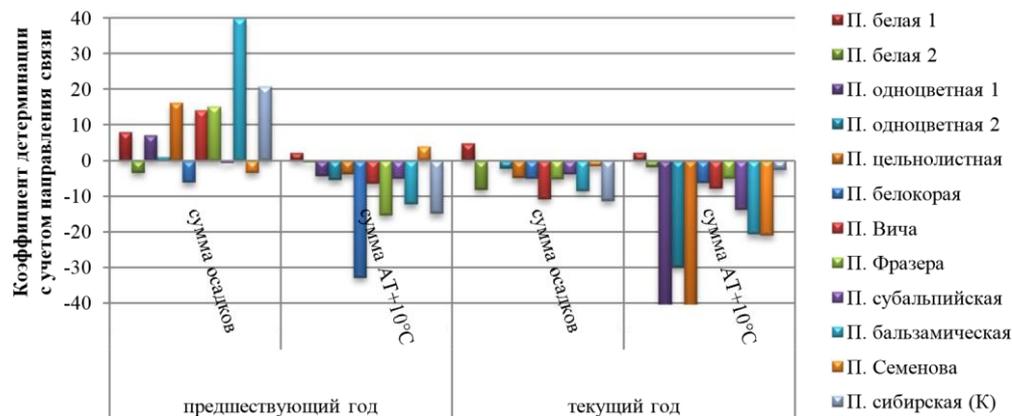


Рис. 1. Детерминация длины текущего прироста побега второго порядка пихт от сумм осадков и $AT+10^{\circ}C$ предшествующего и текущего лет

зимостойкости. Анализируемый показатель положительно коррелирует с суммой осадков, выпавших за период скрытого роста Пб: слабо у пихт секции *Balsamea* ($r=0,21-0,28$), умеренно у пихт секций *Alba* и *Grandis* ($r=0,35-0,48$), средне – *A. holophylla* ($r=0,51$).

В целом величина среднего текущего прироста Пб пихт определяется количеством выпавших осадков за период с окончания видимого роста побега предшествующего вегетационного периода у *A. balsamea* (39,9 %), *A. sibirica* (20,9 %), *A. holophylla* (16,4 %), *A. fraseri* (15,3 %) и *A. veitchii* (14,2 %). Отрицательное влияние больших значений сумм $AT+10^{\circ}C$ на анализируемый признак выявлен для *A. nephrolepis* (32,8 %), *A. fraseri* (15,2 %), *A. sibirica* (14,8 %) и *A. balsamea* (12,3 %).

В период скрытого и видимого линейного роста – для *A. holophylla* (44,4 %), *A. concolor* 1 (41,2 %), *A. concolor* 2 (29,8 %), *A. sibirica* subsp. *semenovii* (20,9 %), *A. balsamea* (20,6 %) и *A. lasiocarpa* (13,7 %).

Длина текущего прироста Пб елей в 2001–2012 гг. варьировала от 0,8 (*P. jezoensis*, 2011 г.) до 24,3 см (*P. asperata*, 2004 г.) при средних значениях $1,3 \pm 0,15$ см (*P. glehnii*, 2011 г.) – $19,8 \pm 2,65$ см (*P. pungens*, 2001 г.). Уровень индивидуальной изменчивости анализируемого признака входил в норму варьирования у североамериканских, европейских и большинства дальневосточных елей, большой уровень варьирования выявлен для *P. jezoensis* и *P. asperata*. Преобладали асимметричные кривые распределения

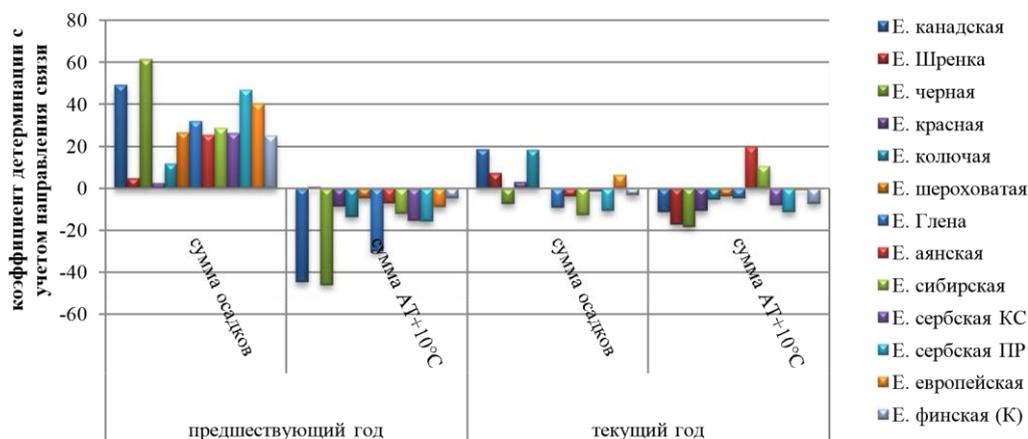


Рис. 2. Детерминация длины текущего прироста побега второго порядка елей от сумм осадков и $AT+10^{\circ}C$ предшествующего и текущего лет

средней длины текущего прироста Пб изученных образцов елей.

Корреляционный анализ показал (рис. 2) наличие отрицательной связи длины Пб елей и суммы $AT+10^{\circ}C$.

Количество выпавших осадков за предшествующий росту побега вегетационный период имеет положительную корреляцию. Во время линейного роста Пб разные виды показали различные связи с количеством выпавших осадков за соответствующий период года. В целом длина текущего прироста Пб елей определяется повышенной суммой осадков предшествующего росту периода вегетации с момента окончания роста побега (исключение – Е. красная, Е. Шренка и Е. колючая). В период линейного роста нуждаются в осадках Е. канадская, Е. колючая. Отрицательная реакция на избыточное количество осадков обнаружена для Е. сербской и Е. сибирской. Для остальных видов количество выпадающих осадков на территории Республики Марий Эл можно принять за оптимальное. Недостаток тепла во время роста Пб испытывают Е. сибирская и Е. аянская. Отрицательное влияние повышенных температур в период роста Пб испытывают Е. красная, Е. канадская, Е. сербская, Е. Шренка, Е. аянская 1 и Е. черная.

Повышенный температурный фон в период закладки Пб отрицательно сказывается на его росте в следующем вегетационном периоде у всех изученных образцов, особенно сильно – на Е. Глена, Е. канадской и Е. черной.

Двухфакторный дисперсионный анализ подтверждает большую долю влияния видовой специфичности (60,1–62,5 %) на уровень изменчивости длины текущего прироста Пб елей по сравнению с фактором года (20,3–22,4 %). Однофакторный дисперсионный анализ показал, что отдельные биотипы изученных образцов родового комплекса *Picea* имеют высокую чувствительность к климатическим условиям в период закладки и формирования побега. Например, дерево № 5 Е. красной – на 94,0, Е. Шренка № 1 – на 86,0 %, Е. канадская №№ 7, 8 – на 87,2 и 58,7 % соответственно.

Длина годового прироста Пб сосен варьировала от 0,6 (*P. peuce*, 2009–2011 гг.) до 28,6 см (*P. banksiana* 1, 2009 г.) при средних значениях $2,0 \pm 0,41$ (*P. koraiensis*, 2005 г.) – $22,0 \pm 2,17$ см (*P. banksiana*, 2009 г.). Уровень индивидуальной изменчивости входил в норму варьирования только у С. Банка и С. горной. Для остальных образцов обнаружено преобладание большого и очень

Таблица 2

Дисперсионный анализ длины текущего прироста побегов второго порядка образцов рода *Pinus*

Название секции, подсекции	Источник вариации	F _{эмпирический}	F _{критический}	Доля влияния, %
<i>Pinus</i>	год	2,40	2,25	6,5
	видовая специфичность	95,59	2,96	85,5
	случайное	-	-	8,0
<i>Contortae</i>	год	3,94	2,90	27,9
	видовая специфичность	11,95	3,29	50,8
	случайное	-	-	21,3
<i>Strobi</i>	год	5,75	2,10	38,3
	видовая специфичность	7,70	2,42	28,5
	случайное	-	-	33,2
<i>Cembrae</i>	год	2,74	2,53	17,1
	видовая специфичность	6,09	2,42	45,5
	случайное	-	-	37,4

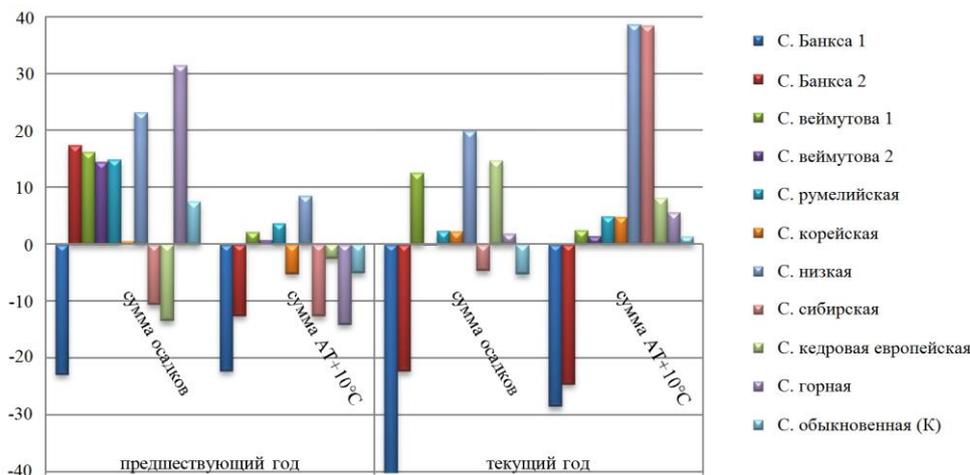


Рис. 3. Детерминация длины текущего прироста побега второго порядка сосен от сумм осадков и $AT + 10^{\circ}C$ предшествующего и текущего лет

большого (*С. веймутова 2* и *С. кедровая европейская*) уровня варьирования признака. Преобладали кривые распределения с правосторонней асимметрией.

Дисперсионный анализ выявил значительное влияние видовой специфичности сосен (54,7–67,9 %) на уровень изменчивости длины текущего прироста побега второго порядка, но не фактора «года». Двухфакторный дисперсионный анализ по секциям и подсекциям пяти хвойных сосен обнаруживает влияние факторов «года» и «видовой специфичности» на уровень изменчивости анализируемого признака (табл. 2).

Можно видеть, что требовательность сосен к климатическим факторам постепенно увеличивается от секции *Pinus* и подсекции *Cembrae* к секции *Contortae* и подсекции *Strobi*.

Корреляционный анализ длины Пб (рис. 3) и суммы осадков, выпавших за период скрытого и линейного роста Пб, выявил следующее: отсутствие связей для *P. strobus*, *P. peuce* и *P. koraiensis* – в период скрытого роста; наличие отрицательной связи – *P. mugo*, *P. pumila* в период видимого роста, *P. banksiana*, *P. sylvestris*, *P. banksiana 2*, *P. banksiana 1*, *P. sibirica*, *P. banksiana* в период скрытого роста; прямой – *P. peuce*, *P. koraiensis*,

P. cembra, *P. sibirica*, *P. mugo*, *P. strobus 1*, *P. pumila* в период скрытого роста.

Длина годовичного прироста не связана с количеством выпавших осадков за вегетационный период предшествующего года (закладка Пб) только у *P. koraiensis*. Между анализируемыми показателями выявлена прямая связь для *P. sibirica*, *P. sylvestris*, *P. peuce*, *P. strobus*, *P. banksiana 2*, *P. pumila*, *P. mugo*. Обратная связь обнаружена только для *P. banksiana 1*.

Длина прироста Пб и сумма $AT+10^{\circ}C$ имеет разное направление и силу. В целом избыток тепла периода вегетации предшествующего года отрицательно влияет на рост побегов второго порядка *С. Банка*, *С. сибирской* и *С. горной*, в период скрытого и видимого роста побега текущего года – *С. Банка*, положительно – *С. сибирской* и *С. низкой*. Для остальных образцов изученных сосен значимого влияния температурного фактора на величину текущего прироста побегов второго порядка не выявлено. Повышенная сумма осадков периода активной вегетации предшествующего года положительно сказывается на длине Пб *С. румелийской*, *С. веймутовой*, *С. низкой*, *С. горной* и *С. Банка местной* семенной репродукции, отрицательно – *С. сибирской*, *С. кедровой европейской* и *С.*

Банкса первичной интродукции. Увеличение количества осадков, выпавших в период скрытого и видимого роста Пб, положительно влияет на его длину у *S. веймутовой*, *S. кедровой европейской*, *S. низкой*, отрицательно – *S. Банка* 1.

На основании изложенного выше можно построить ряд засухоустойчивости в порядке ее убывания секций, подсекций и клад (для рода *Ель*) с континентальной принадлежностью (в скобках): *Contortae – Alba – Balsamea (ДВ – Аз – СА) – Cembrae (Аз – ДВ – ЗЕ) – Grandis – Momi – V Clade (ДВ – Аз – СА – ЗЕ) – Strobi (СА – ЗЕ) – IV Clade – III Clade*, родовые комплексы – *Abies – Pinus – Picea*. Аналогичный ряд по требовательности к теплу в порядке возрастания выглядит следующим образом: родовые комплексы – *Picea – Abies – Pinus*, секции, подсекции, клады – *V Clade (СА – ЗЕ) – Contortae – V Clade (ДВ) – Balsamea (ДВ – СА) – Grandis – Momi – Pinus (ЗЕ – ЕА), V Clade (СрАз – ЗЕ – ЕА), Balsamea (СрАз) – Cembrae (Аз – ДВ – ЗЕ) – Strobi (СА – ЗЕ)*.

Возраст вступления в генеративную фазу развития интродуцированных сосен колебался от 6 до 43 лет. Сосны из подсекции *Strobi* в условиях культуры *ex situ* начинают семеносить с 21 (*S. румелийская*), 23–25 лет (*S. веймутова*), *Cembrae* – с 22 (*S. корейская* из семян, собранных в естественном ареале) – 43 лет (*S. корейская* – растения из Раифского дендрария). Кроме происхождения и типа мобилизационного материала образца, на возраст возмужалости существенное влияние оказывает этап акклиматизационного процесса. Так, первичные интродуценты *S. корейской* начинали семеносить после 20-летнего возраста, единичные растения первой местной семенной репродукции – с 6 лет, уникальные могут образовать микростробилы в трехлетнем возрасте. Аналогичная закономерность проявилась и у *S. Банка* (39 и 8 лет) и *Л. Мензиса*

(42 года, 16 и 6 лет). Таким образом, для создания маточных плантаций хвойных экзотов для получения районированного посадочного материала лучше выбирать растения местной семенной репродукции от наиболее ценных биотипов.

В родовом комплексе *Abies* раньше остальных видов перешли в генеративную фазу онтогенеза (25 лет) пихты из секции *Grandis* и три вида из секции *Balsamea* (*П. Фразера*, *П. субальпийская* и *П. Вича*). После 30-летнего возраста начали семеносить первичные интродуценты двух дальневосточных видов (*П. цельнолистная* и *П. белокорая*). В 40-летнем возрасте образовались первые шишки на деревьях *П. бальзамической*, на *П. Семенова* – только в 51 год.

Первичные интродуценты рода *Picea* сравнительно рано переходят из виргинильной в генеративную фазу онтогенеза. С 10 до 20 лет первые шишки были отмечены на деревьях *Е. канадской*, *Е. черной*, *Е. красной*, *Е. шероховатой* и *Е. сербской*, в 30–40 лет – *Е. сибирской*, *Е. Глена*, после 40 – *Е. колючей* и *Е. аянской*.

Возможность получения семенного потомства местной репродукции возможна при формировании фертильной пыльцы, перекрестном опылении и вызревании семян. В условиях культивирования в БСИ у всех изученных образцов формировалась жизнеспособная пыльца. У представителей родового комплекса *Pinus* формируется наиболее качественная пыльца. При этом показатели жизнеспособности близки по значениям у видов, относящихся к одной секции или подсекции. Лучшими показателями характеризуются сосны подсекции *Strobi*, затем следуют представители секций *Contortae* и *Pinus*, замыкает список подсекция *Cembrae*. В родовых комплексах *Picea* и *Abies* менее половины формирующейся в условиях культуры пыльцы оказалась жизнеспособной. Последнее

отрицательно сказывается на качестве семян. Обращает на себя внимание факт преобладания большого, очень большого, наличия вариантов со сверхбольшим и аномальным уровнями варьирования анализируемого признака. В нижнюю

норму варьирования жизнеспособности пыльцевых зерен вошли только местная *C. обыкновенная*, североамериканская *C. Банка* и два вида веймутовых сосен.

Биометрические показатели шишек (табл. 3), формирующихся на первичных

Таблица 3

Биометрические показатели шишек Сосновых БСИ: средние значения – в числителе, коэффициент вариации / асимметрия – в знаменателе (урожай 2010, 2011 гг.)

Название вида	Длина, см	Диаметр, см	Масса, г	Количество семян, шт.	Выход семян, %
<i>C. веймутова</i>	$\frac{12,9 \pm 0,11}{8,3 / 0,10}$	$\frac{2,5 \pm 0,03}{13,5 / 0,34}$	$\frac{11,4 \pm 0,24}{21,0 / 0,88}$	$\frac{55,6 \pm 1,25}{22,6 / -0,14}$	$\frac{5,6 \pm 0,14}{24,7 / 0,07}$
<i>C. румелийская</i>	$\frac{11,7 \pm 0,10}{11,6 / 0,08}$	$\frac{2,8 \pm 0,02}{9,0 / -0,22}$	$\frac{19,8 \pm 0,42}{29,1 / 0,60}$	$\frac{29,6 \pm 0,82}{38,6 / 0,72}$	$\frac{6,8 \pm 0,17}{34,8 / 0,29}$
<i>C. корейская П</i>	$\frac{13,1 \pm 0,05}{14,7 / 0,01}$	$\frac{7,4 \pm 0,06}{29,7 / 25,3}$	$\frac{122,4 \pm 1,10}{31,7 / 0,67}$	$\frac{122,5 \pm 0,80}{22,9 / -0,21}$	$\frac{53,4 \pm 0,66}{43,7 / 21,7}$
<i>E. колючая</i>	$\frac{8,0 \pm 0,07}{8,6 / 0,50}$	$\frac{2,0 \pm 0,02}{9,3 / 1,02}$	$\frac{8,9 \pm 0,13}{15,0 / 0,36}$	$\frac{149,9 \pm 4,78}{31,6 / 0,17}$	$\frac{4,2 \pm 0,13}{29,8 / -0,13}$
<i>E. сибирская</i>	$\frac{6,4 \pm 0,20}{12,8 / 0,18}$	$\frac{2,0 \pm 0,04}{7,7 / -0,07}$	$\frac{6,4 \pm 0,42}{25,9 / 0,76}$	$\frac{58,1 \pm 3,77}{26,0 / -0,48}$	$\frac{2,9 \pm 0,22}{29,9 / 0,28}$
<i>E. черная</i>	$\frac{2,4 \pm 0,03}{17,5 / 0,93}$	$\frac{1,2 \pm 0,01}{13,0 / 0,55}$	$\frac{1,9 \pm 0,06}{43,2 / 0,76}$	$\frac{12,9 \pm 0,81}{74,5 / 0,65}$	-
<i>E. аянская</i>	$\frac{5,2 \pm 0,04}{15,2 / -0,18}$	$\frac{2,5 \pm 0,02}{14,9 / -0,20}$	$\frac{3,6 \pm 0,07}{32,1 / 0,90}$	$\frac{145,7 \pm 2,45}{28,1 / 0,18}$	$\frac{9,0 \pm 0,17}{31,7 / 1,48}$
<i>E. сербская КС</i>	$\frac{4,1 \pm 0,05}{10,1 / 1,11}$	$\frac{1,5 \pm 0,01}{7,2 / 0,16}$	$\frac{3,8 \pm 0,07}{16,6 / 0,86}$	$\frac{21,3 \pm 1,62}{61,3 / 0,40}$	$\frac{1,2 \pm 0,08}{43,5 / 0,30}$
<i>П. Вича</i>	$\frac{7,4 \pm 0,04}{8,9 / 0,44}$	$\frac{2,4 \pm 0,01}{8,8 / -0,27}$	$\frac{10,1 \pm 0,13}{22,3 / 0,09}$	$\frac{274,0 \pm 2,03}{13,0 / 0,01}$	$\frac{15,5 \pm 0,10}{11,1 / 0,43}$
<i>П. сибирская</i>	$\frac{7,8 \pm 0,05}{9,2 / -0,12}$	$\frac{2,6 \pm 0,01}{5,9 / 0,20}$	$\frac{12,7 \pm 0,14}{16,7 / 0,15}$	$\frac{237,6 \pm 2,56}{15,7 / 0,14}$	$\frac{21,7 \pm 0,22}{15,1 / -0,03}$
<i>П. Семенова</i>	$\frac{6,6 \pm 0,06}{7,0 / -0,14}$	$\frac{2,6 \pm 0,02}{4,6 / -0,16}$	$\frac{10,9 \pm 0,17}{12,0 / 0,02}$	$\frac{205,9 \pm 3,30}{12,0 / -0,15}$	$\frac{14,7 \pm 0,11}{5,4 / -0,60}$
<i>П. белокорая</i>	$\frac{6,4 \pm 0,05}{7,6 / -0,46}$	$\frac{2,4 \pm 0,02}{7,7 / -0,05}$	$\frac{9,9 \pm 0,37}{37,6 / 0,91}$	$\frac{255,9 \pm 2,90}{11,2 / 0,02}$	$\frac{16,6 \pm 0,31}{18,4 / 0,27}$
<i>П. субальпийская</i>	$\frac{7,9 \pm 0,09}{7,2 / 0,53}$	$\frac{2,4 \pm 0,03}{8,3 / -0,06}$	$\frac{15,1 \pm 0,22}{9,7 / 0,63}$	$\frac{234,2 \pm 4,06}{11,5 / -0,72}$	$\frac{13,9 \pm 0,29}{13,9 / -0,66}$
<i>П. Фразера</i>	$\frac{6,8 \pm 0,10}{13,2 / -0,36}$	$\frac{2,2 \pm 0,04}{14,2 / 0,82}$	$\frac{8,0 \pm 0,21}{22,9 / -0,54}$	$\frac{189,9 \pm 4,07}{18,8 / -0,77}$	$\frac{18,8 \pm 0,27}{12,5 / -0,38}$
<i>П. бальзамическая</i>	$\frac{6,0 \pm 0,14}{9,9 / -1,30}$	$\frac{2,6 \pm 0,04}{6,6 / -0,05}$	$\frac{8,2 \pm 0,62}{31,2 / 0,16}$	$\frac{122,8 \pm 4,10}{13,8 / -0,22}$	$\frac{15,8 \pm 1,03}{23,7 / 0,01}$
<i>П. цельнолистная</i>	$\frac{8,2 \pm 0,20}{7,0 / 0,18}$	$\frac{4,0 \pm 0,14}{10,2 / 0,68}$	$\frac{34,2 \pm 1,51}{12,5 / -0,65}$	$\frac{169,5 \pm 6,3}{19,2 / -0,21}$	$\frac{12,8 \pm 0,43}{8,2 / 1,52}$
<i>П. одноцветная</i>	$\frac{8,4 \pm 0,14}{8,2 / 0,45}$	$\frac{4,3 \pm 0,10}{11,2 / 0,61}$	$\frac{34,7 \pm 1,21}{16,8 / 0,69}$	$\frac{184,6 \pm 4,25}{10,6 / 0,39}$	$\frac{17,8 \pm 0,43}{11,1 / 0,06}$
<i>Л. Мензиса</i>	$\frac{6,4 \pm 0,02}{11,0 / 0,29}$	$\frac{2,1 \pm 0,01}{10,0 / 0,82}$	$\frac{6,8 \pm 0,04}{21,4 / 0,66}$	$\frac{47,5 \pm 0,24}{18,4 / -0,46}$	$\frac{5,7 \pm 0,04}{25,8 / 0,80}$

Примечания: П – промежуточная, КС – корнесобственные.

Таблица 4

Доля влияния индивидуальных особенностей деревьев на изменчивость биометрических показателей шишек Сосновых БСИ, %

Название вида	Доля влияния генотипа на изменчивость				
	длины	диаметра	массы	количества семян	выхода семян
С. румелийская	16,8	26,0	32,8	19,2	30,9
Е. колючая Д-Ал	10,7	-	-	28,9	47,9
Е. черная	58,3	45,8	62,2	41,8	-
Е. аянская	59,5	64,7	48,3	8,5	38,5
Е. сербская КС	25,7	32,5	11,4	49,2	-
Е. сербская ПР	50,1	46,5	65,3	52,9	-
П. Вича	58,3	58,3	75,8	36,8	52,9
П. сибирская	33,0	23,4	28,1	48,5	71,6
П. белокожая	-	27,1	55,7	-	31,9
П. субальпийская	-	10,3	-	17,5	-
П. Фразера	55,2	-	76,5	51,7	36,8
Л. Мензиса	49,6	63,0	58,1	38,6	58,0
	Доля влияния происхождения образца				
Е. колючая	71,6	6,6	70,8	73,8	74,3
Е. сербская	20,2	9,4	23,6	6,3	-
П. субальпийская	7,0	8,5	20,4	20,2	22,0
Л. Мензиса	38,8	41,0	41,4	-	18,9

интродуцентах в БСИ, находятся в границах показателей шишек, формирующихся в пределах естественного ареала видов. Изменчивость пяти представленных показателей у подавляющего большинства образцов находится в пределах нормы варьирования, большое обнаружено только для количества формирующихся в шишке полнозернистых семян Е. черной и корнесобственной Е. сербской. Нормальные кривые распределения для всех показателей характерны для шишек только одного местного вида П. сибирской. Близкий характер кривых распределения характерен для ее подвида – П. Семенова и североамериканской П. бальзамической. Преобладание правосторонней асимметрии кривых распределения может свидетельствовать о том, что в условиях интродукции сохраняется тенденция формирования органов репродуктивной сферы с преобладанием крупных, тяжелых шишек с большим содержанием

и процентным выходом семян.

Если морфологические, количественные и весовые показатели шишек являются диагностическими признаками вида и закреплены на генетическом уровне, нельзя сбрасывать со счетов и индивидуальную изменчивость, определяемую генотипом отдельного дерева внутри вида, о чем свидетельствуют результаты дисперсионного анализа (табл. 4). Этот факт необходимо учитывать при отборе материнских деревьев для создания маточных семенных плантаций для получения массового семенного потомства. Происхождение образцов в меньшей степени влияет на изменчивость биометрических показателей шишек. Однако широко используемая в практике садово-паркового строительства Е. колючая показала, что важные для питомниководства показатели – количество формирующихся семян в шишке и их процентный выход – более чем на 70 %, и

Таблица 5

Качество семян Сосновых БСИ (урожай 2010, 2011 гг.)

Название вида	Масса 1000 семян, г		Грунтовая всхожесть, %	
	средние значения	V, % / As	средние значения	V, % / As
С. веймутова	11,3±0,11	9,8 / -0,51	3,6	-
С. румелийская	45,0±0,64	19,7 / 0,08	29,1±2,55	77,4 / 0,59
С. корейская П	518,6±3,15	21,4 / -0,29	50,7±1,61	28,6 / -0,40
Е. колючая	2,5±0,04	17,4 / 0,51	4,5±1,62	95,1 / 2,21
Е. сибирская	3,2±0,16	20,6 / -0,38	-	-
Е. черная	1,0±0,04	32,0 / 0	32,3±6,24	43,2 / 0,35
Е. канадская	-	-	7,2±4,10	80,5 / -
Е. аянская	2,1±0,03	20,1 / 0,45	30,1±7,58	66,6 / 0,83
Е. сербская КС	1,7±0,09	32,8 / 0,64	53,0±8,87	33,5 / -0,99
П. Вича	5,8±0,10	8,6 / 0,71	0	-
П. сибирская	12,5±0,20	8,6 / -1,17	3,2±0,85	38,2 / -
П. Семенова	7,6±0,06	5,5 / -0,45	0,5	-
П. белокорая	6,0±0,13	20,9 / 0,01	0,8±0,15	32,8 / -0,59
П. субальпийская	9,0±0,15	11,5 / -0,06	0,8±0,56	-
П. Фразера	7,9±0,16	18,0 / -0,13	0,7±0,50	-
П. бальзамическая	9,8±0,35	14,6 / 0,14	0	-
П. цельнолистная	26,1±1,08	10,1 / 0,43	0	-
П. одноцветная	32,6±1,27	17,8 / 1,36	7,5±5,3	186,1 / 2,40

Примечания: V – коэффициент вариации, As – асимметрия.

определяются происхождением образцов.

Из показателей качества семян нами были изучены масса 1000 штук и грунтовая всхожесть (табл. 5).

Изменчивость массы 1000 семян изученных таксонов входит в нижнюю норму варьирования (исключение – Л. Мензиса, Е. черная и Е. сербская КС – верхняя норма варьирования). Нормальные кривые распределения анализируемого показателя характерны для семян С. румелийской, С. корейской устойчивой к обезвоживанию хвои категории, Е. черной, П. белокорой, П. субальпийской и П. бальзамической. Формирование семян с преобладанием легких, обнаруженное для С. веймутовой, С. корейской про межзачаточной категории, Е. сибирской, П. сибирской, П. Семенова, может говорить об их сравнительно низкой доброкачественности, с одной стороны, с другой – о высокой урожайности данных

таксонов. Преобладание в урожаях 2010, 2011 гг. тяжелых семян у С. Корейской чувствительной к обезвоживанию хвои категории, Е. колючей, Е. аянской, Е. сербской КС, П. Вича, П. цельнолистной, П. одноцветной и Л. Мензиса, вероятно, является одним из способов приспособления к засухе через формирование малого количества крупных семян. Изменчивость массы 1000 семян на 11,2 % (Е. колючая), 27,3 % (Е. сербская КС), 32,4 % (Е. аянская), 35,6 % (П. сибирская), 41,7 % (Е. черная), 56,5 % (С. румелийская), 57,7 % (П. белокорая), 58,3 % (Л. Мензиса), 71,2 % (П. Фразера), 79,8 % (П. Вича), 87,0 % (П. субальпийская) определяется индивидуальными особенностями деревьев, на 61,5 % (Л. Мензиса), 63,0 % (Е. колючая), 7,1 % (П. субальпийская) – происхождением образцов.

Очень низкая грунтовая всхожесть семян присуща всем изученным образцам

пихт, североамериканским *E. колючей* и *E. канадской*. Низкая грунтовая всхожесть семян *C. веймутовой* может быть обусловлена наличием одного семеносящего дерева и двух деревьев, формирующих микростробилы. Обращает внимание факт сравнительно высокой всхожести семян корнесобственной *E. сербской* (53,0 %) при наличии в группе всего пяти растений, менее 20 % – у восьми привитых растений. Изменчивость анализируемого признака входит либо в верхнюю норму варьирования (*E. черная*, *E. сербская* КС, *П. сибирская*, *П. белокорая*), либо большое (*Л. Мензиса*) и очень большое (*C. румелийская*, *E. аянская*, *E. сербская* ПР). У растений *П. белокорой* и корнесобственной *E. сербской* преобла-

дают деревья, формирующие семена с низкой грунтовой всхожестью ($As \leq -0,25$). В интродукционных популяциях привитой *E. сербской* и *Л. Мензиса* первой местной семенной репродукции кривые распределения деревьев нормальные по показателю грунтовой всхожести формирующихся на них семян. Остальные изученные образцы включают повышенное количество деревьев с высокими показателями грунтовой всхожести семян.

Изменчивость анализируемого показателя *C. румелийской* на 46,6 % определяется генотипом материнских растений и не зависит от добавления в грунт грядок песка или биогумуса. В популяции *C. корейской* грунтовая всхожесть семян на 20,5–47,1 % определяется фактором

Таблица 6

Высота сеянцев местной семенной репродукции Сосновых БСИ

Название вида, место посева	Возраст, лет (категория устойчивости)	Лимиты, см	Средние значения, см	Коеф-т вариации, %	Асимметрия
<i>C. корейская</i> , грядки	1	2,6 - 8,3	5,3±0,07	30,8	13,8
	2	4,7 - 12,2	7,2±0,08	24,8	12,2
	3	4,9 - 18,3	11,4±0,13	25,0	1,81
	5	14,4 - 56,1	34,2±0,97	15,2	-0,26
<i>C. румелийская</i> , грядки	1	2,3 - 5,9	3,9±0,12	20,7	0,77
	2	2,9 - 7,8	5,7±0,17	20,0	-0,06
<i>C. веймутова</i> , грядки	1	5,7 - 6,3	6,0±0,18	5,1	-0,94
	2	8,7 - 10,6	9,9±0,60	10,5	-1,66
<i>E. сербская</i> КС, кассетницы	1	1,6 - 3,5	2,6±0,07	18,0	-0,04
	2	2,2 - 5,7	3,7±0,11	18,0	0,25
<i>E. колючая</i> , грядки	5	9,7 - 81,0	32,1±1,41	24,1	0,34
<i>Л. Мензиса</i> , грядки	1 (У)	3,2 - 8,1	5,2±0,09	18,4	0,39
	1 (Ч)	2,4 - 7,9	4,5±0,06	19,2	0,39
	1 (П)	2,5 - 6,3	4,2±0,06	16,5	0,14
	2 (У)	6,4 - 14,0	9,6±0,15	16,5	0,28
	2 (Ч)	4,3 - 12,4	8,3±0,11	19,7	0,01
	2 (П)	5,3 - 12,4	7,9±0,12	16,9	0,64
<i>Л. Мензиса</i> , кассетницы	1 (У)	2,5 - 5,3	4,2±0,13	16,9	-0,37
	1 (Ч)	1,6 - 6,2	4,1±0,09	20,7	0,03
	1 (П)	2,2 - 6,3	4,2±0,08	20,2	-0,22
	2 (У)	4,2 - 10,4	7,8±0,28	20,1	-0,32
	2 (Ч)	3,5 - 10,6	7,4±0,16	19,4	-0,20
	2 (П)	4,4 - 11,5	7,9±0,14	20,2	-0,28

«года формирования урожая», на 11,4 % (С. корейская) – индивидуальными особенностями деревьев и всего на 8,0 % – категорией устойчивости против обезвоживания хвои. У Е. колючей происхождение образца на 54,2 % определяет изменчивость грунтовой всхожести семян, место и тип посадки растений одного происхождения не влияет на анализируемый показатель. У Е. сербской также выявлено наличие влияния происхождения образца на изменчивость грунтовой всхожести семян (59,1 %). У Л. Мензиса изменчивость грунтовой всхожести семян на 17,8 % определяется посевом в кассеты или грядки, но при грядковом способе посева внесение в почву песка или биогумуса не влияет на грунтовую всхожесть семян.

Несколько слов о росте сеянцев некоторых экзотов. Можно видеть (табл. 6), что в однолетнем возрасте высота сеянцев не превышает 10 см, что характерно и для средних высот двухлетних растений. К пятилетнему возрасту средние высоты сеянцев С. корейской достигают 34,2 см, Е. колючей – 32,1 см при максимальных значениях 56,1 и 81,0 см соответственно. Уровень индивидуальной изменчивости высоты всех изученных образцов находится в нижней норме варьирования (исключение – однолетние сеянцы С. корейской – верхняя норма варьирования). Данный факт может свидетельствовать о стабильности роста в высоту с первых лет жизни растений местной семенной репродукции. Опыт выращивания Л. Мензиса на первом и втором году жизни сеянцев не выявил преимуществ использования кассет перед грядковым способом. Более того, кривые распределения по высоте ее сеянцев в кассетах имеют левостороннюю асимметрию, а в грядках – правостороннюю. Сравнительно с другими видами ели и сосны, медленный рост за первые два года жизни показали сеянцы Е. сербской и С.

румелийской.

Выводы

1. У всех изученных экзотов сезонный цикл развития укладывается в вегетационный период. Линии тренда изменения сроков отдельных фенофаз показали, что негативные последствия могут проявиться у Е. аянской, Е. шероховатой, Е. Шренка, П. белой, П. одноцветной, сибирской, С. низкой, С. горной; положительные – Е. канадской, Е. сибирской, Е. красной, Е. черной, П. Фразера, П. Семёнова, П. цельнолистной, С. Банка, С. европейской и С. корейской.

2. Балл средней многолетней зимостойкости показал, что выбор таксонов, определение регионов-доноров и тип мобилизационного материала для рода *Pinus* были сделаны безошибочно. Опыт интродукционного испытания представителей родов *Picea* и *Abies* показал преимущества мобилизации семенного материала перед целыми растениями, особенно привозимыми из регионов естественного произрастания.

3. Сравнительно высокой засухоустойчивостью характеризуются пятихвойные кедровые и веймутовы сосны, пихты из секций *Momi* и *Grandis*, ели из клады III и *P. menziesii*.

4. Ряд засухоустойчивости секций, подсекций и клад с континентальной принадлежностью в порядке ее убывания: *Contortae – Alba – Balsamea (ДВ – Аз – СА) – Cembrae (Аз – ДВ – ЗЕ) – Grandis – Momi – V Clade (ДВ – Аз – СА – ЗЕ) – Strobi (СА – ЗЕ) – IV Clade – III Clade*, родовые комплексы – *Abies – Pinus – Picea*. Аналогичный ряд по требовательности к теплу в порядке возрастания выглядит следующим образом: родовые комплексы – *Picea – Abies – Pinus*, секции, подсекции, клады – *V Clade (СА – ЗЕ) – Contortae – V Clade (ДВ) – Balsamea (ДВ – СА) – Grandis – Momi – Pinus (ЗЕ – ЕА), V Clade (СрАз – ЗЕ – ЕА), Balsamea (СрАз) – Cembrae (Аз – ДВ – ЗЕ) – Strobi*

(CA – 3E).

5. Лучшими показателями жизнеспособности пыльцы характеризуются сосны подсекции *Strobi*, затем следуют представители секций *Contortae* и *Pinus*,

замыкает список подсекция *Cembrae*. В родовых комплексах *Picea* и *Abies* менее половины формирующейся в условиях культуры пыльцы оказалась жизнеспособной.

Список литературы

1. Farjon, A. A natural history of Conifers / Aljos Farjon. – Portland: Timber Press, Inc., 2008. – 304 p.
2. *The Plant List* [Интернет-ресурс]. – Режим доступа: <http://www.theplantlist.org> (дата обращения 13.07.2013).
3. *Red Data List* [Интернет-ресурс]. – Режим доступа: www.iucnredlist.org (дата обращения 13.07.2013).
4. Auders, A.G. RHS Encyclopedia of Conifers / Aris G. Auders, Derek P. Spicer. – London: Royal Horticultural Society, 2012. – 1153 p.
5. Карпун, Ю.Н. Основы интродукции растений / Ю.Н. Карпун // Hortus botanicus: Международный журнал ботанических садов. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ. – 2005. – № 2. – С. 17-32.
6. Встовская, Т.Н. Древесные растения Центрального сибирского ботанического сада / Встовская Т.Н., Коропачинский И.Ю. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2005. – 235 с.
7. *Деревья и кустарники СССР: дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции*. В 6 т. Т.1. Голосеменные / Ред. д-р биол. наук проф. С.Я. Соколов, чл.-корр. АН СССР Б.К. Шишкин. – М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1949. – 463 с.
8. Коропачинский, И.Ю. Древесные растения Азиатской России / Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002. – 707 с.
9. Крюссман, Герд. Хвойные породы / Герд Крюссман; пер. с нем. Н.Н. Непомнящего; под ред. и предисловие канд. биол. наук Н.Б. Гроздовой. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 256 с.
10. Фирсов, Г.А. Хвойные в Санкт-Петербурге / Г.А. Фирсов, Л.В. Орлова; Рос. акад. наук, Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова. – СПб. ООО «Издательство «Росток», 2008. – 336 с.
11. *Флора СССР*: Т. 1. / Сост. Е.Г. Бобров, М.М. Ильин, В.Л. Комаров, А.Н. Криштофович, Б.А. Федченко, А.В. Фомина, С.В. Юзепчук; гл. ред. акад. В.Л. Комаров; ред. первого тома М.М. Ильин. – Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1934. – 302 с.
12. Шкутко, Н.В. Хвойные экзоты Белоруссии и их хозяйственное значение / Н.В. Шкутко; ред. акад. АН БССР и АН Таджикской ССР, д-р биол. наук, проф. Н.В. Смольский. – Мн.: Наука и техника, 1970. – 269 с.

References

1. Farjon A. A natural History of Conifers. Portland, Timber Press, Inc., 2008. 304 p.
2. The Plant List. URL: <http://www.theplantlist.org> (reference date: 13.07.2013).
3. *Red Data List*. URL: www.iucnredlist.org (reference date: 13.07.2013).
4. Auders A.G., Spicer D. P. RHS Encyclopedia of Conifers. London, Royal Horticultural Society, 2012. 1153 p.
5. Karpun Yu.N. Osnovy introduksii rasteniy [Fundamentals of Plant Introduction.]. Hortus botanicus: Mezhdunarodnyy zhurnal botanicheskikh sadov [Hortus botanicus: International Journal of Botanical Gardens.]. Petrozavodsk: Publishing house of PetrSU, 2005. No 2. Petrozavodsk: Publishing house of PetrSU. P. 17-32.
6. Vstovskaya T.N., Koropachinskiy I.Yu. Drevesnye rasteniya Tsentralnogo sibirskogo botanicheskogo sada [Woody Plants of the Central Siberian Botanical Garden]. Novosibirsk: Publishing house of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Branch «Geo», 2005. 235 p.
7. *Derevyia i kustarniki SSSR: dikorastushchie, kultiviruemye i perspektivnye dlya introduksii* [Trees and Shrubs of the USSR: Wild, Cultivated, and Promising for Introductions.]. Vol.1. Golosemennye [Gymnosperms.]. Edited by Doctor of Biological Science prof. S.Ya. Sokolov, Corresponding Member of the USSR Academy of Sciences B.K. Shishkin. MoscowLeningrad: Publishing house of USSR Academy of Sciences, 1949. 463 p.
8. Koropachinskiy I.Yu., Vstovskaya T.N. Drevesnye rasteniya Aziatskoy Rossii [Woody Plants of the Asian Part of Russia.]. Novosibirsk: Publishing house of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Branch «Geo», 2002. 707 p.
9. Kryussman Gerd. Khvoynye porody [Softwood.]. Moscow: Publishing house «Timber industry», 1986. 256 p.
10. Firsov G.A., Orlova L.V. Khvoynye v SanktPeterburge [Conifers in St. Petersburg.]. Saint - Petersburg: Publishing house «Sprout», 2008. 336 p.
11. *Flora SSSR* [Flora of the USSR.]. T. 1. Edited by E.G. Bobrov, M.M. Ilin, V.L. Komarov, A.N. Krishtofovich, B.A. Fedchenko, A.V. Fomina, S.V. Juzepchuk; editor-in-chief Academician V.L. Komarov; edition of the first volume by M.M. Ilin. Leningrad: Publishing house of USSR Academy of Sciences, 1934. 302 p.
12. Shkutko N.V. Khvoynye ekzoty Belorussii i ikh khozyaystvennoe znachenie [Exotic Conifer Species of Belarus and Their Economic Value.]. Edited by Academician of AS BSSR and AS Tadjik SSR, Doctor of Biological Sciences, Prof. N.V. Smolsky. Minsk: «Nauka i tekhnika», 1970. 269 p.

13. *Rehder, Alfred*. Manual of cultivated trees and shrubs hardy in North America exclusive of the subtropical and warmer temperate regions / Alfred Rehder. – New York: The MacMillan Company, 1949. – P. 8-48.
14. *The Gymnosperm Database* [Интернетресурс]. – Режим доступа: <http://www.conifers.org/> (дата обращения 12.01.2010).
15. *Лапин, П.И.* Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений / П.И. Лапин, С.В. Сиднева // Опыт интродукции древесных растений: сборник научных работ. – М.: ГБС, 1973. – С. 7-67.
16. *Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР / Совет ботан. садов СССР.* – М.: ГБС АН СССР, 1975. – 27 с.
17. *Пятницкий, С.С.* Практикум по лесной селекции / С.С. Пятницкий. – М.: Сельхозиздат, 1961. – 272 с.
18. *Котов, М.М.* Сравнительная оценка генотипов в лесных популяциях без смены поколений / М.М. Котов // Доклады АН СССР. – 1984. – Т. 274. – № 6. – С. 1480-1483.
19. *Зайцев, Г.Н.* Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1984. – 424 с.
20. *Мамаев, С.А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале) / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1973. – 284 с.
21. *Плохинский, Н.А.* Биометрия / Н.А. Плохинский. – М.: Изд-во Московского университета, 1970. – 367 с.
22. *Лазарева, С.М.* Использование методик данных фенологических наблюдений (на примере представителей семейства Pinaceae Lindl.) / С.М. Лазарева // Известия Иркутского государственного университета. Сер. «Биология. Экология». – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011. – Т. 4, № 2. – С. 56-65.
23. *Базилевская, Н.А.* Теории и методы интродукции растений / Н.А. Базилевская. – М.: Изд-во МГУ, 1964. – 131 с.
13. *Rehder Alfred*. Manual of Cultivated Trees and Shrubs Hardy in North America Exclusive of the Subtropical and Warmer Temperate Regions. New York: The MacMillan Company, 1949. P. 8-48.
14. *The Gymnosperm Database*. URL: <http://www.conifers.org/> (reference date: 12.01.2010).
15. *Lapin P.I., Sidneva S.V.* Otsenka perspektivnosti introduktsii drevesnykh rasteniy po dannym vizualnykh nablyudeniy [Evaluation of Introduction Prospects for Wood Plants Based on the Data of Direct Observation.]. Opyt introduktsii drevesnykh rasteniy (sbornik nauchnykh rabot) [Experience of Wooden Plants Introduction (collection of research works)]. Moscow: GBS, 1973. P. 7-67.
16. *Metodika fenologicheskikh nablyudeniy v botanicheskikh sadakh SSSR* [Methods of Phenological Observations in the Botanical Gardens of the USSR]. Moscow: GBS AN SSSR, 1975. 27 p.
17. *Pyatnitskiy S.S.* Praktikum po lesnoy selektsii [Workshop on Forest Breeding.]. Moscow: Selkhozizdat, 1961. 272 p.
18. *Kotov M.M.* Sravnitel'naya otsenka genotipov v lesnykh populyatsiyakh bez smeny pokoleniy [Comparative Evaluation of Genotypes in Populations of Forest Without Change of Generations.]. USSR AS Reports. 1984. V. 274. No 6. P. 1480-1483.
19. *Zaytsev G.N.* Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike [Mathematical Statistics in Experimental Botany.]. Moscow: «Nauka», 1984. 424 p.
20. *Mamaev S.A.* Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevesnykh rasteniy (na primere semeystva Pinaceae na Urale) [The Forms of Intraspecific Variation of Woody Plants (on the example of Pinaceae family in the Urals)]. Moscow: Nauka, 1973. 284 p.
21. *Plokhinskiy N.A.* Biometriya [Biometrics.]. Moscow: Publishing house of Moscow University, 1970. 367 p.
22. *Lazareva S.M.* Ispolzovanie metodik dannykh fenologicheskikh nablyudeniy (na primere predstaviteley semeystva Pinaceae Lindl.) [Using the Techniques of the Data of Phenological Observations (on the example of members of the Pinaceae Lindl family)]. Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. «Biologiya. Ekologiya» [Izvestiya of Irkutsk State University. Series "Biology. Ecology."]. Irkutsk: Publishing house of ISU, 2011. V. 4, No 2. P. 56-65.
23. *Bazilevskaya N.A.* Teorii i metody introduktsii rasteniy [The Theories and Methods of Plant Introduction.]. M.: Publishing house of MSU, 1964. 131 p.

Статья поступила в редакцию 14.06.13.

ЛАЗАРЕВА Светлана Михайловна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заместитель директора Учебного ботанического сада-института, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – интродукция и акклиматизация хвойных растений, закономерности изменчивости и селекция хвойных экзотов. Автор 90 публикаций.

E-mail: LazarevaSM@volgatch.net

LAZAREVA Svetlana Mikhaylovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Vice Director of Botanical Garden-Institute, Volga State University of Technology (YoshkarOla, Russian Federation). Research interests – introduction and acclimatization of conifers, principles of variation and selection of exotic conifers. The author of 90 publications.

E-mail: LazarevaSM@volgatch.net

S. M. Lazareva

**VARIATION AND PROSPECTS OF CONIFERS
IN THE CULTURE OF EX SITU IN THE SOUTHERN TAIGA SUBZONE**

Key words: *Conifers; culture ex situ; variability; stability.*

The modern representatives of the pine family (*Pinaceae* Lindl.) are relatively few in number, nevertheless they are the most important tree species, which provide ecological services. Besides, they are of high commercial demand and are of aesthetic, phytosanitary and spiritual values. Irrational use of forest areas with low forest restoration, climate change, land degradation, increased droughts, increase of affected by fires, pests and deceases areas led to threat of extinction 55 species of Pine. At that, 31 species are still in a state close to threatening. Addressing biodiversity, Pine can go several ways, including introduction of a culture of ex situ. Botanical Garden Institute of the Volga Tech has 74 years of experience in introduction of woody plants. An attempt to discuss the main results of the work on introduction and acclimatization of the genera *Pinus*, *Picea*, *Abies*, and *Pseudotsuga* in the family *Pinaceae* is made in the research. The objects of study were representatives of three subfamilies: *Pinoideae* Pilg. (*Pinus* L., *Picea* A. Dietr.), *Laricoideae* Melcioret Werermann (*Pseudotsuga* Carriere), *Abietoideae* Pilg. (*Abies* Mill.).

All the objects of study are to complete a full cycle of seasonal development. Year-variability calendar dates the small onset of the individual phases of seasonal development or a lower rate of variation. Analysis of variance showed a high proportion of the influence of temperature on the level of variability fenodat. The trend lines show that the negative consequences in the long term may occur in *P. jezoensis*, *P. asperata*., *P. schrenkiana*, *A. alba*, *A. concolor*, *P. strobus*, *P. peuce*; conditionally negative – *P. glehnii*, *P. omorica*, *P. pungens*, *A. balsamea*, *A. lasiocarpa*, *A. veitchii*, *A. nephrolepis*, *P. sibirica*, *P. pumila*, *P. mugo*; positive – *P. glauca*, *P. obovata*, *P. rubens*, *P. mariana*, *A. fraseri*, *A. sibirica* subsp. *semenovii*, *A. holophylla*, *P. banksiana*, *P. cembra* and *P. koraiensis*.

Drought tolerance test plants BGI, estimated from the time of loss of 50% contained in the isolated needles of water (MAS), showed varying degrees of resistance as a separate species and genus complexes in general. Comparatively high resistance to drought of pine subsections *Cembrae* and *Strobi*, fir sections of *Momi* and *Grandis* was shown.

Data on the influence of climatic factors on the length of the annual growth of the shoots of the second order can build a number of drought-sections, subsections and clades (of the Spruce) with continental affiliation (in parentheses) in the order of decreasing: *Contortae* - *Alba* - *Balsamea* (FE - AZ - NA) - *Cembrae* (Az - FE - WE) - *Grandis* - *Momi* - V Clade (FE - AZ - NA - WE) - *Strobi* (NA - WE) - IV Clade - III Clade, generic complexes - *Abies* - *Pinus* - *Picea*. A similar series of demands to the heat in ascending order as follows: generic complexes - *Picea* - *Abies* - *Pinus*, sections, subsections, clades - V Clade (NA - WE) - *Contortae* - V Slade (FE) - *Balsamea* (FE - NA) - *Grandis* - *Momi* - *Pinus* (ZE - EA), V Clade (MAz - WE - EA), *Balsamea* (immediately) - *Cembrae* (Az - FE - WE) - *Strobi* (NA - WE).

The age of generative phase of exotic species ranged from 6 to 51 years. To create an exotic conifer plantations for regionalized planting, mother material is best to choose for local seed plant reproduction of the most valuable biotypes. Indicators of pollen viability values are similar in the species belonging to the same section or subsection. The best indicators are characterized by pine subsection *Strobi*, followed by the representatives of sections *Contortae* and *Pinus*, and the list *Cembrae*. In the generic complexes *Picea* and *Abies* which are less than half emerging in a culture of pollen were viable.