

УДК 630*232.1:582.475 (470.22)

СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В КАРЕЛИИ

Б. В. Раевский¹, К. К. Куклина², М. Л. Щурова³

¹ Институт леса КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

² Отдел комплексных научных исследований, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

³ Карельская лесосеменная станция – отдел Ленинградского центра защиты леса, Петрозаводск, Россия

Исследованы показатели сохранности, роста и развития 123 вегетативных и семенных потомств плюсовых деревьев (ПД) сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на лесосеменной плантации (ЛСП) I порядка и в испытательных культурах различного возраста. Показано, что в условиях нормально колеблющейся среды в первое десятилетие роста испытательных культур наблюдается незначительное снижение их сохранности при сокращении числа потомств, статистически достоверно превосходящих контроль, и уменьшении относительной разницы по высоте этих вариантов с контролем. Выявлена статистически значимая умеренная корреляция между высотой материнских клонов и их полусибсового семенного потомства, а также положительная динамика данного параметра (от $r = 0,28$ в 2014 г. до $r = 0,33$ в 2018 г.) за весь период исследований. Для испытательных культур старшего возраста отмечена статистически значимая умеренная ($r = 0,36$) корреляция частоты встречаемости пороков ствола (раздвоенности, многоствольности) в одноименных вегетативных (клоны) и семенных (полусибсы) потомствах. Подтверждена справедливость ранее выдвинутых положений о приоритете селекции ПД сосны обыкновенной по признаку быстроты роста семенного потомства при условии неременного учета габитуальных особенностей и семенной продуктивности их клонов. Результаты исследований, изложенные в настоящей статье, свидетельствуют в пользу того, что надежные предварительные оценки полусибсовых потомств могут быть получены в испытательных культурах начиная с 7-летнего возраста, при общем сроке испытаний, не превышающем 25–30 лет. По результатам селекционно-генетической оценки сформирован набор из 20 ПД (клонов), минимально необходимый для создания ЛСП повышенной генетической ценности (I,5 порядка).

Ключевые слова: селекционно-генетическая оценка; плюсовые деревья; клоны; полусибсовые потомства; сосна обыкновенная.

B. V. Raevsky, K. K. Kuklina, M. L. Schurova. GENETIC AND BREEDING ASSESSMENT OF SCOTS PINE PLUS TREES IN KARELIA

Growth and survival of 123 grafted and half-sib Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) progenies have been investigated in a 1st generation seed orchard and progeny tests of various ages. It was found that during the first decade after planting the survival rate of the progeny tests was going slightly down, with a simultaneous decrease in the share of progenies superior to the control, and in the degree of superiority (height difference). We

observed a moderate statistically significant correlation between the heights of maternal clones and their half-sib progenies, with its positive trend (from $r = 0.28$ in 2014 up to $r = 0.33$ in 2018) during the entire study period. Older progeny tests (30 years old) showed a moderate significant correlation ($r = 0.36$) in the ratio of stem faults (forked, multistem) between clones and half-sib progenies. It was confirmed that selection based on growth rate should have the highest priority for Scots pine plus trees provided that the habit and seed productivity of their clones are taken into account. The results reported here testify to the statement that reliable preliminary assessments of half-sib families can be obtained starting at the age of 7, with the tests lasting 25–30 years at maximum. As a result of the breeding and selection assessment, a set of 20 plus trees (clones) had been formed fulfilling minimum requirements for an advanced-value seed orchard of the 1,5 generation.

Keywords: genetic and breeding assessment; plus trees; clones; half-sib families; Scots pine.

Введение

На современном уровне развития селекционного семеноводства лесных древесных видов в РФ все клоновые лесосеменные плантации (ЛСП) хвойных пород относятся к плантациям I порядка. ЛСП данного типа закладывались вегетативными потомствами плюсовых деревьев (ПД), отобранных исключительно по фенотипу. В настоящее время в странах Северной Европы осуществляется переход к ЛСП I,5 и II порядка, которые должны стать основным источником генетически улучшенных семян в первой четверти XXI века [Danell, 1990; Naaranen, 2005; Jansons, 2005].

Для ЛСП повышенной и высокой генетической ценности отбор ПД осуществляется по результатам комплексной оценки семенных и вегетативных потомств, включающей комбинационную способность по селектируемым признакам и репродуктивную способность клонов [Указания..., 2000]. Из сказанного следует, что селекционный процесс должен охватывать как минимум две категории селекционных объектов, а именно: лесосеменные плантации и испытательные культуры (ИК). В таком случае следует рассматривать всестороннюю характеристику клонов, в частности сосны обыкновенной, произрастающих на ЛСП I порядка, как по репродуктивной способности, так и по совокупности габитуальных параметров и показателей вегетативного роста в качестве первого этапа комплексной селекционно-генетической оценки (СГО). Данная работа считается завершенной после выполнения ее второго этапа, а именно оценки параметров сохранности, роста и развития семенных потомств ПД в испытательных культурах [Раевский, 2015; Раевский, Щурова, 2016].

Опыт показывает, что для комплексного описания того или иного клонового набора

сосны обыкновенной требуется не менее трех лет, поскольку объективная характеристика репродуктивных параметров не может быть дана по результатам учетов за один сезон и требует усреднения хотя бы за трехлетний период. Селекционно-генетическая оценка семенного потомства (семей) ПД сосны в испытательных культурах является сравнительно долговременной задачей. Согласно существующим на сегодняшний день нормативным требованиям [Указания..., 2000] для создания ЛСП повышенной генетической ценности (I,5 порядка) необходимы результаты предварительной генетической оценки, полученные в испытательных культурах по достижении потомствами II класса возраста. Таким образом, для хвойных пород требуемый период не может быть короче 21 года. Однако в настоящее время накопилось уже немало экспериментальных данных, указывающих на то, что надежные предварительные оценки успешности роста и развития семей сосны обыкновенной могут быть даны гораздо раньше, примерно в возрасте 7–10 лет [Squillace, Gansel, 1974; Lindgren, 1984; Маслаков, 1984; Danell, 1993; Naaranen, 2002; Федорков, Туркин, 2005].

Оценивая существующую практику селекционно-генетической оценки ПД сосны в РФ, следует подчеркнуть, что она фактически начинается сразу со второго этапа, минуя первый. Данные, характеризующие рост и репродуктивные параметры вегетативных потомств ПД, если и собираются, то со значительной задержкой и по небольшому числу параметров. Существующее положение вещей сильно ограничивает возможности СГО плюсовых деревьев сосны и, что особенно важно, оценки наследуемости ряда ее хозяйственно ценных признаков, характеризующих качество ствола, быстроту роста и т. п. В связи с вышесказанным для дальнейшего развития плюсовой селекции

основных лесообразующих хвойных видов таежной зоны России, в частности сосны обыкновенной, крайне актуальной является информация, касающаяся результатов реализации полной схемы комплексной СГО плюсовых деревьев, позволяющая начать переход к созданию ЛСП повышенной генетической ценности (1,5 порядка).

Методика и объекты исследования

В 2007–2011 гг. на Петрозаводской ЛСП была проведена комплексная селекционно-генетическая оценка 72 клоновых потомств сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Отобранные для наблюдений клоны (по 5 нормально развитых рамет на каждый клон) произрастали в пределах одного поля плантации, заложенного в 1982–1984 гг. Их материнские деревья происходили из Южнокарельского лесосеменного района [Лесосеменное..., 1982], где расположена и сама плантация. Методика комплексной оценки вегетативных потомств сосны обыкновенной подробно изложена в предшествующих публикациях [Раевский, Мордась, 2006; Раевский, Щурова, 2016]. В процессе СГО указанного набора клонов во внимание было принято 29 инструментально и глазомерно оцениваемых параметров. При описании вегетативного роста и габитуса клона учитывались 13 признаков. Обилие репродуктивных процессов и структура урожая клонов оценивались по 16 признакам. В результате выполнения первого этапа СГО были отобраны 7 лучших клонов в качестве кандидатов в элиту [Раевский, 2015]. Далее по тексту статьи данные клоны именуется элитными.

Весной 2011 г. образцы семян с исследуемых клонов высеяны в теплице питомника «Вилга». Тепличные сеянцы с закрытой корневой системой (ЗКС) выращивались по стандартной технологии отдельно по семьям в течение одного вегетационного сезона в 5-кратной повторности. Во второй половине мая 2012 г. потомства всех клонов высажены на лесокультурную площадь (4 га). Испытательные культуры были созданы на территории бывшего лесопитомника в районе д. Маньга Пряжинского района Республики Карелия (далее – культуры Маньга). Обработку почвы осуществляли способом сплошной вспашки с оборотом пласта. Посадку однолетних тепличных сеянцев с ЗКС производили вручную, с использованием финской посадочной трубы «pottiputki». Варианты размещали на трех полях рядами, соблюдая принцип полной рендомизации. В одной повторности высаживали не менее 25 растений. В 9-кратной повторности был представлен кон-

троль – сеянцы, выращенные из общего образца семян Петрозаводской ЛСП.

Осенью 2013 г. в культурах был проведен сплошной учет, с тем чтобы оценить следующие параметры:

- приживаемость, как долю (%) живых растений по отношению к общему числу высаженных;
- повреждаемость, как долю (%) поврежденных тем или иным фактором растений по отношению к общему числу живых особей;
- общую высоту растений и энергию роста вариантов, как величину прироста в высоту (см) за вегетационный сезон 2013 г.

Величина прироста в высоту рассчитывалась как разница между общей высотой растения и его высотой до основания прироста текущего года. В дальнейшем, начиная с осени 2014 г., сохранность и повреждаемость вариантов определялись аналогичным образом. Измерялись общая высота растения и прирост в высоту за последний сезон с точностью до 0,5 см. В 2014 и 2018 гг. подсчитывалось число верхушечных почек на побеге текущего года. Результаты замеров обрабатывались с использованием общепринятых статистических методик [Плохинский, 1970; Котов, Лебедева, 1977; Ивантер, Коросов, 2003]. Величина общей комбинационной способности (ОКС) рассчитывалась как относительное (%) превышение того или иного варианта (семьи) над контролем.

В период 1981–1989 гг. в непосредственной близости от Петрозаводской лесосеменной плантации, в Заозерском лесничестве Петрозаводского мехлесхоза (ныне Прионежское центральное лесничество), были созданы испытательные культуры сосны (далее – культуры Чепика). Всего заложили 13 делянок общей полезной площадью 11,7 га. В культурах были представлены семенные потомства 169 плюсовых деревьев, в т. ч. 23 ПД из Финляндии и 2 ПД из Воронежской области. Остальные имели карельское происхождение. В 2014–2015 гг. подробные учетные работы проведены на 8 делянках полигона (7,2 га). Изучены сохранность, рост и развитие потомств 107 ПД Республики Карелия [Раевский и др., 2018]. Необходимо особо отметить, что для данных культур посадочный материал выращивался из семян, собранных непосредственно с плюсовых деревьев в природной среде (*in situ*). В 2017 г. для 51 варианта, представленного в культурах, были подобраны одноименные клоны, произрастающие на Петрозаводской ЛСП. В период с 2017 по 2019 гг. осуществлялась комплексная СГО указанных клонов по вышеупомянутой методике.

Таким образом, на сегодняшний день обследованы практически все испытательные

Таблица 1. Показатели сохранности вариантов в испытательных культурах сосны Маньга

Table 1. Survival rate of half-sib progenies in the Manga progeny trial

Год Year	Сохранность*, % Survival rate, %		
	Пониженная lowered (60–75,0)	Средняя middle (75,1–90,0)	Высокая high (90,1–100)
2014 Средняя общая сохранность / Average survival – 89,8 %	577	Контроль/control, 6, 32, 62, 109, 156, 361, 396, 448, 459, 504, 508, 512, 515, 516 , 573, 651, 688, 809, 835 , 841, 849, 850, 856 , 861, 864 , 871, 900, 1026	12, 36, 37, 40, 50, 59, 60 , 63, 104, 107, 110, 114, 157, 158, 432, 437, 451, 505, 510, 513, 522, 528, 578, 644, 645, 654, 656, 657, 687, 752, 780, 795, 804, 815, 829 , 853, 855, 865, 875, 876 , 956, 962, 1038
Average, %	73,3	85,8	94,0
Доля семей Proportion, %	1,4	39,7	58,9
2016 Средняя общая сохранность / Average survival – 88,0 %	448, 577, 850	Контроль/control, 6, 32, 59, 62, 109, 156, 157, 158, 361, 396, 432, 437, 459, 504, 508, 512, 515, 516 , 528, 573, 644, 645, 651, 688, 780, 809, 841, 849, 853, 856 , 835 , 861, 864 , 871, 875, 900, 962, 1026	12, 36, 37, 40, 50, 60 , 63, 104, 107, 110, 114, 451, 505, 510, 513, 522, 578, 654, 656, 657, 687, 752, 795, 804, 815, 829 , 855, 865, 876 , 956, 1038
Среднее, Average, %	72,5	84,7	93,5
Доля семей Proportion, %	4,1	53,4	42,5
2018 Средняя общая сохранность / Average survival – 85,8 %	32, 448, 577, 850	Контроль/control, 6, 50, 59, 62, 109, 114, 156, 157, 158, 361, 396, 432, 437, 459, 504, 508, 510, 512, 513, 515, 516 , 528, 573, 644, 645, 651, 654, 657, 687, 688, 780, 809, 815, 835 , 841, 849, 853, 856 , 861, 864 , 871, 875, 900, 962, 1026, 1038	12, 36, 37, 40, 60 , 63, 104, 107, 110, 451, 505, 522, 578, 656, 752, 795, 804, 829 , 855, 865, 876 , 956
Среднее Average, %	70,2	83,6	92,8
Доля семей Proportion, %	5,5	64,4	30,1

Примечание. *Жирным шрифтом выделены номера семей элитных клонов.

Note. *Numbers of elite clones are given in bold.

культуры сосны обыкновенной, имеющиеся в Карелии. Для участка «культуры Маньга» сначала отбирались и оценивались клоны сосны на ЛСП, а затем давалась оценка их семенного потомства. Для культур Чепика порядок действий являлся обратным: сначала была дана оценка полусибсовому потомству, а затем выполнялся поиск клонов на ЛСП, являющихся вегетативным потомством испытываемых плюсовых деревьев. В результате проделанной работы составлена комплексная характеристика 123 клонов сосны, семенное потомство от свободного опыления (полусибсы) которых в настоящее время проходит проверку в ИК 7- и 30-летнего возраста.

Результаты и обсуждение

Сплошное обследование культур Маньга осенью 2013 г. выявило высокую общую при-

живаемость культур к концу второго вегетационного сезона (91,4 %). В таблице 1 дано распределение испытываемых семей и их численности (доли) по уровням сохранности в культурах. Сохранность отдельного варианта считалась средней, если она была близка к средней сохранности культур, определенной на год учета. Как следует из данных таблицы 1, в период исследований в культурах наблюдался умеренный отпад, выраженный в общем снижении показателя сохранности с соответствующим уменьшением доли вариантов с его высоким значением. Анализ динамики сохранности за весь период исследования показывает, что на третий сезон роста, по отношению к приживаемости во второй год, она снизилась незначительно (на 1,6 %) и в дальнейшем была достаточно стабильна. В возрасте 7 лет минимальная сохранность отмечена для варианта № 448 (67,2 %). В настоящее время доля

Таблица 2. Показатели описательной статистики в целом по культурам Маньга

Table 2. Descriptive statistic of the Manga progeny trial as a whole statistical population

Показатели Parameters	Высота, см Height, cm			
	2013	2014	2016	2018
Год Year	2013	2014	2016	2018
Число наблюдений (N) Data number	7218	7504	7237	6837
Среднее (X) Mean value	25,6	38,6	82,6	160,2
Минимальное значение (min) Minimal data	7	5	22	53
Максимальное значение (max) Maximal data	62	103	187,5	358
Стандартное отклонение (σ) Standard deviation	6,6	11,9	26	41,9
Ошибка среднего (m_x) Mean error	0,07	0,14	0,3	0,5
Коэффициент вариации (CV %) Variation	25,8	30,8	31,5	26,2
Асимметрия (A) Skewness	0,2	0,05	0,3	0,15
Ошибка асимметрии (m_A) Skewness error	0,02	0,02	0,03	0,03
Оценка асимметрии ($T_A = A/m_A$) Skewness estimation	10	2,5	10,3	5,17
Экссесс (E) Kurtosis	-0,03	0,03	-0,2	-0,25
Ошибка эксцесса (m_E) Kurtosis error	0,06	0,06	0,06	0,06
Оценка эксцесса ($t_E = E/m_E$) Kurtosis estimation	-0,5	0,5	-3,3	-4,2
Критерий χ^2 Chi-square	11,3	3,3	162,1	103,3
Число степеней свободы Degrees of freedom	5	4	7	6
Стандартные значения χ^2 Standard chi-square values	11,1–15,1–20,5	9,5–13,3–18,5	14,1–18,5–24,3	12,6–16,8–22,5
Критерий λ (Колмогорова-Смирнова) Kolmogorov-Smirnov	0,6	0,04	1,94	1,86
Стандартные значения λ Standard λ values	1,36–1,63–1,95			
Точность опыта (P, %) Accuracy assessment	0,3	0,4	0,4	0,3

семей, имеющих сохранность свыше 90 %, составляет около 30 % от общего числа испытываемых вариантов. Сохранность контроля составила 86,4 %, при средней величине данного показателя для группы элитных вариантов 85,8 %, что позволяет сделать вывод о сходном уровне их жизненного состояния.

В таблицах 2 и 3 представлены результаты статистической обработки замеров высоты растений как в целом по культурам, так и по вариантам (семьям). Рассчитывался весь комплекс показателей описательной статистики, в т. ч. оценки асимметрии и эксцесса. Соответствие

эмпирического распределения нормальному закону оценивалось по критериям χ^2 и λ .

В процессе исследования подавляющее число вариантов замерялось полностью, то есть культуры обследовались практически сплошную. В принципе, общая совокупность деревьев на участке культур может рассматриваться в качестве генеральной совокупности конечного размера. Однако в нашем опыте представлены лишь небольшая часть ПД сосны, отобранных в Южнокарельском лесосеменном районе, и некоторая часть семенного потомства их клонов. Поэтому теория биометрии позволяет

Таблица 3. Показатели описательной статистики по семьям в культурах Маньга

Table 3. Descriptive statistic of the Manga progeny trial by progenies

Показатели Parameters	Высота, см Height, cm			
	2013	2014	2016	2018
Год Year	2013	2014	2016	2018
Число наблюдений (N) Progeny number	72			
Среднее (X) Mean value	26,0	39,3	84,2	162,1
Минимальное значение (min) Minimal data	20,8	31,2	62,4	137,9
Максимальное значение (max) Maximal data	36,4	57,1	113,5	202,5
Стандартное отклонение (σ) Standard deviation	2,98	5,42	11,15	16,2
Ошибка среднего (m_x) Mean error	0,35	0,64	1,31	1,9
Коэффициент вариации (CV %) Variation	11,5	13,8	13,2	10,0
Асимметрия (A) Skewness	0,71	0,68	0,56	0,64
Ошибка асимметрии (m_A) Skewness error	0,28	0,28	0,28	0,28
Оценка асимметрии ($T_A = A/m_A$) Skewness estimation	2,5	2,4	2	2,29
Экссесс (E) Kurtosis	0,79	0,23	-0,28	-0,58
Ошибка эксцесса (m_E) Kurtosis error	0,56	0,56	0,57	0,56
Оценка эксцесса ($t_E = E/m_E$) Kurtosis estimation	1,42	0,4	-0,5	-1,04
Критерий χ^2 Chi-square	4,6	15,9	8,17	17,3
Число степеней свободы Degrees of freedom	3	8	8	7
Стандартные значения χ^2 Standard chi-square values	7,8–11,3–18,5	15,5–20,1–26,1	15,5–20,1–26,1	14,1–18,5–24,3
Критерий λ (Колмогорова-Смирнова) Kolmogorov-Smirnov	0,42	0,50	0,46	0,99
Стандартные значения λ Standard λ values	1,36–1,63–1,95			
Точность опыта (P, %) Accuracy assessment	1,3	1,6	1,6	0,68

оценивать исследуемую совокупность в качестве выборки большого объема из некоей гипотетической генеральной совокупности и рассчитывать для ее выборочных средних весь набор оценочных статистических показателей.

Данные таблицы 2 свидетельствуют, что начиная с 5-летнего возраста для эмпирического распределения деревьев по высоте в целом по объекту свойственны левая положительная асимметрия и отрицательный эксцесс. Начиная с указанного возраста характер распределения существенно отклоняется от «нормального». На рис. 1 дано распределение общей совокупности деревьев на участке культур

по 10-см ступеням высоты за все годы наблюдений. С лесоводственно-биологической точки зрения здесь необходимо отметить ряд важных моментов. Известно, что в процессе роста культур происходит дифференциация растений по жизненному состоянию и размерам. С увеличением возраста кривая распределения как бы «растягивается». Примерно к 10-летнему рубежу завершается фаза индивидуального роста особей, образуется совокупность деревьев-лидеров. Именно они формируют растянутые правые «хвосты» кривых. В то же время, поскольку ставится задача сравнения испытываемых семей с контролем, сильно отставшие

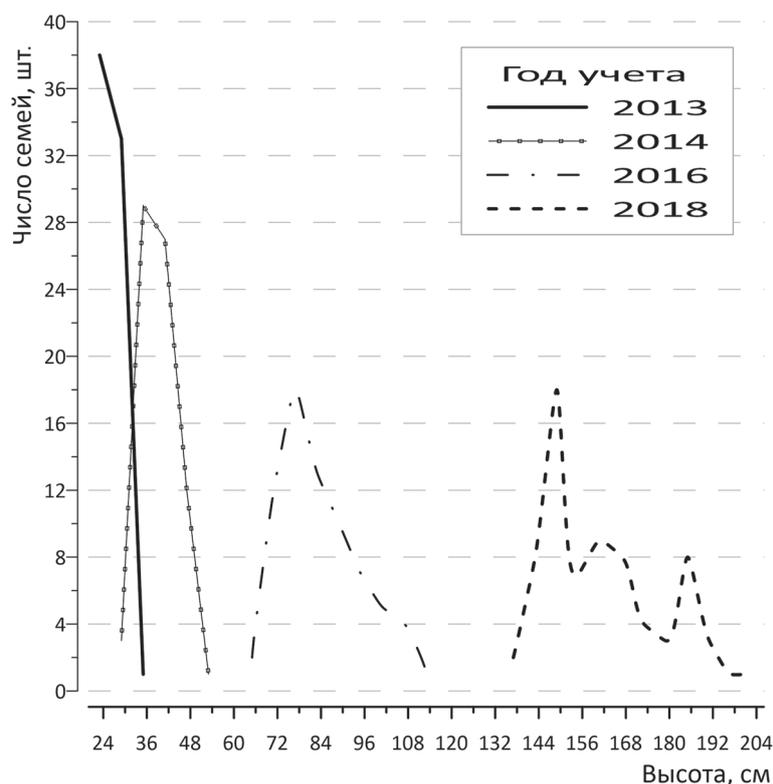


Рис. 2. Распределение посемейных частных средних по 6-см ступеням высоты

Fig. 2. Distribution pattern of progeny mean values by 6-cm height grade

ние гармоничного габитуса, высокой семенной продуктивности вегетативного потомства на ЛСП и выдающегося роста полусибсового потомства в испытательных культурах.

Отобранные 7 элитных клонов составили всего 10 % от числа вовлеченных в СГО. По результатам испытаний семенного потомства (см. табл. 4) еще как минимум 16 ПД могли бы рассматриваться в качестве кандидатов в элиту. К указанному числу отнесены варианты с величиной показателя $Tst \geq 4,1$ на год последнего учета. Однако, несмотря на успешный рост семенного потомства, 13 клонов были отбракованы по признакам малой средней высоты, габитуса (длинные и толстые ветви, приводящие к снеголому) и слабой семенной продуктивности. Параметры дополнительно отобранных трех ПД приведены в таблице 6.

Данные таблицы 6 со всей очевидностью свидетельствуют, что даже после строгого отбора участие таких клонов на ЛСП 1,5 порядка может привести к снижению ее семенной продуктивности, что, конечно же, нежелательно. В случае реализации описанного варианта отбора доля элитных ПД (клонов) составила бы 14 % от числа вовлеченных в селекционную оценку.

Однофакторный дисперсионный анализ выявил статистически достоверное влияние генетических особенностей материнских ПД (клонов) на различия в росте семенного потомства. Показатель силы влияния исследуемого фактора составил $h^2 = 0,12$ ($F = 13,8$ при $F_{st} = 1,3-1,4-1,6$). Статистически значимые корреляции признаков материнских клонов с параметрами полусибсовых потомств в 7-летних ИК отражены в таблице 7. Обращает на себя внимание слабая и умеренная связь такого параметра, как «число верхушечных почек на побеге текущего года» с рядом параметров, связанных с активностью вегетативного роста клонов. Корреляционный анализ в 3-летних культурах показал статистически достоверную связь числа верхушечных почек с высотой семьи ($r = 0,84$) и высотой материнского клона ($r = 0,33$). Несмотря на то что в возрасте 7 лет достоверной корреляции высоты материнского клона с числом почек у семенного потомства не установлено, связь этого показателя с посемейными высотами ($r = 0,31$) в культурах и данные таблицы 7 свидетельствуют, что она пока сохраняется. Также была обнаружена статистически значимая умеренная корреля-

Таблица 4. Распределение семей сосны обыкновенной по уровню достоверности различия с контролем в испытательных культурах

Table 4. Distribution of Scots pine families by level of differences significance with the control in test cultures

Показатели Parameters	Достоверность различия (Tst) * Statistical significance			
	2014 г.			
	< 2,0	2,0–4,0	4,1–6,0	6,1 и более 6,1 and more
	6, 12, 109, 157, 158, 361, 396, 448, 515, 573, 577, 654, 688, 780, 850, 853, 855, 861, 871, 1026, 1038	459, 504, 516** , 528, 578, 62, 63, 644, 651, 687, 795, 835 , 841, 849, 875	104, 32, 432, 513, 522, 645, 657, 809, 864	107, 110, 114, 156, 36, 37, 40, 437, 451, 50, 505, 508, 510, 512, 59, 60 , 656, 752, 804, 815, 829 , 856 , 865, 876 , 900, 956, 962
Среднее Average	0,5	3,3	5,3	9,0
Доля Proportion, %	29,2	20,8	12,5	37,5
Среднее превышение (ОКС)*** Average superiority (GCA), %	1,7	14,3	23,2	34,4
	2016 г.			
	6, 12, 36, 37, 104, 109, 157, 158, 361, 396, 432, 448, 515, 522, 528, 573, 577, 644, 654, 687, 688, 780, 795, 809, 850, 853, 855, 861, 871, 1026, 1038	110, 40, 459, 504, 835 , 508, 510, 516 , 578, 62, 63, 651, 657, 841, 849, 856 , 875, 156	32, 512, 513, 59, 645, 864	107, 114, 437, 451, 50, 505, 60 , 656, 752, 804, 815, 829 , 865, 876 , 900, 956, 962
Среднее Average	-0,1	3,1	4,7	8,1
Доля Proportion, %	43,1	25	8,3	23,6
Среднее значение по ОКС, % Average superiority (GCA), %	-0,5	13,5	21,3	32,4
	2018 г.			
	6, 12, 36, 37, 40, 104, 109, 157, 158, 361, 396, 432, 448, 510, 515, 522, 528, 573, 577, 644, 651, 654, 657, 687, 688, 780, 795, 809, 841, 850, 853, 855, 861, 871, 1026, 1038	110, 156, 459, 504, 508, 513, 516 , 578, 59, 62, 63, 645, 849, 835 , 856 , 875	32, 437, 451, 512, 60 , 829 , 864	107, 114, 50, 505, 656, 752, 804, 815, 865, 876 , 900, 956, 962
Среднее Average	-0,4	2,7	4,6	7,6
Доля Proportion, %	50	22,2	9,7	18,1
Среднее значение по ОКС, % Average superiority (GCA), %	-0,8	9,1	17,6	24,5

Примечание. *Tst = {2,0–2,6–3,3}. **Жирным шрифтом выделены варианты элитных клонов. ***Здесь и в табл. 5, 6 и 9: ОКС (GCA) – общая комбинационная способность (general combining ability).

Note. *Tst = {2,0–2,6–3,3}. **Numbers of elite clones are given in bold. ***Here and in tables 5, 6 and 9: OCK (GCA) – general combining ability.

ция между высотой материнских клонов и их семенного потомства. В период исследований отмечено усиление тесноты данной связи. Так, в 2014 г. коэффициент корреляции составил 0,28; в 2016 г. – 0,31; в 2018 г. – 0,33. Следует

отметить, что увеличение данного показателя происходило, как указано выше, на фоне уменьшающихся различий большинства вариантов с контролем. Имеющийся материал позволяет подойти к вопросу оценки наследуемости тако-

Таблица 5. Лучшие клоны сосны Петрозаводской ЛСП по параметрам их вегетативного и семенного потомства

Table 5. Best clones of Petrozavodsk seed orchard by grafted and half-sib progenies assessment

Клон Clone	Параметры вегетативного роста клона Clone vegetative growth, 2007 г.				Репродуктивный потенциал клона (среднее за 2007–2010 гг.) Reproductive activity (averaged by 2007–2010)					Рост семенного потомства Half-sib progeny, 2018 г.	
	высота, м height, m	диаметр, см diameter, cm	диаметр кроны, м diameter crown, m	диаметр сучьев, см diameter branch, cm	число полнозерн. семян в шишке, шт. Full seed number.	масса 1000 шт., г 1000 pcs weight, g	мужское цветение, балл microstobole, ball	женское цветение, балл macrostobole, ball	число полнозерн. семян на рамету, шт. Full seed number, pcs	высота, см height, cm	ОКС, % GCA, %
60	10	19,9	5,0	4,4	21	6,1	5	3,5	11361	170	12,9
835	10	20,7	5,8	4,1	15	3,6	4,9	3,7	8895	169	11,9
876	10,2	20,6	4,8	4,1	21	5,4	4	4,1	14154	198	31,3
864	10,3	20,4	5,6	4	20	5,1	4,1	3,7	11860	194	28,8
516	10,4	21,1	5,1	4	18	5	3,6	3,5	9738	157	4,5
856	10,6	21,4	6,4	4,3	18	5,3	3,9	3,6	10206	162	7,6
829	10,8	22,4	6,0	5,5	24	6,7	4,3	2,8	9480	174	15,8
Среднее Average	10,3	20,9	5,5	4,4	20	5,3	4,2	3,6	10813	175	16,1
Среднее по участку № 7 ЛСП Average by seed orchard field no. 7	9,6	20,4	5,4	4,3	16	5,8	3,9	3,4	8240	контроль control	
										151	0
Разница Difference, %	7,6	2,6	2,1	1,2	22,4	-8,6	8,5	4,5	31,2	16,0	

Таблица 6. Лучшие клоны сосны Петрозаводской ЛСП, дополнительно отобранные по результатам испытания их семенного потомства

Table 6. Best clones of Petrozavodsk seed orchard additionally selected by half-sib progenies assessment

Клон Clone	Параметры вегетативного роста клона Clone vegetative growth, 2007 г.				Репродуктивный потенциал клона (среднее за 2007–2010 гг.) Reproductive activity (averaged by 2007–2010)					Рост семенного потомства Half-sib progeny, 2018 г.	
	высота, м height, m	диаметр, см diameter, cm	диаметр кроны, м diameter crown, m	диаметр сучьев, см diameter branch, cm	число полнозерн. семян в шишке, шт. Full seed number.	масса 1000 шт., г 1000 pcs weight, g	мужское цветение, балл microstobole, ball	женское цветение, балл macrostobole, ball	число полнозерн. семян на рамету, шт. Full seed number, pcs	высота, см height, cm	ОКС, % GCA, %
107	9,8	20,1	5,6	4,4	13	5,4	3,7	3,3	6370	185	22,6
114	10,4	20,9	5,7	3,5	18	4,6	4,5	2,7	6696	187	24,2
962	9,3	20,5	4,9	6,7	16	5,8	4,2	3,0	7072	180	19,5
Среднее Average	9,8	20,5	5,4	4,7	16	5,3	4,1	3,0	6713	184	22,1
Среднее по участку № 7 ЛСП Average by seed orchard field no. 7	9,6	20,4	5,4	4,3	16	5,8	3,9	3,4	8240	контроль control	
										151	0
Разница Difference, %	-2,1	0,5	0,0	9,3	0,0	-8,6	5,1	-11,8	-18,5	21,9	

Таблица 7. Корреляция параметров вегетативного потомства (клонов) плюсовых деревьев сосны обыкновенной на ЛСП I порядка с показателями роста и развития их полусибсового потомства в 7-летних испытательных культурах Маньга*

Table 7. Growth parameters correlation of grafted progenies in seed orchards and half-sib families in 7-year Manga progeny trial

Признаки клонов (ЛСП) Clones (seed orchard)	Признаки семенного потомства (ИК) Half-sib families (progeny trial)	Коэффициент корреляции Correlation
Сбег ствола Stem tapering	Число верхушечных почек на побеге текущего года Apical buds number	0,40**
Высота ствола Stem height	Высота ствола Stem height	0,33*
	Прирост текущего года в высоту Height increment	0,36**
Диаметр ствола Stem diameter	Число верхушечных почек на побеге текущего года Apical buds number	0,28*
Диаметр кроны Crone diameter	Число верхушечных почек на побеге текущего года Apical buds number	0,28*
Обилие микростробиллов Microstrobile abundance	Число верхушечных почек на побеге текущего года Apical buds number	0,27*

Примечание / Note. *P = 0,05; n = 59, $r_{crit} = 0,25$. **P = 0,01; n = 59, $r_{crit} = 0,34$.

Таблица 8. Корреляция параметров вегетативного потомства (клонов) плюсовых деревьев сосны обыкновенной на ЛСП I порядка с показателями роста и развития полусибсового потомства плюсовых деревьев в испытательных культурах Чепика*

Table 8. Growth parameters correlation of grafted progenies in seed orchards and half-sib families in the Chepica progeny trial

Признаки клонов (ЛСП) Clones (seed orchard)	Признаки семенного потомства (ИК) Half-sib families (progeny trial)	Коэффициент корреляции Correlation
Сбег ствола Stem tapering	Высота ствола Stem height	-0,34*
Форма кроны Crone form	Высота ствола Stem height	0,34*
	Диаметр ствола Stem diameter	0,33*
Высота ствола Stem height	Высота ствола Stem height	0,37*
Многоствольность Multistem fault	Стройность ствола Stem straightness	0,36*
	Многоствольность Multistem fault	0,36*
Тип корки Bark type	Стройность ствола Stem straightness	0,33*
	Число полнозернистых семян на рамету Full seed number per ramet	0,36*
Толщина ветвей Branch thickness	Многоствольность Multistem fault	-0,33*

Примечание / Note. *P = 0,05; n = 43, $r_{crit} = 0,29$

го важнейшего показателя, как быстрота роста у сосны обыкновенной. Как известно, коэффициент наследуемости в узком смысле представляет собой отношение аддитивной компоненты генотипической вариации к общей фенотипической ($h^2 = \sigma_A^2 / \sigma_{ph}^2$). Данный показатель может быть рассчитан рядом способов, в т. ч. как равный удвоенному коэффициенту корреляции по выбранному признаку в системе «родители – потомки» [Котов, Лебедева, 1977]. В соответствии с данным методическим подходом иско-

мая величина (h^2) составила: в 2014 г. – 0,56; в 2016 г. – 0,62; в 2018 г. – 0,66.

В таблице 8 представлены статистически достоверные коэффициенты корреляции параметров клоновых и полусибсовых потомств плюсовых деревьев (культуры Чепика). При этом необходимо учесть, что для данного опыта семенные потомства выращены из семян, собранных не с клонов на ЛСП, а непосредственно с самих ПД в насаждениях. Данные таблицы свидетельствуют о наследовании такого

Таблица 9. Лучшие плюсовые деревья (клоны), отобранные по результатам роста полусибсового потомства в испытательных культурах Чепика

Table 9. Best plus trees (clones) selected according to half-sib progeny estimations in the Chepica progeny trial

№ п/п N	№ ПД Plus tree ID	Параметры вегетативного роста клона, 2017 г. Clone vegetative growth, 2017				ОКС полусибсов Half-sib families GCA, %			Средние репродуктивные параметры клонов на ЛСП Reproductive activity of clones in seed orchard (2017–2019 гг.)			
		высота, м height, m	диаметр ствола, см stem diameter, cm	диаметр кроны, см crown diameter, cm	диаметр сучьев, см branch diameter, cm	высота height	диаметр diameter	объем ствола stem volume	микростробилы, балл microstrobile, ball	макростробилы, балл macrostrobile, ball	обилие шишек, балл cone abundance, ball	число полнозернистых семян на рамете, шт. full seed number per ramet, pcs
1	158	13,0	26,3	6,9	2,7	5,0	5,9	11,4	3,2	3,7	3,4	9488
2	329	11,9	25,0	7,0	4,4	12,0	12,9	28,2	3,9	3,3	3	7840
3	371	10,9	23,1	7,1	4,9	28,4	30,0	71,9	4,8	4,5	4,1	12592
4	853	14,1	25,7	6,0	4,4	10,7	12,2	25,1	4,5	3,4	3,1	8240
5	955	15	26,1	6,1	3,6	9,1	9,5	21,3	4,1	3,7	3,4	9488
6	1024	13,2	26,1	7,2	4	24	24,6	60,8	3,8	4	3,6	10336
7	1025	13	28,2	7,2	4	15,1	18,9	36,2	2,8	3,5	3,2	8656
8	1026	11,7	21,5	10,7	5,0	24,9	27,3	62,8	3,2	3,2	2,9	7456
9	1042	13,4	23,2	5,9	2,5	14,1	14,8	33,5	3,6	4,3	3,9	11680
10	1231	14,1	27,6	7,7	4,7	19,1	20,1	47,1	4,6	4,4	4	12128
Среднее Average		13,0	25,3	7,2	4,0	16,2	17,6	39,8	3,9	3,8	3,5	9790
Среднее по всем кло- нам (51 шт.) Average of all clones (51 sp.)		13,3	25,0	6,9	4,0	-	-	-	3,7	4,0	3,6	10336
Разница, % Difference, %		-2,0	1,1	4,1	0,5	-	-	-	4,1	-5,0	-3,9	-5,3

важного признака, как скорость роста, а также склонности к раздвоению ствола и многостволости.

Подробно результаты исследований, проведенных в 30-летних испытательных культурах, освещены ранее [Раевский и др., 2018]. Анализ таксационных параметров лучших делянок испытательных культур в 30-летнем возрасте показал, что из 107 потомств плюсовых деревьев сосны 17 (15,9 %) имели статистически достоверное преимущество по показателям роста относительно общей средней величины для всех остальных вариантов делянки. Однако 7 потомств из этого набора были отбракованы именно по причине плохой формы ствола. Данные по 10 лучшим ПД, которые по результатам испытаний могут быть отнесены к категории «элитные», представлены в таблице 9. Исходя из данных таблицы можно заключить, что в случае формирования из этих клонов плантации I,5 порядка ее габитуальные и репродуктивные характеристики не изменятся существенным образом по сравнению с ЛСП I порядка.

В результате сравнительного анализа состава испытываемых плюсовых деревьев на обследованных участках ИК было выявлено, что одновременно в двух опытах представлено 21 ПД. Как уже отмечалось ранее, в культурах Маньга это были семенные потомства клонов ПД, произрастающих на ЛСП, а в культурах Чепика – потомства непосредственно самих ПД. Исследования показали, что в данном наборе не нашлось ни одного варианта, который был бы отнесен к числу лучших (достоверно превосходящих контроль) одновременно в обоих опытах.

Как известно, селекция сосны обыкновенной ведется в первую очередь на быстроту роста. Выявленные закономерности подтверждают перспективность такого подхода. Однако во внимание должны быть приняты ряд важных аспектов. Предшествующими исследованиями [Раевский, 2015] показано отсутствие значимой корреляции между ростовыми параметрами (высотой, диаметром и т. д.) самого ПД в насаждении (*in situ*) и его клонового потомства.

ва на ЛСП (*ex situ*). В природной среде многие наследственно обусловленные габитуальные характеристики особи остаются скрытыми. Поэтому оценка наследуемости должна осуществляться именно в системе: клоны на ЛСП – семенное потомство в ИК, и никак иначе. Была также выявлена умеренная достоверная отрицательная корреляция между высотой клона и обилием макростробилов. Следовательно, одной из важнейших задач в селекции сосны обыкновенной будет не допустить снижения урожайности ЛСП 1,5 порядка. Решение ее возможно только путем поиска уникальных генотипов, сочетающих задатки быстрого роста, гармоничного габитуса и высокой семенной продуктивности.

На ЛСП I число клонов должно быть не меньше 50, тогда как на ЛСП повышенной генетической ценности их число не регламентируется [Указания..., 2000]. В селекционных программах сосны в Финляндии и Швеции рекомендуется включать в ЛСП последующих порядков примерно 20 клонов [Nikkanen, Antola, 1998; Lindgren, Prescher, 2005]. Таким образом, чтобы при интенсивности отбора, равной 10–15 %, сформировать минимально необходимый набор ПД для создания ЛСП повышенной генетической ценности, необходимо провести комплексную селекционно-генетическую оценку примерно 150 клонов сосны, уже произрастающих на ЛСП I порядка. В нашем случае такой набор был сформирован по результатам СГО 123 клонов, при этом 10 кандидатов в элиту были отобраны в культурах Маньга и столько же в культурах Чепика.

Заключение

Обобщая имеющуюся информацию в той области знаний, которой посвящена данная статья, следует отметить следующее.

Неразвитость сети испытательных культур в системе единого генетико-селекционного комплекса РФ в ближайшей перспективе будет выступать серьезным ограничителем его дальнейшего развития, в частности, в аспекте создания ЛСП повышенной генетической ценности.

Очевидно, что в нормативные документы, определяющие порядок селекционно-генетической оценки плюсовых деревьев хвойных пород, в частности сосны обыкновенной, должны быть внесены серьезные изменения, касающиеся методики и сроков испытаний.

Результаты исследований, изложенные в настоящей статье, свидетельствуют в пользу того, что надежные предварительные оценки

полусибсовых потомств могут быть получены в испытательных культурах начиная с 7-летнего возраста, при общем сроке испытаний, не превышающем 25–30 лет.

Оценки успешности роста семенного потомства плюсовых деревьев в испытательных культурах в обязательном порядке следует дополнять оценками особенностей габитуса и репродуктивного потенциала вегетативного потомства этих деревьев на лесосеменных плантациях. Только в этом случае селекционно-генетическую оценку можно считать завершенной. Принципиально важно осуществлять селекционно-генетическую оценку плюсовых деревьев именно в системе: клоновые ЛСП (вегетативное потомство) – испытательные культуры (полусибсовое и полносибсовое потомство).

Необходимо безотлагательно приступить к созданию ЛСП 1,5 порядка, базируясь на данных, уже полученных в существующих испытательных культурах и лесосеменных плантациях.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН).

Литература

- Ивантер Э. В., Коросов А. В. Введение в количественную биологию. Учебное пособие. Петрозаводск: ПетрГУ, 2003. 304 с.
- Котов М. М., Лебедева Э. П. Применение биометрических методов в лесной селекции. Горький: ГГУ, 1977. 119 с.
- Лесосеменное районирование основных лесобразующих пород в СССР. М.: Лесн. пром-ть, 1982. 368 с.
- Маслаков Е. Л. Формирование сосновых молодых. М.: Лесн. пром-ть, 1984. 168 с.
- Плюхинский Н. А. Биометрия. М.: Высш. школа, 1970. 343 с.
- Раевский Б. В. Селекция и семеноводство сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и сосны скрученной (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* Engelm) на северо-западе таежной зоны России: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Петрозаводск, 2015. 43 с.
- Раевский Б. В., Мордась А. А. Селекционно-генетическая оценка клонов сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях первого порядка. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. 90 с.
- Раевский Б. В., Щурова М. Л., Чепик Ф. А. Некоторые результаты селекционно-генетической оценки плюсовых деревьев сосны обыкновенной в испытательных культурах Карелии // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. № 224. С. 6–20.
- Раевский Б. В., Щурова М. Л. Методика селекционно-генетической оценки клонов сосны обыкновенной

венной на лесосеменных плантациях // Сибирский лесной журнал. 2016. № 5. С. 91–98.

Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. 197 с.

Федорков А. Л., Туркин А. А. Возраст оценки потомств в испытательных культурах плюсовых деревьев сосны // Вестник ИБ Коми НЦ УрО РАН. 2005. № 4. С. 19–20.

Danell O. Possible gains in initial stages of a national tree improvement programme using different techniques // Proceed. from the Nordic tree breeders meeting. Denmark, 1990. P. 11–30.

Danell O. Tree breeding strategy: are we too concerned conservationists but inefficient breeders? // Progeny testing and breeding strategies, Proc. from a Meeting with the Nordic Group for Tree Breeding, Oct. 1993. Forestry Commission, Ediburg. P. 80–94.

Haapanen M. Evaluation of options for use in efficient genetic field testing of *Pinus sylvestris* (L.) // Finnish Forest Research Institute, Research Papers 826. 2002. 144 p.

Haapanen M. Forest Tree Breeding 2050 – Finland's New Tree Breeding Plan // Status, monitoring and tar-

gets for breeding programs: Proceed. Meeting of Nordic Tree Breeders and Forest Geneticists (Syktyvkar, Komi Republic, Russia, September 13–15, 2005). Syktyvkar, 2005. P. 102–103

Jansons A. Scots Pine breeding strategy in Latvia // Status, monitoring and targets for breeding programs: Proceed. Meeting of Nordic Tree Breeders and Forest Geneticists (Syktyvkar, Komi Republic, Russia, September 13–15, 2005). Syktyvkar, 2005. P. 104–105.

Lindgren D. Prediction and optimization of genetic gain with regard to genotype x environment interactions // Studia Forestalia Suecica. 1984. Vol. 166. P. 15–24.

Lindgren D., Prescher F. Clone number for seed orchards with tested clones // Silvae Genetica. 2005. No. 54. P. 80–92.

Nikkanen T., Antola J. Principles of establishment of elite seed orchards in Scots pine // Metsätieteen aikakauskirja. 1998. No. 3. P. 421–428. (In Finnish).

Squillace A. E., Gansel Ch. R. Juvenile: Mature correlations in Slash Pine // Forest Sci. 1974. Vol. 20, no. 30. P. 225–229.

Поступила в редакцию 18.11.2019

References

Fedorov A. L., Turkin A. A. Vozrast otsenki potomstv v ispytatel'nykh kul'turakh plyusovykh derev'ev sosny [The age of estimation of Scots pine families in progeny trials]. Vestnik IB Komi NTs UrO RAN [Proceed. Komi SC UrB RAS]. 2005. Vol. 4. P. 19–20.

Ivanter E. V., Korosov A. V. Vvedenie v kolichestvennyu biologiyu: Uch. posobie [Introduction to quantitative biology: a study guide]. Petrozavodsk: PetrGU, 2003. 304 p.

Kotov M. M., Lebedeva E. P. Primenenie biometricheskikh metodov v lesnoi selektsii [Application of statistical methods in forest tree breeding]. Gor'kii: GGU, 1977. 119 p.

Lesosemennoe raionirovanie osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod v SSSR [Forest seed zoning for the main forests species in the USSR]. Moscow: Lesn. prom-t', 1982. 368 p.

Maslakov E. L. Formirovanie sosnovykh molodnyakov [The growth and development of young pine stands]. Moscow: Lesn. prom-t', 1984. 168 p.

Plokhinskii N. A. Biometriya [Biometry]. Moscow: Vyssh. shkola, 1970. 343 p.

Raevsky B. V. Seleksiya i semenovodstvo sosny obyknovennoi (*Pinus sylvestris* L.) i sosny skruchennoi (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* Engelm) na severo-zapade taezhnoi zony Rossii [Breeding of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* Engelm) in the North-West of Russia]: Dsc (Dr. of Agr.) thesis. Petrozavodsk, 2015. 43 p.

Raevsky B. V., Mordas' A. A. Seleksionno-geneticheskaya otsenka klonov sosny obyknovennoi na lesosemennyykh plantatsiyakh pervogo poryadka [Genetic and breeding assessment of Scots pine clones in seed orchards of the I generation]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2006. 90 p.

Raevsky B. V., Schurova M. L., Chepik F. A. Nekotorye rezul'taty seleksionno-geneticheskoi otsenki plyu-

sovykh derev'ev sosny obyknovennoi v ispytatel'nykh kul'turakh Karelii [Some results of Scots pine plus trees breeding assessment in progeny trial in Karelia]. Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekh. akad. [Proceed. St. Petersburg St. Forest Technical Acad.]. 2018. Vol. 224. P. 6–20.

Raevsky B. V., Schurova M. L. Metodika seleksionno-geneticheskoi otsenki klonov sosny obyknovennoi na lesosemennyykh plantatsiyakh [Method of genetic and breeding assessment of Scots pine clones in seed orchards]. Sibirskii lesnoi zhurnal [Siberian J. Forest Sci.]. 2016. No. 5. P. 91–98.

Ukazaniya po lesnomu semenovodstvu v Rossiiskoi Federatsii [Guidelines for forest tree breeding in the Russian Federation]. Moscow, 2000. 197 p.

Danell O. Possible gains in initial stages of a national tree improvement programme using different techniques. Proceed. from the Nordic tree breeders meeting. Denmark, 1990. P. 11–30.

Danell O. Tree breeding strategy: are we too concerned conservationists but inefficient breeders? Progeny testing and breeding strategies, Proc. from a Meeting with the Nordic Group for Tree Breeding, October 1993. Forestry Commission, Ediburg. P. 80–94.

Haapanen M. Evaluation of options for use in efficient genetic field testing of *Pinus sylvestris* (L.). Finnish Forest Research Institute, Research Papers, 826. 2002. 144 p.

Haapanen M. Forest Tree Breeding 2050 – Finland's New Tree Breeding Plan. Status, monitoring and targets for breeding programs: Proceed. Meeting of Nordic Tree Breeders and Forest Geneticists (Syktyvkar, Komi Republic, Russia, September 13–15, 2005). Syktyvkar, 2005. P. 102–103.

Jansons A. Scots Pine breeding strategy in Latvia. Status, monitoring and targets for breeding programs: Proceed. Meeting of Nordic Tree Breeders and Forest

Geneticists (Syktyvkar, Komi Republic, Russia, September 13–15, 2005). Syktyvkar, 2005. P. 104–105.

Lindgren D. Prediction and optimization of genetic gain with regard to genotype x environment interactions. *Studia Forestalia Suecica*. 1984. Vol. 166. P. 15–24.

Lindgren D., Prescher F. Clone number for seed orchards with tested clones *Silvae Genetica*. 2005. No. 54. P. 80–92.

Nikkanen T., Antola J. Principles of establishment of elite seed orchards in Scots pine. *Metsätieteen aikakauskirja*. 1998. No. 3. P. 421–428. (In Finnish).

Squillace A. E., Gansel Ch. R. Juvenile: Mature correlations in Slash Pine. *Forest Sci.* 1974. Vol. 20, no. 3. P. 225–229.

Received November 18, 2019

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Раевский Борис Владимирович

ведущий научный сотрудник лаб. лесных биотехнологий,
д. с.-х. н.
Институт леса КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: borisraevsky@gmail.com
тел.: 89114014890

Куклина Кира Константиновна

младший научный сотрудник лаб. биотехнологии
Отдел комплексных научных исследований,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: kuklinovskaya@mail.ru

Щурова Марина Львовна

инженер
Карельская лесосеменная станция – отдел
Центра защиты леса Ленинградской области
Южная промзона, а/я 392, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185035
эл. почта: czlspb.rk@rambler.ru

CONTRIBUTORS:

Raevsky, Boris

Forest Research Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: borisraevsky@gmail.com
tel.: +79114014890

Kuklina, Kira

Department for Multidisciplinary Scientific Research,
Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: kuklinovskaya@mail.ru

Schurova, Marina

Branch Office of Leningrad Forest Protection Centre,
“Karelian Tree Seed Station”
POB 392, Yuzhnaya Promzona, 185035 Petrozavodsk, Karelia,
Russia
e-mail: czlspb.rk@rambler.ru