



УДК 630*164:582.475.2/4

Б.В. Раевский, А.А. Мордась, А.А. Ильинов

Раевский Борис Владимирович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории лесовосстановления Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет 50 печатных работ в области искусственного лесовосстановления, селекции и семеноводства.



Мордась Анатолий Артемович родился в 1932 г., окончил в 1956 г. Украинскую сельскохозяйственную академию, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории лесовосстановления Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет 78 печатных работ в области искусственного лесовосстановления, селекции и семеноводства.



ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ВЗАИМОСВЯЗЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ И БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ И ЕЛИ

Изучены изменчивость и взаимосвязь набора морфологических черт и биометрических показателей сеянцев сосны обыкновенной и ели финской в целях проверки методов ранней диагностики.

Ключевые слова: сосна, ель, семена, сеянцы, число семядолей, треххвойные брахибласты, ранняя диагностика.

Использование при искусственном лесовосстановлении посевного или посадочного материала с наследственно обусловленным быстрым ростом является важным фактором его интенсификации. Производство такого материала – конечная цель систем популяционной и плюсовой селекции, базирующихся на использовании потенциалов межпопуляционной и внутривидовой форм генетической изменчивости, но с различным акцентом. Таким образом, в практике лесной селекции мы имеем дело либо с образцами семян, сеянцев и т. п., представляющими некие популяции (провениенции, ценопопуляции), либо с потомствами от свободного или контролируемого скрещивания отдельных индивидуумов, как правило, их клонов.

При работе с лесными древесными видами значительное внимание всегда уделялось разработке методов ранней диагностики.

Нами предпринята попытка использовать метод ранней диагностики по числу семядолей, разработанный в СевНИИЛХе [8–10]. Он основан на закономерностях расщепления потомства отдельных деревьев и популяций по числу семядолей у всходов и роста этого потомства в течение первых 10 лет жизни растений. Признак семядольности для ранней диагностики энергии роста семян использован рядом исследователей [1, 6, 7, 12–14].

Территория Республики Карелия является частью обширной зоны интрогрессивной гибридизации ели европейской (*Picea abies*) и ели сибирской (*P. obovata*). Здесь произрастает в основном ель гибридная *P. x fennica* с примесью на севере и северо-востоке Карелии деревьев с признаками ели сибирской, а на юге и юго-западе – ели европейской. В 1989 г. для изучения внутривидовой изменчивости и популяционной структуры ели финской (*Picea x fennica* Rgl. Kom.) в Карелии были собраны образцы шишек в естественных насаждениях в диапазоне 60 ... 66° с. ш. и 31 ... 36° в. д. (табл. 1).

Таблица 1

Число семядолей у происхождений ели

Происхождение	Группа популяций	Северная широта, град	Восточная долгота, град	Масса 1000 семян, г	Число семядолей, шт.	Коэффициент вариации $C_v, \%$	Достоверность разности t
Кестеньга	G1	66,20	31,31	3,0	6,4±0,1	12,0	-6,1
Калевала	G2	65,20	31,35	3,6	6,8±0,1	13,4	-2,5
Кемь	G2	65,17	32,75	4,2	7,1±0,1	11,8	0,3
Боровой	G3	64,67	31,88	3,9	7,1±0,1	11,3	-0,2
Сумпосад	G4	64,17	35,63	4,5	6,9±0,1	11,7	-1,2
Муезерка	G3	63,95	32,22	3,7	6,9±0,1	12,2	-1,7
Попов Порог	G4	63,45	34,18	4,4	7,0±0,1	12,2	-0,8
Лендеры	G4	63,42	31,20	4,0	6,7±0,1	11,3	-3,3
Поросозеро	G4	62,73	32,68	4,2	6,7±0,1	12,2	-2,9
Кяппесельга	G6	62,65	34,21	4,3	7,4±0,1	10,3	3,1
Пяльма	G6	62,60	36,20	5,1	7,2±0,1	11,7	1,1
Гомсельга	G4	62,47	33,80	3,0	7,1±0,1	11,1	0,0
Пуйкола	G5	62,13	30,68	4,8	7,5±0,1	11,1	5,4
Лоймола	G5	62,07	32,68	4,7	7,1±0,1	10,2	1,0
Петрозаводск	G7	61,97	34,48	4,3	7,3±0,1	11,5	3,2
Пудож	G6	61,73	36,60	4,8	7,2±0,1	11,9	1,7
Верхн. Важины	G7	61,72	33,72	5,5	7,6±0,1	11,9	5,7
Вытегра	G8	60,93	36,78	4,7	7,3±0,1	10,2	3,2
Попорожье	G9	60,92	34,18	4,0	7,2±0,1	12,5	0,9
Среднее	–	–	–	–	7,1±0,02	12,3	–

В 19 пунктах брали по 100 шишек (по одной нормально развитой, неповрежденной с дерева), из каждой выделяли 10 полнозернистых семян. Таким образом, для каждой провениенции формировали образец из 1000 семян, которые весной 1990 г. высевали на грядки в открытом грунте. Почвенный субстрат готовили из песка, торфа и лесной подстилки, взятой в сосняке брусничном, в соотношении 1 : 1 : 1. Число семядолей подсчитывали у 100 сеянцев в варианте. В конце вегетационного сезона выкапывали по 50 сеянцев в варианте, измеряли общую длину сеянца и длину надземной части. На второй и третий год определяли воздушно-сухую массу каждого сеянца.

На основании многолетних наблюдений в условиях средней подзоны тайги, на клоновой лесосеменной плантации (ЛСП) Олонецкого лесхоза, составлены подробные морфологические портреты и дана обобщенная селекционная оценка группы (39 шт.) клонов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) различного географического происхождения. Оценка давали по 39 признакам, характеризующим габитус клона, темпы вегетативного роста, обилие цветения и плодоношения, параметры шишек и семян. Учитывали также данные о росте полусибсовых потомств некоторых клонов в испытательных культурах 8–15-летнего возраста [5]. В 2002–2003 гг. изучали рост и развитие одно- и двухлетних сеянцев этих клонов, выращенных в условиях теплицы по ранее разработанной технологии [4]. Для целей фенотипического анализа 39 клоновых потомств были сгруппированы в 8 условных «популяций», представляющих разные лесосеменные районы Карелии, а также Московскую область. Всего заложено 40 вариантов площадью по 2 м² каждый. Контролем служил образец семян общего сбора с ЛСП Олонецкого лесхоза. В однолетних посевах определяли в 10-кратной повторности грунтовую всхожесть семян как отношение числа высеванных семян к числу появившихся всходов. В каждом варианте подсчитывали число семядолей у 50 всходов, в конце второго вегетационного периода отбирали по 100 образцов сеянцев для последующего анализа. В лабораторных условиях определяли параметры, характеризующие количественные и качественные признаки посадочного материала различного происхождения: высоту, диаметр у корневой шейки, число верхушечных почек и боковых побегов, длину максимального бокового побега и хвои, наличие треххвойных брахибластов, абс. сухую массу хвои и стволиков.

Полученные данные обрабатывали общепринятыми биометрическими методами с определением основных параметров описательной статистики, использовали также корреляционный и дисперсионный анализ.

При анализе данных применяли различные способы группировки материала. В частности, географическую широту происхождения округляли до целого градуса, в результате получилось шесть групп в диапазоне 61 ... 66° с градацией в 1°. Кроме того, исходные 19 провениенций (локальных популяций) ели на основании данных морфологического анализа шишек и

Таблица 2

Матрица коэффициентов корреляции при различной группировке материала

Показатели	Популяции ($N = 19, r = 0,45$)*			Группы по широте ($N = 6, r = 0,8$)			Группы популяций ($N = 9, r = 0,66$)	
	Широта, град	Масса 1000 се- мян	Число семядо- лей	Широта, град	Масса 1000 се- мян	Число семядо- лей	Масса 1000 се- мян	Mean_ctld
Широта	1	-0,56	-0,70	1	-0,85	-0,88	–	–
Масса 1000 семян	-0,56	1	0,70	-0,85	1	0,94	1	0,97
Число се- мядолей	-0,70	0,70	1	-0,88	0,94	1	0,97	1
Высота:								
1990 г.	-0,35	0,35	0,43	-0,65	0,72	0,72	0,67	0,69
1991 г.	-0,67	0,38	0,62	-0,84	0,96	0,91	0,86	0,89
1992 г.	-0,38	0,32	0,49	-0,63	0,93	0,83	0,65	0,65
Масса:								
1991 г.	-0,53	0,30	0,46	-0,83	0,95	0,93	0,88	0,83
1992 г.	-0,34	0,16	0,36	-0,73	0,85	0,88	0,70	0,72

* N – число пар значений; r – пороговая величина статистически достоверного коэффициента корреляции при $P=0,95$.

изоферментного анализа были объединены в группы популяций. Итоговые данные корреляционного анализа помещены в табл. 2. Жирным шрифтом выделены статистически достоверные при уровне доверительной вероятности $P = 0,95$ коэффициенты корреляции и показатель достоверности разности выборочных средних. В качестве контроля определена провениенция «Гомсельга» – место, где заложен опыт (см. табл. 1).

При анализе табличных данных обращает на себя внимание, прежде всего, тесная корреляция массы 1000 семян и среднего числа семядолей у потомства с широтой места происхождения семян. Очевидно, что это частный случай проявления достаточно хорошо известной клинальной формы изменчивости многих признаков как у ели, так и у сосны в направлении север – юг. Кроме того, наблюдается статистически достоверная и весьма тесная связь массы 1000 семян и числа семядолей, т. е. признаков, которые мы считаем в данном случае независимыми, с высотой стволика и воздушно-сухой массой сеянцев в первые три вегетационных сезона. Примененные способы группировки данных усиливали проявление данной связи, во всех случаях ясно просматривалась тенденция ослабления ее с возрастом.

Говоря о межпопуляционной изменчивости, уместно привлечь к анализу данные широкоареальных испытаний, какими являются классические географические культуры. В Карелии в 1974–1977 гг. были заложены три таких участка (один с елью) как составная часть всесоюзной серии географических культур сосны и ели. Задействовано 27 происхождений ели, что позволяло строить трансекты в разных направлениях, в том числе север – юг, в диапазоне $67... 56^\circ$ с. ш. Данные, полученные в этих культурах, по-

казали тесную достоверную корреляцию широты происхождения семенного материала с массой 1000 семян, числом семядолей, с одной стороны, и скоростью роста в высоту – с другой примерно до 7-летнего биологического возраста [11]. Значения и знаки коэффициентов аналогичны приведенным в табл. 2. Сделан вывод, что при испытании в средней подзоне тайги, в районе 62° с. ш., более южные происхождения с большими массой семян и числом семядолей в первые 3...5 лет после посадки обычно растут быстрее местных вариантов, не говоря уже о более северных. Однако затем в результате взаимодействия неблагоприятных погодных-климатических факторов и генетически закрепленных адаптационных механизмов ситуация меняется коренным образом и ранги вариантов и их групп стабилизируются примерно к 15...17 годам.

В селекционной работе с сосной и елью редко приходится иметь дело с образцами шишек и семян непосредственно с плюсовых деревьев и насаждений, где они были отобраны. Более доступен семенной материал от свободного опыления вегетативных потомств плюсовых деревьев, которые растут и плодоносят на клоновых ЛСП. В настоящее время весьма актуальна селекционная оценка этих клонов на плантациях первого поколения, в том числе с использованием методов ранней диагностики. Поэтому несомненный интерес представляет всесторонняя апробация существующих ныне методов.

Опыт показал, что по числу семядолей полусибсовыя потомства клонов различного происхождения различались незначительно (табл. 3). Можно заключить, что все они имеют потенциальную возможность быстрого роста, так как суммарная представленность 6–8-семядольных линий в подавляющем большинстве групп превышала 80 %. В потомстве некоторых клонов она достигала 90 % и более при коэффициенте вариации ниже среднего по группе. Этот момент может быть использован в качестве одного из дополнительных критериев при селекционно-генетической оценке плюсовых деревьев или их клонов. Число наиболее перспективных 7-8-семядольных особей среди всех полусибсовых потомств не превышало 30 %, а основная масса всходов (около 60 %) относилась к 6-семядольной линии (см. рисунок).

Низкий коэффициент вариации данного признака как у сосны, так и у ели свидетельствует о том, что он достаточно консервативен и как видовой признак жестко генетически контролируется. В нашем случае из 39 вариантов только 6, у которых среднее число семядолей было 6,4 и более, имели статистически достоверную разность с контролем. Здесь и далее по тексту статистическая достоверность определена по первому уровню доверительной вероятности ($P = 0,95$). При сравнении на уровне популяций (групп) ни у одной из них не было достоверной разности с контролем. Важно и то, что средние значения числа семядолей никак не отражали ранжирования этих групп клонов по скорости роста, установленного в результате длительных наблюдений. Московские клоны оказались самыми быстрора-

стущими, а по числу семян они ничем не выделялись. То же самое можно сказать

Таблица 3

Изменчивость числа семян и всхожести семян в потомствах клонов сосны различного происхождения по лесосеменным районам

Шифр клона	Масса 1000 семян, г	Средняя грунтовая всхожесть, %	Число семян, шт.			Процент 6-,7-и 8- семядных растений
			$\bar{X} \pm m_x$	P, %	C _v , %	
Контроль	5,90	51,6	5,93±0,11	1,8	9,8	87
Северокарельский лесосеменной подрайон (64°30' – 66°40' с. ш.)						
674Юшкозеро	6,52	43,2	6,10±0,10	1,6	9,0	90
676Юшкозеро	5,38	68,9	6,12±0,11	1,8	12,6	78
669Калевала	6,35	46,3	5,97±0,10	1,7	9,3	83
216Кестеньга	7,37	51,4	6,23±0,11	1,8	10,0	90
217Кестеньга	6,83	49,0	6,17±0,13	2,1	11,3	90
Север	6,49	51,9	6,12±0,05	0,8	10,8	86
Центральнокарельский лесосеменной подрайон (63°00' – 64°30' с. ш.)						
1Ругозеро	6,60	25,3	6,60±0,40	2,1	11,7	93
3Ругозеро	5,37	59,6	6,23±0,10	1,7	9,1	97
7Ругозеро	6,02	51,8	6,17±0,14	2,3	12,4	80
20Ругозеро	6,05	31,8	6,13±0,12	2,0	11,1	83
22Ругозеро	5,52	54,2	5,67±0,12	2,1	11,7	70
Ругозеро	5,91	45,3	6,16±0,06	1,0	12,1	85
Южнокарельский лесосеменной район (63°00' – 60°40' с. ш.)						
7Кивач	6,91	57,8	6,15±0,10	1,6	11,7	72
10Кивач	6,52	35,4	6,08±0,10	1,6	11,0	84
14Кивач	7,08	64,0	6,62±0,11	1,6	11,4	98
15Кивач	4,97	61,0	5,82±0,09	1,5	10,8	70
18Кивач	5,93	72,8	5,70±0,09	1,6	11,3	68
Кивач	6,28	58,2	6,01±0,05	0,8	12,5	78
644Прионежье	7,79	44,3	6,58±0,08	1,2	8,2	100
649Прионежье	6,86	51,8	6,03±0,12	2,0	11,1	83
582Петрозводск	6,40	67,0	6,00±0,11	1,8	12,6	78
584Петрозводск	5,69	47,9	5,93±0,18	3,0	16,5	73
132Шуйско- Виданский	6,27	60,0	5,87±0,12	2,1	11,6	70
Прионежье	6,60	55,0	6,13±0,06	0,9	12,5	81
2Олонец	5,89	69,6	6,02±0,10	1,6	11,2	79
3Олонец	7,72	66,3	6,46±0,10	1,5	10,9	94
5Олонец	5,89	56,6	6,14±0,12	1,9	13,3	82
8Олонец	5,56	37,6	6,10±0,08	1,3	9,5	88
9Олонец	6,25	22,4	5,90±0,08	1,3	6,9	86
Олонец (1)	6,26	51,5	6,15±0,05	0,7	11,2	86
10Олонец	6,42	52,2	6,20±0,10	1,6	8,9	93
12Олонец	5,22	59,0	5,80±0,11	1,9	10,2	73
13Олонец	6,86	55,2	5,97±0,14	2,3	12,8	73
14Олонец	7,63	50,0	6,73±0,14	2,0	11,0	97

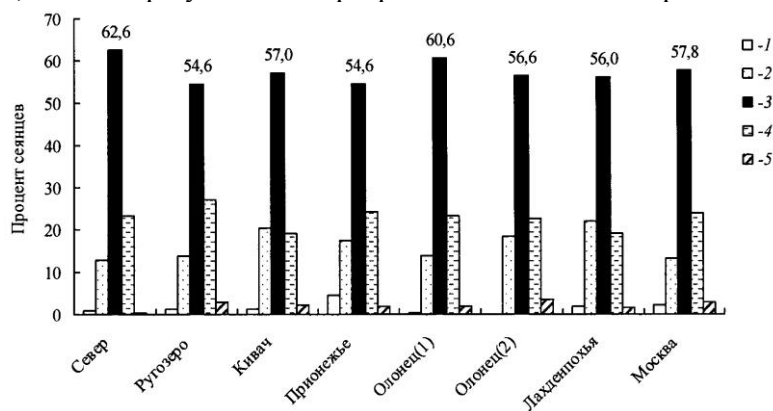
17Олонец	5,06	42,0	5,90±0,10	1,7	9,3	80
Олонец (2)	6,24	51,7	6,12±0,06	1,0	11,7	82

Окончание табл.3

Шифр клона	Масса 1000 семян, г	Средняя грунтовая всхожесть, %	Число семядолей, шт.			Процент 6-,7-и 8- семядольных растений
			$\bar{X} \pm m_x$	<i>P</i> , %	<i>C_v</i> , %	
27Лахденпохья	5,93	32,4	5,93±0,13	2,1	11,7	73
28Лахденпохья	5,38	51,8	5,70±0,14	2,4	13,2	64
36Лахденпохья	5,65	55,8	6,23±0,11	1,8	9,6	90
45Лахденпохья	5,88	32,0	5,80±0,14	2,4	13,1	67
51Лахденпохья	5,02	65,6	6,10±0,13	2,1	11,7	87
Лахденпохья	5,57	47,5	5,93±0,06	1,0	12,1	76
Южнокарельский район	6,19	52,8	6,07±0,02	0,9	12,5	81
Центральный (Московский) лесосеменной район						
1Москва	7,26	46,8	6,08±0,10	1,6	11,3	86
2Москва	7,54	35,5	6,00±0,11	1,8	10,0	83
3Москва	8,56	54,6	6,45±0,13	2,1	11,3	93
4Москва	5,96	58,8	5,80±0,16	2,7	14,9	76
Москва	7,33	51,3	6,09±0,06	1,0	12,1	85

Примечание. $\bar{X} \pm m_x$ – среднее и его ошибка; *P* – точность определения среднего; *C_v* – коэффициент вариации.

и о клонах группы «Север», хотя они растут медленнее всех. Полусибсовые потомства клонов популяции «Ругозеро» в испытательных культурах существенно уступают потомствам клонов популяции «Олонец (1)» по росту в высоту, по среднему числу семядолей между ними нет различий. Клоны популяции «Кивач», произрастая на одной ЛСП с клонами «Олонец (1)», в 27-летнем возрасте достоверно выше последних на 6 %, а по числу семядолей у потомства уступают им. В целом просматривается выравнивание многих изученных показателей у полусибсовых потомств, что, по всей видимости, является результатом перекрестного опыления в пределах ЛСП.



Распределение семян по числу семядолей в популяциях:
кривые 1 – 5 – соответственно 4, 5, 6, 7 и 8 семядолей

Исходя из данных табл. 4, уровни изменчивости двухлетних сеянцев сосны по высоте и диаметру во всех вариантах оцениваются как повышенные ($C_v = 21 \dots 30 \%$), а по длине хвои в большинстве случаев как средние ($C_v = 13 \dots 20 \%$).

Таблица 4

Изменчивость биометрических показателей 2-летних тепличных сеянцев сосны, выращенных из семян разного происхождения

Вариант	Густота, шт./м ²	Высота, см		Диаметр, мм		Длина хвои в под- почечной зоне, см	
		$\bar{X} \pm m_x$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m_x$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m_x$	$C_v, \%$
Контроль	516	13,8±0,5	34,3	2,29±0,09	38,7	9,5±0,2	26,1
Северокарельский лесосеменной подрайон							
674Юшкозеро	432	15,7±0,4	26,6	2,2±0,07	29,6	9,4±0,2	16,8
676Юшкозеро	686	19,0±0,4	22,0	2,5±0,07	29,7	9,3±0,2	19,0
669Калевала	463	13,6±0,3	24,7	2,0±0,06	29,6	9,9±0,2	20,2
216Кестеньга	520	14,1±0,4	23,8	2,0±0,06	28,2	9,2±0,2	19,0
217Кестеньга	490	14,1±0,3	22,7	2,1±0,05	22,4	8,7±0,2	19,8
Север	518	15,3±0,4	24,0	2,2±0,06	27,1	9,3±0,2	18,9
Центральнокарельский лесосеменной подрайон							
1Ругозеро	550	14,2±0,4	27,5	2,1±0,07	32,3	9,6±0,2	21,5
3Ругозеро	596	14,5±0,4	26,3	2,4±0,07	30,4	9,5±0,2	20,0
7Ругозеро	518	14,4±0,4	25,7	2,3±0,07	29,2	10,1±0,2	18,5
20Ругозеро	560	14,1±0,4	28,0	2,2±0,07	30,0	9,7±0,2	22,0
22Ругозеро	542	13,9±0,4	29,0	2,1±0,08	36,4	9,6±0,3	25,4
Ругозеро	553	14,3±0,4	27,0	2,2±0,07	31,9	9,7±0,2	21,3
Южнокарельский лесосеменной район							
7Кивач	578	14,8±0,4	30,1	2,31±0,07	30,2	10,1±0,2	15,9
10Кивач	534	15,3±0,5	28,6	2,56±0,09	35,0	9,9±0,2	18,4
14Кивач	640	15,6±0,4	27,0	2,18±0,07	34,1	8,5±0,2	24,1
15Кивач	610	14,9±0,4	25,9	2,06±0,05	23,0	9,2±0,2	18,2
18Кивач	726	16,0±0,3	19,1	2,31±0,06	23,9	9,3±0,2	18,9
Кивач	618	15,3±0,4	26,1	2,30±0,07	29,2	9,4±0,2	19,1
644Прионежье	565	14,0±0,3	23,1	2,2±0,05	27,1	10,0±0,2	18,0
649Прионежье	518	15,0±0,4	26,2	2,3±0,06	28,4	10,0±0,2	21,4
582Петрозаводск	670	13,1±0,2	17,3	2,0±0,05	25,3	10,5±0,2	15,5
584Петрозаводск	476	15,2±0,4	24,0	2,3±0,06	25,0	8,4±0,2	19,4
132Шуйско- Виданский	600	13,7±0,3	22,8	2,1±0,06	27,4	9,9±0,1	13,8
Прионежье	566	14,3±0,3	22,6	2,2±0,06	26,5	9,7±0,2	17,5
2Олонец	696	15,0±0,4	24,3	2,2±0,06	27,7	10,0±0,2	17,4
3Олонец	663	15,5±0,4	27,5	2,5±0,07	29,6	10,7±0,2	19,9
5Олонец	586	16,6±0,4	24,5	2,4±0,07	27,5	9,3±0,2	21,9
8Олонец	376	17,1±0,5	29,2	2,9±0,08	26,4	8,7±0,2	21,3

9Олонец	579	16,3±0,5	26,5	2,4±0,07	27,8	9,6±0,2	21,0
Олонец (1)	580	16,0±0,4	26,4	2,5±0,07	27,8	9,7±0,2	20,1

Окончание табл. 4

Вариант	Густота, шт./м ²	Высота, см		Диаметр, мм		Длина хвои в под- почечной зоне, см	
		$\bar{X} \pm m_x$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m_x$	$C_v, \%$	$\bar{X} \pm m_x$	$C_v, \%$
10Олонец	582	12,8±0,3	25,6	2,2±0,06	26,4	9,1±0,2	18,2
12Олонец	567	13,2±0,3	26,2	2,2±0,07	27,3	9,4±0,2	19,5
13Олонец	523	11,3±0,3	24,7	2,0±0,07	25,9	10,4±0,2	20,8
14Олонец	621	15,6±0,4	28,9	2,3±0,07	24,9	8,7±0,2	21,0
17Олонец	650	13,2±0,3	28,5	2,2±0,08	28,9	9,4±0,2	21,2
Олонец(2)	587	13,2±0,3	26,8	2,2±0,07	26,7	9,4±0,2	20,1
27Лахденпохья	324	14,9±0,4	23,6	2,25±0,07	28,5	9,3±0,2	16,2
28Лахденпохья	516	14,6±0,4	27,3	2,23±0,07	32,9	10,4±0,2	20,1
36Лахденпохья	558	14,1±0,3	22,6	2,20±0,05	24,7	10,7±0,2	19,9
45Лахденпохья	320	15,5±0,4	25,8	2,62±0,06	22,4	9,0±0,2	17,5
51Лахденпохья	656	20,4±0,5	23,3	2,48±0,07	28,3	9,6±0,2	19,9
Лахденпохья	475	15,9±0,4	24,5	2,36±0,07	27,4	9,8±0,2	18,7
Южнокарельский район	–	15,4±0,2	28,7	2,33±0,03	31,2	9,6±0,1	23,1
Центральный (Московский) лесосеменной район							
1Москва	576	19,0±0,5	26,5	2,5±0,07	31,0	9,4±0,2	20,0
2Москва	560	19,1±0,7	32,0	2,6±0,08	30,0	9,5±0,2	19,8
3Москва	546	20,0±0,5	25,3	2,5±0,07	29,4	9,9±0,2	19,5
24Москва	588	18,2±0,6	32,3	2,6±0,08	31,3	9,1±0,2	20,1
Москва	568	19,1±0,6	28,8	2,6±0,08	30,3	9,5±0,2	19,8

Из 39 испытанных потомств статистически достоверно превосходили контроль по высоте 19, из 8 популяций – 5 (со средней высотой 15,0 см и более), т. е. примерно половина. В числе 10 самых быстрорастущих потомств представлены все изучаемые популяции, кроме варианта «Ругозеро». Полусибсовы потомства разных лет репродукции большинства из перечисленных в табл. 2 клонов неоднократно высевали в теплице Олонецкого лесхоза. Посев 2002 г. в целом подтвердил ранее отмеченные закономерности. Потомства московских клонов всегда были самыми высокорослыми, ругозерские и на этапе питомника, и в испытательных культурах статистически существенно уступали южнокарельским. Ранги других клонов и популяций менялись год от года. Характерно, что у полусибсовых потомств северных клонов не проявляется закономерность сравнительно замедленного роста северных экотипов при перемещении к югу, столь характерная для вегетативного и семенного материала, взятого непосредственно в природе. Никакой связи между числом семядолей и биометрическими показателями двухлетних сеянцев сосны не выявлено. Отмечена только средней тесноты корреляция ($r = 0,6$) числа семядолей с массой 1000 семян. Таким образом, раннедиагностическое значение числа семядолей на данном экспериментальном материале не подтвердилось.

Таблица 5

**Биомасса надземной части 2-летних тепличных сеянцев сосны
в абс. сухом состоянии в зависимости от исходной высоты**

Класс высоты, см	Масса 100 сеянцев, %			H, см	D, мм	D ² H	Процент класса	Кумулятивный процент
	Хвоя	Стволик	Хвоя / стволик					
4...7	67,8	32,2	2,1 / 1,0	6,3	1,3	0,12	1,90	1,90
7...10	68,4	31,6	2,2 / 1,0	9,3	1,6	0,24	11,80	13,70
10...13	67,3	32,7	2,1 / 1,0	12,1	1,9	0,47	22,07	35,77
13...16	68,7	31,3	2,2 / 1,0	15,0	2,3	0,82	28,34	64,11
16...19	64,0	36,0	1,8 / 1,0	17,8	2,6	1,28	17,98	82,09
19...22	60,6	39,4	1,5 / 1,0	20,6	2,9	1,85	12,59	94,68
22...25	60,0	40,0	1,5 / 1,0	23,9	3,4	2,79	3,30	97,98
25...28	60,6	39,4	1,5 / 1,0	26,8	3,5	3,40	1,44	99,42
28...31	60,4	39,6	1,5 / 1,0	30,0	3,7	4,25	0,39	99,81
31...34	57,6	42,4	1,4 / 1,0	33,4	4,1	5,84	0,16	99,97
34...37	54,2	45,8	1,2 / 1,0	35,0	3,6	4,54	0,03	100

Повышенный уровень изменчивости по высоте и диаметру предполагает возможность разделения сеянцев на фракции по крупности и одновременно по биомассе, так как линейные параметры (высота, диаметр) тесно коррелируют с биомассой надземной части (табл. 5).

Важнейшими показателями, характеризующими степень развития структурно-функциональных органов сеянцев, являются их высота, диаметр у корневой шейки, биомасса. Весьма эффективным для отбора деревьев-лидеров Е.Л. Маслаков [3] считает производный показатель D^2H . Как видно из табл. 5, чем мельче сеянцы, тем большую часть их биомассы составляет ассимилирующий орган – хвоя. В изменении этого показателя по классам высоты в нашем примере просматриваются качественные скачки, позволяющие разделить сеянцы на три группы: I – высотой 4 ... 16 см; II – 16 ... 31 см; III – 31 ... 37 см. С этой группировкой хорошо увязываются такие параметры, как D и D^2H . Отбраковка I группы оставила бы в нашем распоряжении около 36 % наиболее гармонично развитых сеянцев. Такая дифференциация двухлетних сеянцев по биометрическим показателям в загущенных посевах, естественно, является некоторым итогом конкурентных отношений на грядке, где распределение важнейших экологических факторов (влаги и питательные вещества) не идеально. Однако есть все основания предположить, что результат этого внутривидового соревнования определяется в основном наследственностью. Поэтому сортировка сеянцев по категориям крупности перед посадкой на лесокультурную площадь может быть одним из эффективных методов ранней диагностики посадочного материала по скорости роста [2, 3]. Математически влияние этого признака не определено, поскольку если общая оценка вклада генотипа в наблюдаемое фенотипическое разнообразие с использованием статистических процедур на кло-

новых ЛСП не представляет собой особой сложности, то во всех иных случаях возникают серьезные проблемы.

Среди других признаков, характеризующих качество посадочного материала, учитывали длину главного корня, число верхушечных почек и боковых побегов, длину максимального бокового побега, наличие треххвойных брахибластов (табл. 6). Данные о длине главного корня характеризуют глубину копки сеянцев, которая для всех вариантов была примерно одинаковой – около 18 см.

Таблица 6

Биометрические показатели 2-летних тепличных сеянцев сосны, выращенных из семян разного происхождения

Клон	Высота, см	Диаметр, мм	Длина главного корня, см	Число верху- шечных почек, шт.	Число боковых побегов, шт.	Длина максималь- ного бо- кового побега, см	Длина хвои в подпо- чечной зоне, см	Процент сеянцев с треххвой- ными пуч- ками
Контроль	13,8	2,29	19,1	2,9	0,9	6,1	9,5	9,0
Северокарельский лесосеменной подрайон								
674Юшкозеро	15,7	2,2	16,4	2,9	0,3	5,6	9,4	1,0
676Юшкозеро	19,0	2,5	18,8	3,1	1,7	4,5	9,3	6,0
669Калевала	13,9	2,0	19,3	2,8	0,2	5,6	9,9	4,0
216Кестеньга	14,0	2,0	18,0	2,7	0,4	5,7	9,2	2,0
217Кестеньга	14,1	2,1	18,6	2,7	0,6	5,9	8,7	1,0
Север	15,7	2,2	18,3	2,8	0,6	5,5	9,3	3,0
Центральнокарельский лесосеменной подрайон								
1Ругозеро	14,3	2,3	17,5	3,0	1,2	4,8	9,7	4,0
3Ругозеро	14,5	2,4	18,2	3,2	1,7	4,1	9,5	3,0
7Ругозеро	14,4	2,3	17,0	3,0	1,0	5,4	10,1	9,0
20Ругозеро	14,2	2,3	17,0	3,0	1,2	4,8	9,7	4,0
22Ругозеро	13,9	2,1	16,9	2,9	1,0	4,9	9,6	1,0
Ругозеро	14,3	2,3	17,4	3,0	1,2	4,8	9,7	4,3
Южнокарельский лесосеменной район								
7Кивач	14,8	2,3	17,2	3,0	0,6	5,7	10,1	7,0
10Кивач	15,3	2,6	18,4	3,0	1,0	7,2	9,9	2,0
14Кивач	15,6	2,2	17,3	2,6	0,5	6,7	8,5	3,0
15Кивач	14,9	2,2	18,3	2,8	0,5	6,2	9,2	13,0
18Кивач	16,0	2,3	18,7	3,2	1,4	3,4	9,3	6,0
Кивач	15,3	2,3	18,0	2,9	0,8	5,8	9,4	6,2
644Прионежье	14,0	2,2	18,0	2,8	0,5	5,2	9,7	6,0
649Прионежье	15,0	2,3	18,5	2,9	1,2	4,5	10,0	7,0
582Петрозаводск	13,1	2,0	18,5	2,6	0,4	5,4	10,5	8,0
584Петрозаводск	15,2	2,3	18,6	3,0	0,3	5,2	8,4	5,0
132Шуйско- Виданский	13,7	2,1	16,2	2,9	0,2	5,6	9,9	2,0
Прионежье	14,3	2,2	17,9	2,8	0,5	5,2	9,7	5,5

Окончание табл. 6

Клон	Высота, см	Диаметр, мм	Длина главного корня, см	Число верху- шечных почек, шт.	Число боковых побегов, шт.	Длина максималь- ного бо- кового побега, см	Длина хвои в подпо- чечной зоне, см	Процент сеянцев с треххвой- ными пуч- ками
2Олонец	15,0	2,2	19,4	3,0	1,0	3,1	10,0	10,0
3Олонец	15,4	2,5	17,7	3,0	0,4	4,8	10,7	10,0
5Олонец	16,6	2,4	16,9	2,8	1,9	3,9	9,3	8,0
8Олонец	17,1	2,9	17,8	3,4	2,3	5,1	8,7	18,0
9Олонец	16,0	2,5	18,2	3,0	1,5	4,3	9,8	12,0
Олонец (1)	16,0	2,5	18,0	3,0	1,4	4,2	9,7	11,5
10Олонец	12,8	2,2	19,3	2,8	0,4	5,4	9,1	1,0
12Олонец	13,1	2,2	18,0	2,9	0,7	5,4	9,4	3,0
13Олонец	11,3	2,0	16,1	3,0	0,4	4,3	10,4	4,0
14Олонец	15,6	2,3	17,8	2,8	1,2	6,5	8,7	5,0
17Олонец	13,3	2,3	17,9	2,9	0,6	5,5	9,2	3,0
Олонец (2)	13,2	2,2	17,7	2,8	0,6	5,4	9,4	3,3
27Лахденпохья	14,9	2,3	18,0	3,2	1,7	4,8	9,3	5,0
28Лахденпохья	14,6	2,2	16,5	3,1	0,5	5,8	10,4	1,0
36Лахденпохья	14,1	2,2	17,4	3,4	0,4	4,8	10,7	10,0
45Лахденпохья	15,5	2,6	17,5	3,5	2,0	4,9	9,0	21,0
51Лахденпохья	20,4	2,5	18,1	3,2	0,6	8,3	9,6	1,0
Лахденпохья	15,9	2,4	17,5	3,3	1,0	5,7	9,8	7,6
Южнокарельский район	14,9	2,3	17,8	3,0	0,9	5,3	9,6	7,4
Центральный (Московский) лесосеменной район								
1Москва	19,0	2,5	17,8	3,3	1,9	5,4	9,4	27,0
2Москва	19,1	2,6	18,0	3,4	2,0	5,5	9,5	28,0
3Москва	20,0	2,5	17,0	3,4	1,5	6,0	9,9	39,0
24Москва	18,2	2,6	18,8	3,4	2,5	5,1	9,1	17,0
Москва	19,1	2,6	17,9	3,4	2,0	5,5	9,5	28,0

Усредненное число верхушечных почек колеблется в узких пределах – от 2,7 до 3,5 шт. По среднему числу почек и, соответственно, сеянцев с шестью и семью почками заметно выделяются потомства популяций «Лахденпохья», «Москва» и «Олонец (1)». После пересадки они имеют преимущество по числу ветвей в первой мутовке и охвоенности.

Число и размеры сеянцев с боковыми побегами в целом характеризуют степень развития их вегетативных органов до посадки в школу или на лесокультурную площадь. Этому показателю всегда придавалось существенное значение как предпосылке хорошей приживаемости и сохранности культур. Среди рассматриваемых вариантов можно выделить потомства клонов 676Юшкозеро, 3 и 7Ругозеро, 10 и 18Кивач, 649Прионежье, 5, 8 и 14Олонец, 27 и 45Лахденпохья, 3 и 24Москва, имеющих не менее 50 % се-

янцев с боковыми побегами. Только в этих потомствах встречались сеянцы с пятью – восемью побегами.

Дополнительно к оценке потомств плюсовых деревьев по числу семядолей был использован признак треххвойности, который также используют при ранней диагностике на продуктивность потомства. Полагают [8, 10], что деревья с устойчивым признаком треххвойности растут быстрее остальных.

В табл. 7 приведен перечень биометрических показателей и морфологических признаков, имеющих между собой статистически достоверную

Таблица 7

Корреляция биометрических показателей и морфологических признаков сеянцев

Признак	Коррелирующий признак	<i>r</i>
Высота сеянцев, см	Биомасса хвоинок+стволиков, г	1,00
	Диаметр у корневой шейки, мм	0,73
	Процент треххвойных пучков	0,52
	Число боковых побегов, шт.	0,58
Диаметр у корневой шейки, мм	« верхушечных почек, шт.	0,55
	« боковых побегов, шт.	0,76
	Высота сеянцев, см	0,73
	Число верхушечных почек, шт.	0,73
Число верхушечных почек, шт.	Биомасса хвоинок+стволиков, г	0,72
	Процент треххвойных пучков	0,63
	Длина шишки, см	-0,57
	Диаметр у корневой шейки, мм	0,73
Число боковых побегов, шт.	Число боковых побегов, шт.	0,66
	Процент треххвойных пучков	0,62
	Биомасса хвоинок+стволиков, г	0,56
	Высота сеянцев, см	0,55
Процент треххвойных пучков	Диаметр у корневой шейки, мм	0,76
	Число верхушечных почек, шт.	0,66
	Высота сеянцев, см	0,58
	Процент треххвойных пучков	0,63
Биомасса хвоинок+стволиков, г	Биомасса хвоинок+стволиков, г	0,57
	Число верхушечных почек, шт.	0,63
	Высота сеянцев, см	0,61
	Биомасса хвоинок+стволиков, г	0,61
Число семядолей, шт.	Диаметр у корневой шейки, мм	0,60
	Число боковых побегов, шт.	0,57
	Диаметр у корневой шейки, мм	0,72
	Процент треххвойных пучков	0,61
Масса 1000 семян, г	Число боковых побегов, шт.	0,57
	« верхушечных почек, шт.	0,56
	Процент 6...9 семядолей	0,86
	Масса 1000 семян, г	0,62

Процент 6...9 семядолей	Число семядолей, шт.	0,86
	Масса 1000 семян, г	0,52

($P = 0,95$) корреляционную связь на среднем и высоком уровнях, т. е. с коэффициентами 0,5 и выше. Связь между биометрическими показателями сеянцев и долей особей с треххвойными пучками характеризовалась как средняя по тесноте ($r = 0,52 \dots 0,63$). Среди трех признаков сеянцев, которые достоверно коррелировали с приростом материнского клона в высоту, диаметром сеянцев (0,38), числом верхушечных почек (0,34), признак треххвойности имел наибольший коэффициент $r = 0,46$.

Оценивая в целом результаты апробации раннедиагностических тестов на данном экспериментальном материале, можно сделать следующие выводы.

В случае, когда в опыте представлены образцы семян, собранных в природных популяциях или с отдельных их представителей, весьма вероятно проявление межпопуляционной (географической) изменчивости. Сказанное справедливо и для вегетативного материала (черенков). Эта форма наследственной изменчивости в селекционной работе с лесными древесными видами достаточно важна. Ее использование приводит к отбору лучших для данных условий популяций и экотипов. Как показывает опыт, масса 1000 семян и число семядолей, рост и сохранность провениенций в культурах, клонов на ЛСП достаточно четко отражают внутривидовую дифференциацию сосны и ели в европейской части России. Таким образом, в популяционной селекции показатель числа семядолей способен играть существенную роль.

Однако, работая с полусибсовыми потомствами клонов различного географического происхождения, когда последние рендомно размещены на одной плантации, селекционер сталкивается с ситуацией принципиально иного характера. Потомство от свободного опыления с этих клонов возникает как результат практически ничем не ограниченного панмиктического процесса, в котором участвует пыльца как плантации, так и прилегающих насаждений того же вида. В такой ситуации тест по числу семядолей не дает четких результатов.

Выявленная достоверная положительная корреляция между долей полусибсов, несущих треххвойные брахибласты, и скоростью роста материнского клона ($r = 0,46$), а также биометрическими показателями сеянцев ($r = 0,52 \dots 0,63$) может оказаться весьма перспективной в практическом плане. Отбор лучших потомств по данному показателю является процессом, направленным в пользу быстрорастущих клонов на ЛСП. Простая механическая сортировка сеянцев в пределах лучших вариантов по высоте стволика приводит к отбору экземпляров преимущественно с признаком треххвойности, большего диаметра, с большим числом почек и боковых побегов, т. е. в целом лучше развитых. Применение такого массового отбора было бы очень полезным стартовым мероприятием при закладке лесосырьевых плантаций с коротким оборотом рубки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев, Л.С. Адаптация разносемядольных растений сосны и ели к внешним условиям среды [Текст] / Л.С. Ковалев, М.С. Ковалев, Г.Б. Рябова. – Южно-Сахалинск, 1992. – 26 с. – Деп. в ВИНТИ 17.03.92, № 895-В92.
2. Маслаков, Е.Л. О возможности ранней диагностики быстрорастущих деревьев-лидеров [Текст] / Е.Л. Маслаков, И.А. Маркова, Т.А. Шестакова. – Лесоведение. – 2001. – № 1. – С. 25–31.
3. Маслаков, Е.Л. Ранняя диагностика быстрорастущих деревьев сосны и ели в питомниках и культурах [Текст] / Е.Л. Маслаков // Интенсификация выращивания посадочного материала: тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. – Йошкар-Ола, 1996. – С. 83–84.
4. Мордась, А.А. Выращивание сеянцев хвойных пород в теплице с полиэтиленовым покрытием [Текст]: метод. рекомендации / А.А. Мордась. – Л., 1983. – 34 с.
5. Мордась, А.А. Рост и развитие полусибсовых потомств сосны обыкновенной на ранних этапах онтогенеза [Текст] / А.А. Мордась, Б.В. Раевский, Е.В. Акимова // Научные основы селекции древесных растений Севера. – Петрозаводск, 1998. – С. 43–50.
6. Орленко, Е.Г. Ранняя диагностика энергии роста сеянцев сосны обыкновенной разного географического происхождения [Текст] / Е.Г. Орленко, З.С. Поджарова // Лесоведение и лесное хозяйство. – 1980. – Вып. 15. – С. 39–43.
7. Паль, Х. Число семядолей у сосны и ели в Эстонской ССР [Текст] / Х. Паль // Лесоводственные исследования. – Таллин, 1989. – Вып. 23. – С. 39–51.
8. Попов, В.Я. Отбор элитных деревьев сосны обыкновенной [Текст] / В.Я. Попов, Д.Х. Файзулин. – Архангельск, 2001. – 24 с.
9. Попов, В.Я. Ранняя диагностика наследственных свойств плюсовых деревьев сосны и ели [Текст]: метод. рекомендации / В.Я. Попов, В.М. Жариков. – Архангельск: АИЛиЛХ, 1978. – 14 с.
10. Попов, В.Я. Создание плантаций сосны обыкновенной семенного происхождения на селекционной основе [Текст] / В.Я. Попов, П.В. Тучин, Д.Х. Файзулин, В.М. Жариков. – Архангельск, 2001. – 24 с.
11. Раевский, Б.В. Рост и сохранность географических культур различных видов ели в Карелии [Текст] / Б.В. Раевский, А.А. Ильинов // Лесн. хоз-во. – 2002. – № 6. – С. 37–39.
12. Статкус, В. Анализ однолетнего потомства различных форм сосны обыкновенной [Текст] / В. Статкус // Охрана и рациональное использование генофонда древесных пород и недревесной растительности леса. – Каунас: Гирионис, 1985. – Т. 1. – С. 75–78.
13. Pelecanos, V. Признаки семян и число семядолей у всходов ели на черном профиле «Зееталер Альпен» [Text] / V. Pelecanos // FBVA-Ber., 1988. – № 28. – С. 159–162.
14. Saenz-Rjmero, C. Landscape genetic structure of *Pinus banksiana*: Seedling traits [Text] / C. Saenz-Rjmero, R.P. Guries // Silvae genet. – 2002. – Vol. 51, N 1. – P. 26–35.

Поступила 20.01.06

B.V. Raevsky, A.A. Mordas, A.A. Iljinov

3*

**Variability and Correlation of Morphological Characteristics
and Biometric Indices for Scotch Pine and Norway Spruce Seedlings**

Variability and correlation of morphological characteristics and biometric indices of Scotch pine and Norway spruce seedlings have been studied in order to test early diagnostic technique.
