

УДК 630*165.4: 582.475

МЕТОДИКА СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КЛОНОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЯХ

Б. В. Раевский¹, М. Л. Щурова²

¹ *Институт леса Карельского научного центра РАН
185960, Петрозаводск, Пушкинская, 11*

² *Филиал Центра защиты леса Ленинградской области
Карельская лесосеменная станция
185035, Петрозаводск, проезд Строителей, 50*

E-mail: borisraevsky@gmail.com, czlspb.rk@rambler.ru

Поступила в редакцию 02.11.2015 г.

Сформулированы основные положения 4-этапной комплексной методики селекционно-генетической оценки плюсовых деревьев сосны обыкновенной, основанной на корреляционных связях габитуальных и репродуктивных параметров вегетативного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной, а также данных по росту и развитию их семенного потомства. На первом этапе оценки в качестве ведущего признака принимается высота ствола клона с пороговым значением ($\geq \bar{X} + 0.5\sigma_x$), на втором – анализируется вся совокупность габитуальных признаков. Ведущим количественным признаком выступает средний диаметр у основания трех самых толстых веток, расположенных на высоте 1.5–2.0 м. При формировании выборки не допускается его увеличение более чем на 1–2 % по сравнению со средней величиной, рассчитанной для участка. На третьем этапе ведется отбор по признакам семенной продуктивности клонов. В качестве ведущего рассматривается признак «число полнозернистых семян на одну рамету» с отбором по стандарту ($> = \bar{X}$). Четвертый этап заключается в испытании семенного потомства и оценке клонов по общей и специфической комбинационной способности (ОКС и СКС). Сделан вывод, что интенсивная селекция по показателям быстроты роста и семенной продуктивности на этапе лесосеменных плантаций I порядка является залогом существенного генетического выигрыша на последующих этапах селекции. Применение разработанной методики позволило сформировать выборку клонов сосны обыкновенной в размере 10 % от исходного их числа (72 шт.), вовлеченных в селекционную работу. В результате средняя высота, диаметр ствола, диаметр ветвей и ширина кроны отселектированного набора клонов увеличились на 7.6, 2.6, 1.2 и 2.1 % соответственно при одновременном росте семенной продуктивности на 43.2 %.

Ключевые слова: плюсовая селекция, сосна обыкновенная, лесосеменная плантация, испытательные культуры, быстрота роста, семенная продуктивность.

DOI: 10.15372/SJFS20160509

ВВЕДЕНИЕ

Система так называемой плюсовой селекции основных лесообразующих видов, в том числе сосны обыкновенной, практикуется на территории России с конца 60-х гг. XX в. Однако до сих пор так и не сформировался общепринятый методический подход в решении ее центральной задачи – оценке наследственности плюсовых деревьев, отобранных по фенотипу. В основополагающем для селекционного семеноводства

документе «Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации» (2000), по сути, формулируются лишь общие методические подходы к решению данного вопроса и называется его конечный результат – выделение элитных плюсовых деревьев (ПД). Анализируя содержание глав 4 и 6 данного документа, можно заключить, что лесосеменные плантации повышенной генетической ценности (I.5 порядка) должны создаваться вегетативным потомством (клонами) ПД, выделенным по результатам предварительной

генетической оценки. Под этим подразумеваются результаты оценки семенного потомства ПД в испытательных культурах (ИК) по достижению ими II класса возраста (не менее 21 года для хвойных видов). Для создания ЛСП II порядка клонами элитных деревьев необходимо иметь результаты их окончательной оценки в ИК за период не менее $\frac{1}{2}$ возраста рубки главного пользования, или возраста спелости, принятого для данного вида в конкретной лесорастительной зоне. В таком случае несложно подсчитать, что в таежной зоне возможность приступить к закладке ЛСП II порядка сосны обыкновенной возникает не ранее чем через 40 лет после начала испытаний семенного потомства клонов. Не следует забывать, что перед этим необходимо еще осуществить оценку вегетативного потомства по репродуктивным особенностям (семенной продуктивности) или, по крайней мере, заготовить семена в необходимом количестве, вырастить посадочный материал и лишь потом выполнить закладку самих ИК. Очевидно, что сами временные рамки опытов, а также ряд других методических требований по их созданию (Основные положения..., 1982) при существующем уровне финансирования лесного селекционного семеноводства делают описанную работу практически невыполнимой.

Анализ публикаций, посвященных проблеме селекционно-генетической оценки ПД, показывает, что в большинстве из них речь идет преимущественно о сравнительной оценке ПД по семенному потомству от свободного опыления (Багаев, 1983; Демиденко, Тараканов, 2008; Царев, Лаур, 2009; Ефимов, 2010). Обобщая их выводы, можно заключить, что число потомства, достоверно превышающего стандарт (средний для всей совокупности испытываемых вариантов показатель), в возрастном промежутке от 6 до 30 лет может составить по высоте 20–22, а по диаметру – до 10 %. При этом необходимо учитывать, что в первые 10–15 лет роста культур основным непосредственно измеряемым и оцениваемым показателем является высота растений. В дальнейшем эта роль переходит к диаметру на высоте груди. Небольшая величина ОКС (обычно на уровне 5–15, максимально – до 19–22 %) и низкая доля потомства с таким показателем свидетельствуют как бы не в пользу системы плюсовой селекции. К этому еще следует добавить невысокие (0.1...0.3) величины коэффициента наследуемости в узком смысле (η^2), отражающего долю аддитивных эффектов (Молотков, Патлай, 1990). Не удивительно, что

появляются публикации, где говорится о нулевом и даже отрицательном эффекте плюсовой селекции (Авров, 2001; Рогозин, 2015). Полемика на эту тему не является целью данной статьи. Следует лишь отметить, что, во-первых, ожидания здесь, по всей видимости, были явно завышены, во-вторых, можно утверждать, что данная система не была должным образом реализована в России, поэтому и дискуссия о ее эффективности носит в значительной мере схоластический характер.

Признаком, который чаще всего фигурирует при оценке вегетативного потомства ПД, является семенная продуктивность. Есть работы, где оценка клонов производится по числу полнозернистых семян на рамету и росту их семенного потомства с присвоением им соответствующих рангов. В итоге формируется обобщенная характеристика ПД (совокупный ранг) по этим двум показателям (Николаев, Куликова, 2006). Данный подход выглядит логичным, но недостаточным. В наборах клонов сосны на ЛСП встречается потомство, склонное к многоствольности либо имеющее сильноосебжистый ствол и массивную крону, образованную длинными и толстыми ветвями. Такие морфотипы подвержены снеголому и крайне нежелательны с позиции качества ствола.

Таким образом, методике оценки клонов на ЛСП явно не хватает комплексности подхода, определенности в наборе признаков и их количественных характеристиках. Не ясными остаются временные рамки данного процесса. Можно ли вести оценку клонов на ЛСП одновременно с испытанием их семенного потомства или это нужно делать заранее? В каком возрасте самой ЛСП следует начинать оценку клонов по комплексу признаков и появляется возможность заготовить необходимое количество семян для выращивания посадочного материала?

Очевидно, что отечественные лесные селекционеры остро нуждаются в научно обоснованной методике селекционно-генетической оценки ПД для перехода к этапам закладки ЛСП I.5 и II порядков, *разработка которой и являлась целью настоящей работы*. В процессе многолетних исследований изучались корреляции множества количественных и качественных признаков, необходимых для составления характеристики морфотипа ПД и выявления его селекционной ценности. Несомненно, что наиболее эффективной будет такая методика селекционной оценки, в которой используется организованная в соответствующие базы данных разно-

образная информация, касающаяся объектов трех категорий: материнских плюсовых деревьев, их вегетативного потомства на ЛСП и семенного потомства в испытательных культурах. Однако значимость данных по перечисленным категориям будет разной. Поскольку хозяйственно ценные количественные признаки деревьев экологически весьма лабильны, существует высокая вероятность того, что выдающийся экстерьер некоторых деревьев является следствием случайного сочетания благоприятных условий для данной особи. Оценка плюсовых деревьев непосредственно в древостое (*in situ*) и сбор с них шишек весьма затруднительны. В связи с этим, вероятнее всего, в системе селекционно-генетической оценки информация о самом плюсовом дереве будет иметь ограниченное значение. Иное дело, когда речь идет о вегетативном потомстве ПД на ЛСП. Выровненные условия светового и минерального питания на плантации, наличие повторностей (рамет), размещение клонов по определенной схеме, обеспечивающей нахождение прививок в фазе индивидуального роста в течение не менее 15 лет, создают предпосылки для объективной оценки клона по комплексу габитуальных и репродуктивных признаков. Именно здесь выясняется, что наряду со скоростью роста в высоту и по диаметру такие признаки, как сбежистость ствола, длина и толщина ветвей, ширина кроны, в значительной степени обусловлены генетически. При росте в высокополнотном древостое они остаются скрытыми и поэтому не могут быть правильно оценены на этапе отбора плюсовых деревьев. Кроме того, в испытательных культурах, как правило, используются семена не с самих плюсовых деревьев, а с плантаций, где растут их клоны, и состав опылителей там иной, чем в насаждении (Ефимов, 1981). Сказанное свидетельствует,

что в разработке методики селекционно-генетической оценки ПД, отобранных по фенотипу, будут иметь ключевое значение две категории объектов: вегетативное потомство (клоны) ПД на лесосеменных плантациях и их семенное потомство в испытательных культурах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В процессе разработки системы селекционно-генетической оценки по всем когда-либо отобранным в Карелии ПД сосны обыкновенной была сформирована база данных в формате Access, включающая всю имеющуюся в паспорте плюсового дерева информацию относительно его самого и насаждения, где производился отбор. Ее анализ представляет самостоятельный интерес, а результаты опубликованы (Раевский, Щурова, 2013). Многолетними (продолжительностью до 30 лет) исследованиями было охвачено 111 клонов сосны, произраставших на семи участках. Методика данной работы в значительной степени изложена в предыдущих публикациях (Раевский, Мордась, 2006; Раевский, 2012, 2013). При описании вегетативного роста и габитуса клона определяли 13 параметров, в том числе 9 визуально (табл. 1) и 4 инструментально, а именно:

- общую высоту растения (м) с точностью до 0.25 м;
- диаметр ствола на высоте груди (см) с точностью до 1 мм;
- диаметр кроны (м) вдоль и поперек ряда с точностью до 5 см;
- диаметр у основания трех самых толстых веток (см), расположенных на высоте 1.5–2 м, с точностью до 1 мм (см. табл. 1).

Обилие репродуктивных процессов и структуру урожая клонов оценивали по 16 признакам.

Таблица 1. Градация глазомерно оцениваемых фенотипических габитуальных признаков

Признак	Градация глазомерной оценки
Сбег ствола	1 – слабый; 2 – средний; 3 – сильный
Окраска коры (до ½ высоты)	1 – светло-оранжевая; 2 – оранжевая; 3 – темно-оранжевая
Структура коры (до ½ высоты)	1 – мелкопластинчатая; 2 – пластинчатая; 3 – крупнопластинчатая
Форма кроны	1 – узкояйцевидная; 2 – яйцевидная; 3 – широкояйцевидная; 4 – обратнойяйцевидная; 5 – овальная; 6 – веретенообразная
Архитектоника кроны	1 – ажурная; 2 – редкая; 3 – средняя; 4 – густая
Длина ветвей	1 – короткие; 2 – средние; 3 – длинные
Толщина ветвей	1 – тонкие; 2 – средние; 3 – толстые
Угол ветвления	1 – 40–45°; 2 – 46–50°; 3 – 51–70°; 4 – 71–90°
Дефекты и повреждения ствола и ветвей	1 – раздвоение; 2 – многоствольность; 3 – снеголом

Таблица 2. Градация глазомерно оцениваемых фенотипических признаков шишек и семян клонов сосны обыкновенной

Признак	Градация глазомерной оценки
	<i>Шишки</i>
Форма апофиза	1 – плоский (plana); 2 – слабовыпуклый, ближе к plana; 3 – слабовыпуклый; 4 – слабовыпуклый, ближе к gibba; 5 – выпуклый (gibba); 6 – крючковатый (reflexa)
	<i>Семена</i>
Цвет крылатки	1 – светло-коричневая (желтоватая с едва заметным жилкованием); 2 – светло-коричневая с продольным коричневым жилкованием; 3 – коричневая однотонная; 4 – темно-коричневая насыщенная
Цвет семени	1 – серое; 2 – серое в черную крапинку; 3 – бурое; 4 – коричневое; 5 – коричневое в черную крапинку; 6 – черное; 7 – темно-бурое с черными угольными крапинами

Глазомерные учеты обилия мужского и женского цветения (2007–2011 гг.) проводили по шестибальной шкале (Козубов, 1974), откорректированной применительно к лесосеменным плантациям (Раевский, Мордась, 2006). С пяти рамет каждого клона отбирали нормально развитые, здоровые шишки в количестве 12 шт. на рамету. В лабораторных условиях измеряли: длину шишки, ее диаметр в самом широком месте (с точностью до 0,1 мм), ее объем (с точностью до 1 мл) и глазомерно определяли форму апофиза. После высушивания из каждой шишки извлекали все семена (полные и пустые), которые далее хранили и обрабатывали отдельно. При обработке образцов у каждой раметы отбирали 5 нормально развитых семян с крылатками. Измеряли: длину семени с крылаткой, ширину крылатки, длину и ширину семени. Затем семена обескрыливали. Пустые семена отделяли от полных. Глазомерно определяли цвет крылатки и полных семян (табл. 2).

Полные семена, извлеченные из шишки, подсчитывали и взвешивали с точностью до 0.5 мг. Для семенного потомства изучаемых клонов на этапе выращивания посадочного материала учитывали до 10 признаков, в том числе:

- высоту надземной части, см;
- диаметр у корневой шейки, мм;
- число семядолей;
- количество верхушечных почек;
- количество боковых побегов;
- длину максимального бокового побега, см;
- длину хвои, см;
- наличие треххвойных брахибластов;
- абсолютно сухую массу хвои, г;
- абсолютно сухую массу стволиков, г.

В испытательных культурах оценивали следующие основные 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;
- прирост в высоту текущего года;
- число боковых побегов в мутовке текущего года.

Таким образом, в процессе разработки методики селекционно-генетической оценки во внимание принято 44 инструментально и глазомерно оцениваемых параметра. Полученный фактический материал всесторонне статистически исследовали с использованием общепринятых методов описательной статистики, корреляционного и дисперсионного анализов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Селекционно-генетическая оценка клонов на ЛСП I порядка является одним из ключевых мероприятий системы плюсовой селекции, призванным решить нижеперечисленные фундаментальные задачи.

1. Выявить клоны, подлежащие безусловной и, по всей видимости, окончательной отбраковке в силу крайне плохой формы ствола, подверженности сильному снеголому, наличию иных серьезных недостатков (многоствольность, толстые сучья, пасынки и т. п.), делающих неперспективными их дальнейшие испытания.

2. Идентифицировать клоновые потомства на предмет составления их комплексных «морфопортретов» и определения «чистоты» их представленности на ЛСП.

3. Сформировать набор перспективных клонов, семенное потомство которых в первоочередном порядке должно пройти через испытательные культуры.

4. Выявить уникальные генотипы (клоны), сочетающие в себе хороший вегетативный рост, габитус, обеспечивающий хорошее качество

ствола, устойчивость к абиотическим факторам среды, высокую семенную продуктивность, и при всем при этом дающие быстрорастущее семенное потомство.

Ниже приводятся основные постулаты, сформулированные в процессе разработки и применения данной методики на прививочных ЛСП сосны в Карелии.

Несмотря на имеющиеся отклонения, распределение материнских плюсовых деревьев и их клонов по показателям вегетативного роста (высоте, диаметру ствола и ширине кроны) в целом соответствует закону нормального распределения. Ни один из параметров, характеризующих продуктивность древостоев, где велся отбор плюсовых деревьев (средние диаметр и высота, бонитет, запас), и ни один из параметров самих материнских ПД не имеют статистически значимой корреляции с ростовыми и репродуктивными характеристиками своих клонов. Паспорт плюсового дерева, как правило, не содержит значимой информации по репродуктивным характеристикам данного объекта. Таким образом, предсказать ранговое положение клона на ЛСП по росту или семеношению невозможно.

Дисперсионным анализом показано, что параметры вегетативного роста сосны в значительной степени контролируются генотипом ($\eta^2 = 0.32-0.70$), что делает эффективным клонный отбор по прямым признакам. Тесная корреляция ($r = 0.65-0.85$) между величиной годового прироста в высоту клона уже в первые 3–5 вегетационных сезонов после посадки с его средней высотой в старшем возрасте (27 лет) дает возможность ранней идентификации быстрорастущих клонов. Тесная положительная корреляция ($r = 0.79$) среднего количества макростробилов за первое пятилетие с момента появления женского цветения со среднемноголетним баллом цветения клона позволяет осуществлять селекционную оценку вегетативного потомства плюсовых деревьев по интенсивности женского цветения в течение первых 10 лет с момента посадки плантации.

Эмпирическое распределение самих клонов по высоте, диаметру и ширине кроны принимается как соответствующее нормальному распределению с правосторонней асимметрией и положительным эксцессом, благоприятствующим отбору именно по высоте ствола. В соответствии с закономерностями нормального распределения такой отбор, если исходить из стандарта ($\geq \bar{X} + 0.5\sigma_x$), предоставляет в распоряжении селекционера до 32 % вегетативных

потомств плюсовых деревьев, которые следует оценивать как действительно обладающие «генами быстрого роста». В габитуальном аспекте данная группа не является однородной. В ее составе встречаются клоны неперспективных морфотипов, имеющих сильноосежистый ствол, раскидистую крону, образованную толстыми и длинными ветвями, склонных к многоствольности и т. п. Выявлено, что такой показатель, как средний диаметр у основания трех самых толстых веток, расположенных на высоте 1.5–2.0 м, имеет достоверную положительную корреляцию ($r = 0.31 \dots 0.65$) со сбегом и высотой ствола, диаметром кроны, длиной и толщиной ветвей, но при этом отрицательно коррелирует с обилием макростробилов ($r = -0.35$).

Из всех параметров, характеризующих активность репродуктивной сферы клонов сосны, только один может быть выделен в качестве интегрального признака, отражающего реальный вклад клона в урожай лесосеменной плантации и генофонд будущих поколений – это среднее число полнозернистых семян на одну прививку. Его следует считать вторым по важности после оценки роста клона сосны в высоту. Распределение клонов сосны по числу полнозернистых семян на рамету является частным случаем нормального распределения с выраженной левосторонней асимметрией и коэффициентом вариации, достигающим 50.0 %. Селекция только по нему в соответствии со стандартом ($\geq \bar{X} + 0.5\sigma_x$) позволила бы отобрать 26.7 % от общего числа испытываемых клонов. Однако необходимо учесть слабую, но достоверную отрицательную корреляцию ($r = -0.31$) высоты ствола клона с обилием макростробилов. При селекции по двум признакам по стандарту ($\geq \bar{X} + 0.5\sigma_x$) в отношении каждого из них число клонов, удовлетворяющих этим требованиям, становится слишком малым. В целом же вариант селекции одновременно по этим двум признакам выглядит наиболее оптимальным в селекции сосны обыкновенной.

При выращивании семенного потомства клонов сосны обыкновенной выявлена достоверная корреляция числа верхушечных почек двухлетнего сеянца с его высотой и средним приростом материнского клона в высоту ($r = 0.51$; 0.34). В трехлетних испытательных культурах установлена статистически достоверная связь числа боковых побегов в мутовке текущего года с общей высотой самого растения ($r = 0.84$) и средней высотой материнского клона ($r = 0.33$).

Методика селекционно-генетической оценки клонов сосны обыкновенной по вегетативному

и семенному потомству может быть сформулирована в виде ряда этапов.

На первом этапе отбора в качестве ведущего признака принимается высота ствола клона с пороговым значением ($\geq \bar{X} + 0.5\sigma_x$).

На втором этапе анализируется вся совокупность габитуальных признаков (сбежистость ствола, ширина кроны, толщина сучьев и т. п.) в аспекте гармоничности облика дерева и подверженности снеголому. Клоны с крайним выражением указанных параметров в большую сторону отбраковываются. В качестве ведущего количественного признака принимается средний диаметр у основания трех самых толстых веток, расположенных на высоте 1.5–2.0 м. При формировании выборки не следует допускать его увеличения более чем на 1–2 % по сравнению со средней величиной, рассчитанной для участка.

На третьем этапе анализируется комплекс признаков семенной продуктивности клонов, прошедших через сито отбора предыдущих этапов. В качестве ведущего признака принимается число полнозернистых семян на рамету. При селекции по двум признакам отбор по параметру число полнозернистых семян на рамету ведется по стандарту ($\geq \bar{X}$).

Поскольку для дальнейших испытаний необходимо получение достаточного количества полнозернистых семян, то, как уже отмечено, выполнение перечисленных этапов возможно не ранее конца первого десятилетия с момента создания участка ЛСП.

Четвертый этап заключается в испытании семенного потомства и оценке клонов по общей и специфической комбинационной способности. Данные, полученные А. А. Туркиным и А. Л. Федорковым (2007), свидетельствуют о том, что оптимальным размером семьи при закладке ИК следует считать 40–50 растений, размещаемых на пятидеревных делянках с числом повторностей 8–10, при возрасте растений к моменту предварительной оценки 8–10 лет. В этот период ведущими признаками при оценке будут высота растения и число боковых побегов (верхушечных почек) в мутовке последнего года. Учитывая, что окончательная оценка, по всей видимости, будет осуществляться в 27–30 лет и сохранность вариантов составит при этом примерно 60 %, объем испытываемой семьи должен быть как минимум удвоен. В ином случае при проведении окончательных оценок количества наблюдений может оказаться недостаточно для

достижения статистической достоверности разности с контролем. Ведущими признаками на завершающем этапе будут диаметр ствола на высоте груди и средний объем ствола.

Практическое применение описанной методики позволило сформировать выборку клонов сосны обыкновенной, обладающих быстрым ростом, гармоничным габитусом и повышенной семенной продуктивностью в размере 10 % от исходного числа клонов (72 шт.), вовлеченных в селекционную работу. Характеристики набора отселектированных клонов изменились по сравнению с исходным следующим образом: средняя высота, диаметр ствола, диаметр ветвей и ширина кроны увеличились на 7.6; 2.6; 1.2 и 2.1 % соответственно при одновременном росте семенной продуктивности на 43.2 %. На третий год испытания семенное потомство всех отобранных клонов статистически достоверно превосходило контроль по высоте ствола в среднем на 30 %. Однако срок испытания в данном случае еще слишком мал даже для предварительных оценок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что оценка клонов по комплексу габитуальных и репродуктивных параметров, а также сбор образцов семян на ЛСП возможны к концу первого десятилетия ее роста и развития. Оценка семенного потомства в испытательных культурах требует как минимум еще 8–10 лет. В итоге общая продолжительность периода предварительной оценки клонов сосны обыкновенной оказывается равной 20 годам. Для получения так называемых «окончательных» оценок требуется не менее 35–40 лет. Именно таковой должна была бы быть продолжительность первого этапа селекционной программы по сосне обыкновенной в таежной зоне России. Интенсивная селекция по двум признакам (быстроте роста и семенной продуктивности) с отбором 10 % лучших плюсовых деревьев в этом случае явилась бы залогом значительного генетического выигрыша при эксплуатации лесосеменных плантаций I.5 и II порядков.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИЛ КарНЦ РАН (проект № 152 «Антропогенные леса Восточной Финноскандии: целевое назначение, динамика и ресурсный потенциал»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авров Ф. Д. Генетическая устойчивость лесов // Лесн. хоз-во. 2001. № 3. С. 46–47.
- Багаев С. Н. Способ предварительной оценки плюсовых деревьев по потомству // Лесн. хоз-во. 1983. № 2. С. 34–35.
- Демиденко В. П., Тараканов В. В. Сравнительная оценка интенсивности роста 20-летнего потомства плюсовых деревьев сосны в Новосибирской области // Лесн. хоз-во. 2008. № 5. С. 97.
- Ефимов Ю. П. Рост полусибирского потомства сосны обыкновенной из семян разных репродукций // Разработка основ систем селекции древесных пород. Ч. I. Рига, 1981. С. 73–77.
- Ефимов Ю. П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной. Воронеж: Истоки, 2010. 252 с.
- Козубов Г. М. Биология плодоношения хвойных на Севере. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1974. 136 с.
- Молотков П. И., Патлай И. Н. Стратегия селекции и семеноводства сосны обыкновенной // Лесная генетика, селекция и физиология: мат-лы Междунар. симп. 25–30 сент., 1990 г., Воронеж. М., 1990. С. 9–16.
- Основные положения методики закладки испытательных культур плюсовых деревьев основных лесобразующих пород. Воронеж, 1982. 19 с.
- Николаев А. В., Куликова Л. Е. Выращивание клонового потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Лесн. хоз-во. 2006. № 1. С. 25–28.
- Раевский Б. В. Особенности вегетативного роста клонов сосны обыкновенной в Карелии // Изв. вузов. Лесн. журн. 2013. № 4. С. 7–15.
- Раевский Б. В. Прогноз урожая шишек и семян на лесосеменных плантациях сосны обыкновенной в Карелии // Хвойные бореальной зоны. 2012. Т. XXX. № 1–2. С. 80–86.
- Раевский Б. В., Мордась А. А. Селекционно-генетическая оценка клонов сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях первого порядка. Петрозаводск, 2006. 90 с.
- Раевский Б. В., Щурова М. Л. Анализ структурных характеристик набора плюсовых деревьев сосны в Карелии // Лесн. хоз-во. 2013. № 2. С. 24–26.
- Рогозин М. В. Программа селекции хвойных пород в лесосеменном районе // Сохранение лесных генетических ресурсов Сибири: мат-лы 4-го Междунар. совещ. 24–29 августа 2015 г., Барнаул. Барнаул, 2015. С. 150–151.
- Туркин А. А., Федорков А. Л. Оптимальный размер семьи при испытании плюсовых деревьев по потомству // Лесн. хоз-во. 2007. № 2. С. 33–35.
- Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. М., 2000. 197 с.
- Царев А. П., Лаур Н. В. Селекционно-генетическая оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Лесн. вестн. 2009. № 1 (64). С. 103–107.

THE METHOD FOR BREEDING AND GENETIC ASSESSMENT OF SCOTCH PINE CLONES AT FOREST SEED ORCHARDS

B. V. Raevsky¹, M. L. Schurova²

¹ Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
Pushkinskaya str., 11, Petrozavodsk, 185960 Russian Federation

² Branch of Forest Protection Centre of Leningrad Oblast
Karelian Forest Seed Station
Proezd Stroitelei, 50, Petrozavodsk, 185035 Russian Federation

E-mail: borisraevsky@gmail.com, czlspb.rk@rambler.ru

Fast height growth selection usually considered as the basic type of Scotch pine breeding strategy. Due to this fact height growth of pine clones usually is taken as the first key feature. In the view of good seed production there is only one indicator that could be adopted as having summarized effect reflecting the real contribution of a clone to the whole seed orchard yield. This is an average number of full seeds per tree (ramet). This trait is the second most important one after the height growth ability feature. The way of two-trait breeding program with the aforesaid features seemed to be the most suitable for Scotch pine. Main theses of 4-stages complex assessment procedure have been formulated concerning Scotch pine vegetative progenies grown at seed orchards. It was stated that this system of breeding and genetic assessment is based on correlations found for habitus and reproductive features of Scotch pine clones along with the height growth ability of their seed progenies. In the first stage pine clones meeting the criteria ($\geq \bar{X} + 0.5\sigma_x$) regarding height growth are to be selected. In the second stage, clones with hard tapering stem and crown formed by long and thick branches have to be discarded. At this stage, such feature as «mean diameter of three thickest limbs at the height of 1.5–2.0 m» became the key factor. Its mean value for selected clones must not be by 1–2 % higher than for general clone set. In the third stage a complex of reproductive features for clones that have passed the previous stages are taken into account. The trait «average number of full seeds per ramet» is the key feature in this stage according to the criteria ($\geq \bar{X}$). The fourth stage implies that progeny trials with open-pollinated progenies ought to be laid down to calculate the general and specific combining ability. It has been concluded that high intensive selection of clones grown at the I-stage seed orchards promotes a substantial genetic gain expected at the subsequent breeding stages. Seven clones (10 % of the total) have been selected using the two-trait breeding approach. As a result, habitus features of the selected clones became much better. The height and stem diameter increased by 7.6 and 2.6 % and crown width along with branch diameter did the same by 2.1 and 1.2 %, respectively. At the same time seed yield increased by 43.0 %.

Keywords: plus tree selection, Scotch pine, forest seed orchard, progeny trial crops, growth rate, seed yield.

How to cite: Raevsky B. V., Schurova M. L. The method for breeding and genetic assessment of Scotch pine clones at forest seed orchards // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Siberian Journal of Forest Science). 2016. N. 5: 91–98 (in Russian with English abstract).