

УДК 630\*165.6 + 630\*232.311.3

## ГЕНОТИПИЧЕСКОЕ НЕСХОДСТВО ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ПО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ ПОБЕГОВ

**Н. Н. Бессчетнова<sup>1</sup>, В. П. Бессчетнов<sup>1</sup>, В. Л. Черных<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия,  
Российская Федерация, 603107, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97  
E-mail: besschetnova1966@mail.ru

<sup>2</sup>Поволжский государственный технологический университет,  
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3  
E-mail: ChernyhVL@volgatech.net

*Плюсовые деревья сосны обыкновенной существенно различаются показателями физиологического состояния побегов. Комплекс этих показателей выступает надёжным критерием оценки их адаптированности и резистентности. Дисперсионный анализ установил высокую степень генотипической обусловленности различий плюсовых деревьев по развитию и лигнификации ксилемы, содержанию сахаров и крахмала. Многомерный анализ предоставил возможность оценить уровень генотипического несходства плюсовых деревьев.*

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная; плюсовые деревья; архив клонов; лигнификация ксилемы; крахмал; жиры; генотипическое несходство.

**Введение.** Осуществление намеченных Государственной программой Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» на 2013–2020 годы \* мероприятий по дальнейшему развитию ответственного лесного семеноводства на генетико-селекционной основе предполагает неуклонный рост качества используемых семян, что всегда признавалось приоритетом отечественными специалистами [1–5]. Зарубежные публикации подтверждают обоснованность такого подхода и его актуальность [6–10]. Совершенствование существующей системы отбора плюсовых деревьев возможно посредством увеличения перечня оцениваемых признаков, используемых в качестве селекционных критериев и маркеров, и расширения ар-

сенала и спектра методов их всестороннего анализа [11–15].

**Цель работы** – дать сравнительную оценку плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по комплексу показателей физиологического состояния растений, на её основе определить степень их селекционной значимости.

**Предмет исследования** – генотипическая обусловленность показателей физиологического состояния плюсовых деревьев сосны обыкновенной.

**Объектом исследований** выступал ассортимент плюсовых деревьев в составе архива клонов № 12 Государственного бюджетного учреждения Нижегородской области «Семеновский спецсемлесхоз».

© Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Черных В. Л., 2015.

**Для цитирования:** Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Черных В. Л. Генотипическое несходство плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris* L.) по физиологическому состоянию побегов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2015. – № 4 (28). – С. 35-49.

\* Государственная программа Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» на 2013 – 2020 годы: Утв.: распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 дек. 2012 г. № 2593 - р : Председатель Правительства Российской Федерации Д. Медведев [Доступ – 17.09.2013: [http://www.nbchr.ru/PDF/042\\_oos.pdf](http://www.nbchr.ru/PDF/042_oos.pdf) ] // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2013. – № 2. – 230 с.

**Методика исследований.** Присутствие крахмала и жиров в тканях побегов связывают с устойчивостью растений к неблагоприятным зимним условиям, резистентность к воздействию низких температур, сбалансированностью многих процессов их жизнедеятельности [16–22]. Крахмал выявляли цветной реакцией на раствор Люголя [23, 24], жиры фиксировались реакцией на Судан-III [23]. Их содержание регистрировалось в условных баллах по предложенной нами [25] шкале. Оценка давалась по каждой учётной зоне тканей отдельно, в сумме баллов по всем учётным зонам и в средних значениях балльных оценок для учётной зоны. В качестве контроля визирования использовались неокрашенные срезы, не подвергавшиеся воздействию тестирующих реагентов [25, 26]. Состояние и темпы развития ксилемы древесных растений, процессы образования и лигнификации её клеток, соотношение между формируемыми при этом ранней и поздней древесиной, а также их наследственная обусловленность выступают предметом разносторонних исследований [27–32]. Одревеснение ксилемы оценивали с помощью качественной реакции лигнина на флороглюцин [23, 24, 33, 34]. При проведении гистохимического анализа нами использовался собственный опыт выполнения таких работ [35–39].

**Результаты исследований и их об-суждение.** Плюсовые деревья, представленные в архиве клонов № 12, заметно различались по своему физиологическому состоянию (рис. 1). При этом отчётливо проступает неодинаковый характер соотношений между плюсовыми деревьями по разным признакам (см. рис. 1), что связано со спецификой их наследственной детерминации и величиной дисперсии. Так, по числу частично одревесневших клеток ксилемы (см. рис. 1, б) плюсовое дерево К-601 с наибольшими оценками ( $16,60 \pm 1,46$ ) превосходило образец К-612 с наименьшей величиной по данной характеристике ( $5,80 \pm 0,97$ ) в 3,21 раза. Аналогичные заключения удаётся сделать и в

отношении других признаков, введённых в схему анализа.

Поскольку отмеченная неоднородность ассортимента проявилась на выровненном фоне экологических условий, можно с большой уверенностью говорить о её генотипической обусловленности. Однофакторный дисперсионный анализ (табл. 1) подтвердил справедливость сделанных утверждений. Материалы табл. 1 позволяют констатировать, что в комплексе плюсовых деревьев, представленных в архиве клонов № 12, опытные критерии Фишера по всем признакам превосходят свои табличные величины на 5- и 1-процентном уровнях значимости. Наименьшая существенная разность ( $HCP_{05}$ ) и D-критерий Тьюки ( $D_{05}$ ) обозначают критический порог существенности различий и позволяют установить, между какими вегетативными потомствами он будет достигнут или превышен. Эти оценки в дальнейшем использованы для определения по каждому плюсовому дереву числа случаев его парного сопоставления со всеми остальными, в которых фактическая разность больше заданного уровня существенности различий или равна ему. На их основе формируется матрица существенных различий, используемая в вычислении значений индекса неидентичности.

В целом полученный материал соответствует представлению о выровненности условий произрастания на данном опытном участке и минимизации в соответствии с этим влияния внешних факторов на дифференциацию анализируемых растений по учитываемым показателям. Доля влияния организованных факторов, которые в нашем случае определены принадлежностью к тому или иному плюсовому дереву, в оценках по алгоритму Плохинского составила от  $16,79 \pm 5,80$  % (признак 8) до  $63,56 \pm 2,54$  % (признак 11). Вычисления по алгоритму Снедекора дали вполне сопоставимый результат: от  $11,23 \pm 6,18$  % (признак 8) до  $61,58 \pm 2,68$  % (признак 11). Приведённые сведения указывают на за-

метную генотипическую обусловленность различий между плюсовыми деревьями по разнообразным параметрам их физиологического состояния, обеспечивающим резистентность растений к комплексу неблагоприятных внешних факторов.

Эффективность действия всех организованных факторов, вызывающих возникновение фенотипических различий между плюсовыми деревьями по содержанию

запасных веществ и состоянию ксилемы, позволила установить двухфакторный иерархический дисперсионный анализ (табл. 2). Различия между собственно плюсовыми деревьями – ортетами, оказались существенными во всех вариантах опыта. Расчётные критерии Фишера превосходят соответствующие критические значения на 5- и на 1-процентном уровнях значимости.

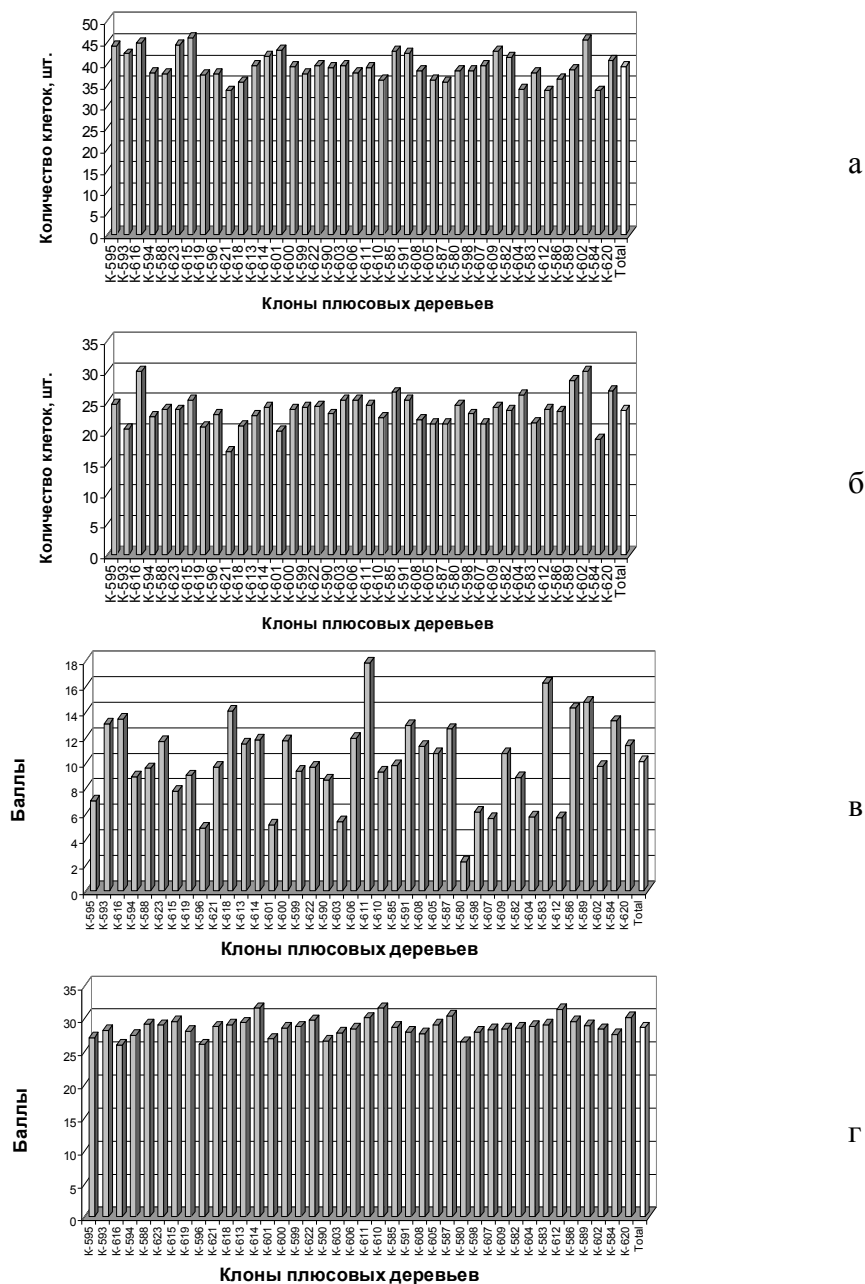


Рис. 1. Соотношение между плюсовыми деревьями в архиве клонов № 12:  
 а) общее количество клеток ксилемы; б) не одревесневших клеток ксилемы;  
 в) содержание крахмала; г) содержание жиров

Таблица 1

**Существенность различий между плюсовыми деревьями по показателям физиологического состояния годовичных побегов**

Признак	Критерий Фишера		Доля влияния фактора ( $h^2 \pm s_{h^2}$ )				Критерии различий	
			по Плохинскому		по Снедекору			
	$F_{оп}$	$F_{05}/F_{01}$	$h^2$	$\pm s_{h^2}$	$h^2$	$\pm s_{h^2}$	$HCP_{05}$	$D_{05}$
Признак 1	3,38	1,40/1,59	0,1907	0,0564	0,1371	0,0601	5,0	9,1
Признак 2	5,30	1,40/1,59	0,2695	0,0509	0,2227	0,0541	3,2	5,8
Признак 3	6,09	1,40/1,59	0,2980	0,0489	0,2535	0,0520	1,3	2,4
Признак 4	3,72	1,40/1,59	0,2056	0,0553	0,1533	0,0590	3,9	7,1
Признак 5	3,73	1,40/1,59	0,2061	0,0553	0,1539	0,0589	3,9	7,0
Признак 6	5,70	1,40/1,59	0,2843	0,0498	0,2387	0,0530	3,5	6,3
Признак 7	6,47	1,40/1,59	0,3107	0,0480	0,2673	0,0510	3,3	6,0
Признак 8	2,90	1,40/1,59	0,1679	0,0580	0,1123	0,0618	4,9	8,9
Признак 9	16,04	1,40/1,59	0,5276	0,0329	0,5007	0,0348	2,3	4,2
Признак 10	6,52	1,40/1,59	0,3122	0,0479	0,2690	0,0509	1,5	2,6
Признак 11	25,04	1,40/1,59	0,6356	0,0254	0,6158	0,0268	1,3	2,4
Признак 12	14,81	1,40/1,59	0,5077	0,0343	0,4793	0,0363	2,9	5,2

**Примечание:** в табл. 1 использованы сокращённые названия признаков: признак 1 – общее количество сформировавшихся рядов клеток ксилемы; признак 2 – количество рядов полностью одревесневших клеток ранней ксилемы; признак 3 – количество рядов абсолютно не одревесневших клеток ксилемы; признак 4 – количество рядов частично одревесневших клеток ксилемы; признак 5 – глубина одревеснения с учётом коэффициента балльной оценки; признак 6 – абсолютный процент одревеснения клеток ксилемы; признак 7 – относительный процент одревеснения клеток ксилемы с учётом частично одревесневших (полуодревесневших) клеток; признак 8 – сумма рядов полностью одревесневших клеток ранней и поздней ксилемы; признак 9 – содержание крахмала; признак 10 – содержание жиров; признак 11 – отношение содержания жиров к содержанию крахмала; признак 12 – суммарное содержание жиров и крахмала.

Влияние фактора, обусловленного различиями между ортегами, достоверно и достаточно велико: от  $16,79 \pm 8,11$  % по признаку 8 до  $63,56 \pm 3,55$  % по признаку 11 (по алгоритму Плохинского) и от  $11,45 \pm 8,63$  % по признаку 8 до  $61,58 \pm 2,68$  % по признаку 11 (по алгоритму Снедекора). Действие различий между раметами несколько меньше и в ряде случаев демонстрирует неподтверждённый критериями Фишера эффект. Его максимум в оценках по алгоритму Плохинского достигает  $31,12 \pm 27,55$  % (признак 5) и даже  $33,78 \pm 26,49$  % (признак 10). Влияние данного фактора связано с фенотипической неоднородностью вегетативного потомства одного плюсового дерева и может быть объяснено, исходя из следующих соображений. Существующие регламенты и реализуемая в соответствии с

ними агротехника создания архивов клонов предусматривает выравнивание условий произрастания и минимизацию в этой связи их дифференцирующего эффекта. Кроме того, принятые приёмы тиражирования и режимы выращивания посадочного материала обеспечивают однотипность его технологических параметров. Причиной неравноценности прививок (этот метод размножения использовался для создания анализируемого объекта) остаётся качество работ при их выполнении, как впрочем, и индивидуальное состояние подвоя и привоя. Это может определять успешность их срастания и последующее развитие.

Фоновое влияние собственно факторов среды доминирует далеко не во всех случаях. Вместе с тем по ряду признаков оно превышает 50 % или приближается к

этому уровню. Данное обстоятельство указывает на определённую зависимость проявляющейся способности плюсовых деревьев накапливать в своих тканях запасные вещества, развивать достаточной мощности ксилему и завершать лигнификацию её клеток от воздействия внешних условий. Оно способно в некоторой степени нивелировать разницу в показателях,

имеющую генотипическую природу, и предопределяет возможность достаточно больших изменений в фенотипических проявлениях признака. Это влияние также способно изменить соотношение в показателях определённого набора плюсовых деревьев при учётах в разные годы, характеризующиеся несходными климатическими параметрами.

Таблица 2

**Результаты двухфакторного дисперсионного анализа плюсовых деревьев по физиологическому состоянию тканей однолетних побегов**

Порядковый номер признака	Источник дисперсии	Критерий Фишера		Доля влияния фактора ( $h^2 \pm m_{h^2}$ )			
		$F_{оп}$	$F_{05/01}$	по Плохинскому		по Снедекору	
				$h^2$	$\pm m_{h^2}$	$h^2$	$\pm m_{h^2}$
Признак 1	ортемы (А)	2,89	1,50/ 1,70	0,1907	0,0789	0,1391	0,0839
	раметы (В)	1,26	1,24/ 1,36	0,2709	0,2916	0,0681	0,3728
	остаток (Z)	-	-	0,5384	0,4616	0,7928	0,2072
Признак 2	ортемы (А)	5,37	1,50/ 1,70	0,2695	0,0712	0,2227	0,0758
	раметы (В)	0,98	1,24/ 1,36	0,2058	0,3177	-0,0051	0,4021
	остаток (Z)	-	-	0,5247	0,4753	0,7825	0,2175
Признак 3	ортемы (А)	5,81	1,50/ 1,70	0,2980	0,0684	0,2536	0,0728
	раметы (В)	1,07	1,24/ 1,36	0,2103	0,3159	0,0168	0,3933
	остаток (Z)	-	-	0,4918	0,5082	0,7296	0,2704
Признак 4	ортемы (А)	2,74	1,50/ 1,70	0,2056	0,0775	0,1569	0,0822
	раметы (В)	1,58	1,24/ 1,36	0,3077	0,2769	0,1367	0,3453
	остаток (Z)	-	-	0,4867	0,5133	0,7064	0,2936
Признак 5	ортемы (А)	2,72	1,50/ 1,70	0,2061	0,0774	0,1577	0,0821
	раметы (В)	1,61	1,24/ 1,36	0,3112	0,2755	0,1427	0,3429
	остаток (Z)	-	-	0,4826	0,5174	0,6996	0,3004
Признак 6	ортемы (А)	5,51	1,50/ 1,70	0,2843	0,0698	0,2389	0,0742
	раметы (В)	1,05	1,24/ 1,36	0,2116	0,3153	0,0124	0,3950
	остаток (Z)	-	-	0,5041	0,4959	0,7488	0,2512
Признак 7	ортемы (А)	6,08	1,50/ 1,70	0,3107	0,0672	0,2673	0,0714
	раметы (В)	1,09	1,24/ 1,36	0,2096	0,3161	0,0219	0,3912
	остаток (Z)	-	-	0,4797	0,5203	0,7108	0,2892
Признак 8	ортемы (А)	2,50	1,50/ 1,70	0,1679	0,0811	0,1145	0,0863
	раметы (В)	1,23	1,24/ 1,36	0,2751	0,2900	0,0643	0,3743
	остаток (Z)	-	-	0,5570	0,4430	0,8213	0,1787
Признак 9	ортемы (А)	7,28	1,50/ 1,70	0,5276	0,0461	0,4892	0,0498
	раметы (В)	4,25	1,24/ 1,36	0,2975	0,2810	0,2657	0,2937
	остаток (Z)	-	-	0,1749	0,8251	0,2451	0,7549
Признак 10	ортемы (А)	3,79	1,50/ 1,70	0,3122	0,0671	0,2697	0,0712
	раметы (В)	2,41	1,24/ 1,36	0,3378	0,2649	0,2338	0,3065
	остаток (Z)	-	-	0,3500	0,6500	0,4964	0,5036
Признак 11	ортемы (А)	9,90	1,50/ 1,70	0,6356	0,0355	0,5986	0,0391
	раметы (В)	6,53	1,24/ 1,36	0,2635	0,2946	0,2602	0,2959
	остаток (Z)	-	-	0,1009	0,8991	0,1412	0,8588
Признак 12	ортемы (А)	6,79	1,50/ 1,70	0,5077	0,0480	0,4688	0,0518
	раметы (В)	4,14	1,24/ 1,36	0,3069	0,2772	0,2716	0,2914
	остаток (Z)	-	-	0,1854	0,8146	0,2596	0,7404

Двухфакторный иерархический дисперсионный анализ (см. табл. 2), в целом, подтвердил оценки генотипической обусловленности различий между плюсовыми деревьями в физиологическом состоянии тканей их побегов, отмеченные в ходе однофакторного анализа (см. табл. 1). При этом он позволил вычленить долю влияния такого фактора, как «различия между ракетами». Полученные сведения обуславливают принципиальную возможность включения данного перечня показате-

телей в состав комплекса признаков при многомерной идентификации объектов лесной селекции. Зная величину коэффициента наследуемости признака (см. табл. 1 и 2), определяли степень генотипической обусловленности установленного несходства плюсовых деревьев в составе архива клонов № 12 ГБУ НО «Семеновский спецлесхоз». На завершающем этапе вычисляли величину интегрального показателя – индекса неидентичности каждого из них (табл. 3).

Таблица 3

**Значения показателей несходства признаков и индекса неидентичности плюсовых деревьев сосны обыкновенной в архиве клонов № 12**

Клон	Показатель несходства по анализируемым признакам												Индекс
	Признак 1	Признак 2	Признак 3	Признак 4	Признак 5	Признак 6	Признак 7	Признак 8	Признак 9	Признак 10	Признак 11	Признак 12	
К-595	4,00	3,23	1,79	3,49	3,30	1,71	2,17	2,35	13,72	7,18	11,44	16,75	0,406
К-593	1,72	5,66	2,38	6,17	6,60	1,71	1,86	1,51	13,19	3,43	9,53	9,14	0,359
К-616	5,34	10,24	8,34	2,26	2,06	2,56	3,42	2,01	13,72	10,93	10,80	8,63	0,459
К-594	1,53	2,16	3,28	1,03	0,82	2,27	2,17	0,84	13,19	5,31	7,63	11,68	0,296
К-588	1,53	1,89	5,36	2,67	2,47	6,25	6,52	1,85	10,55	3,43	12,71	8,12	0,362
К-623	4,39	1,62	5,36	4,11	3,30	1,42	2,49	1,85	10,55	3,12	6,36	9,14	0,307
К-615	5,53	3,50	1,79	5,96	5,77	3,98	3,73	5,04	12,14	4,68	10,80	11,68	0,426
К-619	1,53	4,85	4,77	1,03	0,82	6,25	5,59	1,85	12,14	3,75	5,72	11,68	0,342
К-596	1,53	1,89	2,38	1,64	1,65	2,84	2,49	1,51	17,41	10,62	21,61	18,78	0,482
К-621	4,00	10,51	2,38	1,23	1,44	7,39	8,08	4,87	10,03	3,12	10,80	8,63	0,414
К-618	2,29	4,04	11,32	2,26	2,06	10,80	11,18	0,67	15,30	3,43	9,53	13,20	0,492
К-613	1,33	2,16	6,26	1,03	0,82	5,12	6,21	0,84	10,03	4,06	6,99	8,63	0,305
К-614	1,72	2,16	3,28	2,47	2,06	3,98	4,97	1,68	10,55	11,24	5,08	14,22	0,362
К-601	3,05	6,74	1,79	7,40	7,83	2,56	4,97	3,19	17,41	8,12	20,34	17,26	0,575
К-600	1,33	1,89	1,79	1,23	1,24	1,71	1,86	0,67	10,55	3,75	6,36	9,65	0,240
К-599	1,53	2,16	2,98	2,88	3,50	4,26	8,08	1,85	11,08	3,12	6,36	8,63	0,322
К-622	1,33	2,43	2,98	1,03	1,03	2,27	3,11	1,01	10,03	5,31	10,17	8,63	0,282
К-590	1,53	1,89	1,79	1,03	1,24	2,56	2,49	0,67	13,19	9,05	6,36	14,22	0,320
К-603	1,33	3,50	2,68	1,44	1,44	1,71	2,17	1,01	17,41	3,75	19,70	16,75	0,416
К-606	1,53	3,50	6,26	1,85	1,65	5,97	8,39	1,01	10,55	3,43	8,26	9,65	0,354
К-611	1,53	2,43	4,47	1,03	1,03	4,55	5,28	0,84	20,58	7,18	14,62	19,80	0,476
К-610	2,29	2,16	4,47	1,44	1,44	2,84	3,73	1,68	11,61	11,24	12,71	8,63	0,367
К-585	3,05	5,12	2,09	1,23	1,44	2,56	3,42	1,85	10,03	3,43	5,72	8,63	0,277
К-591	1,72	3,50	1,79	1,85	1,86	2,56	3,11	1,34	12,66	3,75	9,53	8,63	0,299
К-608	0,95	2,43	2,98	1,64	1,65	1,71	3,11	0,67	9,50	3,75	8,26	8,12	0,256
К-605	2,29	3,23	11,02	2,06	2,27	10,52	11,18	0,67	9,50	3,12	6,99	8,63	0,408
К-587	2,29	3,23	2,68	1,44	1,44	1,71	2,80	1,85	12,66	8,12	6,99	13,20	0,333
К-580	0,95	2,43	2,38	2,26	2,06	2,56	3,11	1,34	21,11	9,68	25,42	19,80	0,532

Окончание таблицы 3

Клон	Показатель несходства по анализируемым признакам												Индекс
	Признак 1	Признак 2	Признак 3	Признак 4	Признак 5	Признак 6	Признак 7	Признак 8	Признак 9	Признак 10	Признак 11	Признак 12	
К-598	0,95	1,89	2,98	1,03	1,03	1,71	2,80	0,67	16,88	3,75	16,53	16,75	0,382
К-607	1,33	3,23	2,98	2,47	2,47	2,27	3,42	1,01	16,88	3,12	19,70	16,75	0,432
К-609	3,05	2,16	2,09	3,08	3,09	2,56	2,80	1,85	8,97	3,43	6,99	8,12	0,275
К-582	1,72	1,89	4,17	2,06	1,65	2,56	2,49	0,84	13,19	3,75	6,99	11,68	0,302
К-604	3,81	4,31	11,62	3,29	2,89	11,37	12,43	0,67	16,88	3,12	19,07	14,72	0,595
К-583	1,53	2,96	4,77	2,06	1,86	3,98	2,80	0,84	19,00	3,12	12,71	17,26	0,416
К-612	4,00	1,89	2,98	6,17	6,60	1,71	2,49	3,69	16,88	10,93	23,52	11,68	0,528
К-586	2,29	1,89	1,79	2,67	3,30	1,71	6,52	3,19	16,36	5,00	10,17	16,75	0,409
К-589	0,95	9,16	8,64	4,32	4,33	5,69	8,08	0,84	16,88	3,43	10,80	14,72	0,502
К-602	5,34	9,97	1,79	1,23	0,82	2,56	2,80	4,53	10,03	3,43	5,72	8,63	0,325
К-584	4,00	8,36	2,98	1,23	0,82	1,42	2,17	3,19	13,72	4,37	9,53	8,63	0,345
К-620	0,95	5,66	6,55	2,88	2,68	5,12	3,11	1,01	9,50	6,87	6,36	10,15	0,347
Total	1,53	1,89	2,09	1,03	1,03	1,71	3,11	0,67	10,03	3,75	10,17	8,12	0,258
$n \times h^2$	7,82	11,05	12,22	8,43	8,45	11,66	12,74	6,88	21,63	12,80	26,06	20,82	-
$h^2$	0,19	0,27	0,30	0,21	0,21	0,28	0,31	0,17	0,53	0,31	0,64	0,51	-

**Примечание:** в табл. 3 использованы сокращённые названия признаков, принятые для табл. 1, а также следующие обозначения показателей:  $h^2$  – коэффициент наследуемости в широком смысле;  $n$  – число учтённых плюсовых деревьев.

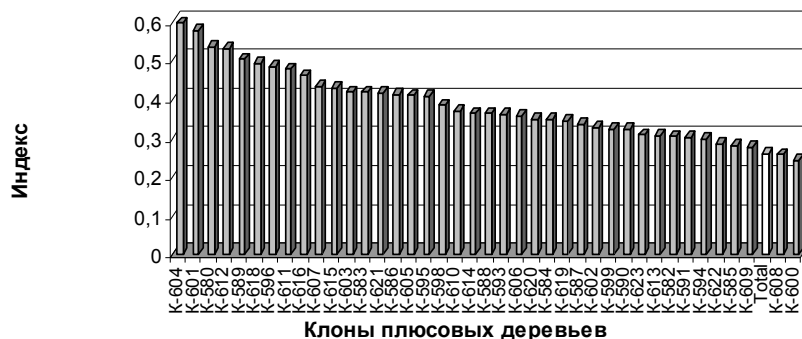


Рис. 2. Индекс неидентичности плюсовых деревьев по степени развитости и лигнификации клетчатки, содержанию крахмала и жиров в клетках тканей

Материалы табл. 3 дают представление о характере формирования комплексных различий между плюсовыми деревьями по показателям физиологического состояния растений. Полученные оценки степени их наследственно обусловленного несходства в конечном итоге позволили ранжировать весь ассортимент по возрастанию значений индекса неидентичности (рис. 2, табл. 4).

На рис. 2 и в материалах табл. 4 видно, что ассортимент архива клонов № 12

сравнительно монотонно распределён в ранжированном ряду. Однако удаётся заметить, что плюсовые деревья К-604 и К-601 выделяются на общем фоне наиболее высокими оценками наследственно обусловленных несовпадений по предложенному комплексу признаков. Плюсовые деревья К-580, К-612, К-589, К-618, К-596, К-611, К-616, хотя имели заметно меньшие значения, также входили в группу лидеров.

Ранжирование (см. табл. 4, рис. 3) позволяет сгруппировать плюсовые деревья в архиве клонов № 12 в соответствии с их генотипической индивидуальностью. Категория с «высокими» оценками индекса в границах 0,50 – 0,74(9) отнесено 5 из 40 объектов: К-604, К-601, К-580, К-612, К-589. В количественном плане заметно преобладает (34 из 40 объектов) группа со «средними» оценками индекса: от 0,25 до 0,49(9). Категория объектов, имеющих «низкий» (до 0,25) индекс неидентичности, представлена только одним плюсовым деревом К-600. Такая категория значений индекса неидентичности как «очень высокий» (0,75 – 1,00) не представлена ни одним образцом. В конечном итоге каждое плюсовое дерево из числа включённых в схему анализа получило индивидуальную оценку степени генотипического несходства с остальными объектами того же комплекса и в соответствии с её величиной

заняло строго определённое место в ранжированном ряду. Плюсовые деревья, обладающие наибольшими значениями индекса неидентичности, имеют меньше совпадений по всему комплексу характеристик с каждым из других. Это позволяет признать меньшую вероятность их генетического родства, а следовательно, и меньшую опасность возникновения негативных последствий инбредной депрессии сменного потомства от скрещивания с другими плюсовыми деревьями. Такими характеристиками в нашем случае обладают плюсовые деревья К-604, К-601, К-580, К-612, К-589, образовавшие группу с «высокими» оценками индекса, а также некоторая часть из состава следующей за ними группы, имеющей «средние» показатели: К-618, К-596, К-611, К-616. Они более предпочтительны в составе лесосеменных плантаций первого порядка и лесосеменных плантаций повышенной генетической ценности.

Таблица 4

**Ранжирование плюсовых деревьев сосны обыкновенной по величине индекса несходства по 12 признакам физиологического состояния**

Ранг	Плюсовое дерево	Число превышений	Индекс несходства	Ранг	Плюсовое дерево	Число превышений	Индекс несходства
1	К-604	104,190	0,595	21	К-588	63,369	0,362
2	К-601	100,661	0,575	22	К-593	62,903	0,359
3	К-580	93,103	0,532	23	К-606	62,048	0,354
4	К-612	92,525	0,528	24	К-620	60,834	0,347
5	К-589	87,855	0,502	25	К-584	60,437	0,345
6	К-618	86,105	0,492	26	К-619	59,970	0,342
7	К-596	84,352	0,482	27	К-587	58,407	0,333
8	К-611	83,327	0,476	28	К-602	56,855	0,325
9	К-616	80,319	0,459	29	К-599	56,422	0,322
10	К-607	75,652	0,432	30	К-590	55,997	0,320
11	К-615	74,601	0,426	31	К-623	53,699	0,307
12	К-603	72,906	0,416	32	К-613	53,477	0,305
13	К-583	72,875	0,416	33	К-582	52,969	0,302
14	К-621	72,497	0,414	34	К-591	52,296	0,299
15	К-586	71,629	0,409	35	К-594	51,903	0,296
16	К-605	71,487	0,408	36	К-622	49,320	0,282
17	К-595	71,145	0,406	37	К-585	48,568	0,277
18	К-598	66,962	0,382	38	К-609	48,189	0,275
19	К-610	64,236	0,367	39	К-608	44,767	0,256
20	К-614	63,401	0,362	40	К-600	42,023	0,240

**Примечание:** в табл. 4 число превышений фактической разностью установленного уровня критериев существенности различий ( $HCp_{05}$ ) скорректировано на соответствующие величины коэффициента наследуемости в широком смысле.



**Выводы.** Подводя предварительные итоги, можно заметить, что ассортимент плюсовых деревьев во всех объектах ПЛСБ и ЕГСК неоднороден по широкому перечню показателей физиологического состояния растений. В значительной степени зафиксированные различия носят наследственный характер. Степень несовпадения значений при сопоставлении анализируемых характеристик плюсовых де-

ревьев связана с их индивидуальными особенностями и детерминирована генотипически. Многопараметрическое несходство плюсовых деревьев позволяет дать интегральную оценку их генотипической неидентичности, которая обеспечивает выделение в составе ассортимента лесосеменных плантаций и архивов клонов наиболее предпочтительных кандидатов для объектов постоянной лесосеменной базы.

### Список литературы

1. Царев, А.П. Вопросы и проблемы плюсовой селекции / А.П. Царев, Н.В. Лаур // Лесной вестник. – 2006. – № 5. – С. 118 – 123.
2. Царев, А.П. Программы лесной селекции (в России и за рубежом): монография / А.П. Царев. – М.: МГУЛ, 2013. – 164 с.
3. Бессчетнов, В.П. Проблемы и перспективы развития лесного семеноводства на селекционно-генетической основе в Нижегородской области / В.П. Бессчетнов // Создание и использование постоянной лесосеменной базы на селекционной основе, перспективные методы выращивания посадочного материала и опыт создания лесных культур с закрытой корневой системой на базе Семеновского спецсемлесхоза Нижегородской области / Тезисы докладов на совещании-семинаре. – Нижний Новгород, 2005. – С. 26 – 27.
4. Бессчетнова, Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Морфометрия и физиология хвой плюсовых деревьев / Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов. Монография. – Нижний Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – 368 с.
5. Бессчетнова, Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Репродуктивный потенциал плюсовых деревьев / Н.Н. Бессчетнова. Монография. – Нижний Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – 586 с.
6. Alizoti, P.G. Effect of Different Climatic Conditions on Phenological Assortative Mating in a Black Pine (*Pinus nigra* Arn.) Clonal Seed Orchard [Free access – 17.07.2015: [http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts\\_pdf/](http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts_pdf/)] / P.G. Alizoti, K. Kylimis, P. Gallios // Seed Orchards and Breeding Theory Conference: 21-25 May, 2012 - Antalya, Turkey. Proceedings. – Isparta-Turkey: Forestry Faculty of Suleyman Demirel University, 2012. – Pp. 55 – 56.
7. Funda, T. Parental Reproductive Investment and Success in Conifer Seed Orchards [Free access – 17.07.2015: [http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts\\_pdf/](http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts_pdf/)] / T. Funda, Y.A. El-Kassaby // Seed Orchards and Breeding Theory Conference: 21-25 May, 2012 – Antalya, Turkey. Proceedings. – Isparta-Turkey: Forestry Faculty of Suleyman Demirel University, 2012. – Pp. 35 – 39.
8. Lee, K.M. Spatial Genetic Structure and Mating System of *Pinus densiflora* Seed Orchard Based on Microsatellite Marker Analysis [Free access – 17.07.2015: [http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts\\_pdf/](http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts_pdf/)] / K.M. Lee, Y.Y. Kim, Y.R. Kwon, K.J. Cho // Seed Orchards and Breeding Theory Conference: 21-25 May, 2012 - Antalya, Turkey. Proceedings. – Isparta-Turkey: Forestry Faculty of Suleyman Demirel University, 2012. – Pp. 104 – 105.
9. Almqvist, C. Effect of pruning and stand density on cone and pollen production in *Pinus sylvestris* seed orchards [Free access – 10/08/2015: [http://www.iufro.org/download/file/16708/5477/20402-20207-20211-prague14-abstracts\\_pdf/](http://www.iufro.org/download/file/16708/5477/20402-20207-20211-prague14-abstracts_pdf/)] / D. Lindgren // Forest Tree Breeding. Conference 2 August 25-29, 2014, Prague, Czech Republic. Book of Abstracts. – Prague: Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences, 2014. – Pp. 6 – 6.
10. Lindgren, D. Seed orchards and supporting breeding [Free access – 10/08/2015: [http://www.iufro.org/download/file/16708/5477/20402-20207-20211-prague14-abstracts\\_pdf/](http://www.iufro.org/download/file/16708/5477/20402-20207-20211-prague14-abstracts_pdf/)] / D. Lindgren // Forest Tree Breeding. Conference 2 August 25-29, 2014, Prague, Czech Republic. Book of Abstracts. – Prague: Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences, 2014. – Pp. 3 – 3.
11. Бессчетнов, В.П. Сравнительная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по параметрам семян / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2012. – № 1 (14). – С. 3 – 11.
12. Бессчетнова, Н.Н. Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по пока-

зателям пигментного состава хвои / Н.Н. Бессчетнова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 1 (17). – С. 5 – 14.

13. Бессчетнова, Н.Н. Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по выходу семян из шишек / Н.Н. Бессчетнова, В. П. Бессчетнов, С. А. Денисов, В. Л. Черных // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 2(22). – С. 21 – 35.

14. Ganea, L.S. Multiplex nuclear SSR amplification in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). [Free access: 11.04.2012: <http://www.Cabi.org/forestsience/FullTextPDF/2012/20123003662.pdf>] / L. S. Ganea, M. R. G. Gil // University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Cluj-Napoca, Romania, Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture. – 2011. – Vol. 68, No. 1. – Pp. 47 – 53.

15. Kurt, Y. Genetic comparison of pinus brutia Ten. populations from different elevations by RAPD markers [Free access – 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forestsience/FullTextPDF/2011/20113388907.pdf>] / Y. Kurt, B.B. Bilgen, N. Kaya, K. Isik // Notulae Botanicae, Horti Agrobotanici, Cluj-Napoca. – 2011. – Vol. 39, No. 2. – Pp. 299 – 304.

16. Лир, X. Физиология древесных растений: Пер. с нем. / X. Лир, Г. Польстер, Г.-И. Фидлер. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 424 с.

17. Либберт, Э. Физиология растений: Пер. с нем. / Э. Либберт. – М.: Мир, 1976. – 582 с.

18. Крамер, П.Д. Физиология древесных растений: Пер. с англ. / П.Д. Крамер, Т.Т. Козловский. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 464 с.

19. Brahim, M.B. Effects of phosphate deficiency on photosynthesis and accumulation of starch and soluble sugars in 1-year-old seedlings of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait) [Free access – 06.04.2012: [http://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/1996/04/AFS\\_0003-4312\\_1996\\_53\\_4\\_ART0001.pdf](http://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/1996/04/AFS_0003-4312_1996_53_4_ART0001.pdf)] / M.B. Brahim, D. Loustau, J.P. Gaudillère, E Saur // Annals of Forest Science. – 1996. – Vol. 53, No. 4. – Pp. 801 – 810.

20. Anderson, U. Changes of Morphogenic Competence in Mature *Pinus sylvestris* L. Buds in vitro [Free access - 05.04.2012: <http://aob.oxfordjournals.org/content/90/2/293.full.pdf+html>] / U. Anderson, G. Vinsh // Annals of Botany. – 2002. – Vol. 90, Iss. 2. – Pp. 293 – 298.

21. Mencuccini, M. The significance of phloem transport for the speed with which canopy photosynthesis and belowground respiration are linked [Free access – 05.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2009.03050.x/epdf>] / M. Mencuccini, T. Hölttä // New phytologist. – 2010. – Vol. 185, Iss. 1. – Pp. 189 – 203.

22. Woodruff, D.R. Water stress, shoot growth and storage of non-structural carbohydrates along a tree height gradient in a tall conifer [Free access – 17.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.2011.02388.x/epdf>] / D.R. Woodruff, F.C. Meinzer // Plant, Cell & Environment. – 2011. – Vol. 34, Iss.11. – Pp. 1920 – 1930.

23. Прозина, Н.М. Ботаническая микротехника / Н.М. Прозина. – М.: Высшая школа, 1960. – 205 с.

24. Гродзинский, А.М. Краткий справочник по физиологии растений / А.М. Гродзинский, Д.М. Гродзинский. – Киев: Наукова думка, 1964. – 288 с.

25. Бессчетнова, Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Селекционный потенциал плюсовых деревьев / Н.Н. Бессчетнова. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & co. KG. (ISBN 978-3-8443-5608-3), 2011. – 402 с.

26. Бессчетнова, Н.Н. Сравнительная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по содержанию крахмала в побегах / Н.Н. Бессчетнова // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – № 2 (9). – 2010. – С. 49 – 55.

27. Gryc, V. Density of juvenile and mature wood of selected coniferous species [Free access – 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forestsience/FullTextPDF/2011/20113175200.pdf>] / V. Gryc, H. Vavrčik, K. Horn // Journal of Forest Science. – 2011. – Vol.57, Iss. 3. – Pp. 123 – 130.

28. Begum, S. Effects of Low Temperature in Reactivated Cambial Cells Induced by Localized Heating During Winter Dormancy in Conifers [Free access - 03.04.2012: <http://scialert.net/qredirect.php?doi=ajpp.2012.30.40&linkid=pdf>] / S. Begum, S. Nakaba, Md. A. Islam, Y. Yamagishi, R. Funada // American Journal of Plant Physiology. – 2012. – Vol. 7, Iss.1. – Pp. 30 – 40.

29. Lloyd, A. Localization of Cell Wall Polysaccharides in Normal and Compression Wood of Radiata Pine: Relationships with Lignification and Microfibril Orientation [Free access – 04.08.2015: <http://www.plantphysiol.org/content/158/2/642.full.pdf+html>] / L.A. Donaldson, J.P. Knox // Plant Physiology. – 2012. – Vol. 158, No 2. – Pp. 642 – 653.

30. Mencuccini, M. Concurrent measurements of change in the bark and xylem diameters of trees reveal a phloem-generated turgor signal [Free access – 05.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12224/epdf>] / M. Mencuccini, T. Hölttä, S. Sevanto, E. Nikinmaa // New phytologist. – 2013. – Vol. 198, Iss. 4. – Pp. 1143 – 1154.

31. Jyske, T. Comparison of phloem and xylem hydraulic architecture in *Picea abies* stems [Free access – 05.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi>

/10.1111/nph.12973/epdf] / T. Jyske, T. Hölttä // *New phytologist*. – 2015. – Vol. 205, Iss. 1. – Pp. 102 – 115.

32. *Scoffoni, C.* Modelling the outside-xylem hydraulic conductance: towards a new understanding of leaf water relations [Free access – 17.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/pce.12433/epdf>] / C. Scoffoni // *Plant, Cell & Environment*. – Vol. 38, Iss. 1, January 2015. – Pp. 4 – 6.

33. *Наумов, Н.А.* Основы ботанической микротехники / Н.А. Наумов, В.Е. Козлов. – М.: Советская наука, 1954. – 312 с.

34. *Барская, Е. И.* Изменения хлоропластов и вызревание побегов в связи с морозоустойчивостью древесных растений / Е.И. Барская. – М.: Наука, 1967. – 223 с.

35. *Бессчетнов, В.П.* Образование и лигнификация ксилемы плюсовых деревьев сосны обыкновенной / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. – 2013. – № 2 / 332. — С. 45 – 52.

36. *Бессчетнова, Н.Н.* Скорость сезонного роста ксилемы в годичных побегах клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной / Н.Н. Бессчетнова // *Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник*. – 2008. – № 2. – С. 4 – 10.

37. *Бессчетнова, Н.Н.* Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны по степени развития ксилемы / Н.Н. Бессчетнова // *Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. Естественные, технические, экономические науки*. – 2012. – № 07. – С. 9 – 14.

38. *Бессчетнова, Н.Н.* Содержание жиров в клетках побегов плюсовых деревьев сосны обыкновенной / Н.Н. Бессчетнова // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. – 2012. – № 4 / 328. – С. 48 – 55.

39. *Бессчетнова, Н.Н.* Генотипическая неидентичность плюсовых деревьев сосны обыкновенной по содержанию крахмала / Н.Н. Бессчетнова // *Известия Оренбургского аграрного университета*. – 2013. – № 4(42). – С. 20 – 23.

Статья поступила в редакцию 14.10.15.

#### Информация об авторах

*БЕССЧЕТНОВА Наталья Николаевна* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур, декан факультета лесного хозяйства, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. Область научных интересов – проблемы эффективности лесной селекции и совершенствования селекционного потенциала плюсовых деревьев основных лесообразующих пород, селекция сосны обыкновенной, лесные культуры, интродукция. Автор 77 публикаций, в том числе трёх монографий.

*БЕССЧЕТНОВ Владимир Петрович* – доктор биологических наук, профессор, проректор по общим и организационным вопросам, заведующий кафедрой лесных культур, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. Область научных интересов – лесные культуры, селекция и интродукция древесных и кустарниковых видов, проблемы эффективности лесной селекции и совершенствования селекционного потенциала природных популяций и плюсовых деревьев основных лесообразующих пород. Автор 143 публикаций.

*ЧЕРНЫХ Валерий Леонидович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства, таксации и лесоустройства, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – проблемы таксации леса, математического моделирования и ГИС-технологий. Автор 250 публикаций, в том числе пяти монографий.

UDC 630\*165.6 + 630\*232.311.3

**GENOTYPIC DIFFERENCE OF PLUS TREES OF SCOTS PINE  
(*PINUS SYLVESTRIS* L.) BY PHYSIOLOGICAL STATE OF SHOOTS***N.N. Besschetnova*<sup>1</sup>, *V.P. Besschetnov*<sup>1</sup>, *V.L. Chernykh*<sup>2</sup><sup>1</sup>Nizhny Novgorod Agricultural Academy,  
97, Gagarina Av., Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation  
E-mail: besschetnova1966@mail.ru<sup>2</sup>Volga State University of Technology,  
3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation  
E-mail: ChernykhVL@volgatech.net

**Key words:** Scots pine; plus trees; storage of clones; xylem lignification; starch; fats; genotypic difference.

**ABSTRACT**

**Introduction.** Development of Russian forest seedage on the genetic-selection basis is supposed to improve the existing system of plus trees selection by increase of a number of assessed characteristics, used as the selective criteria and markers, and enlargement of the methods of an extensive analysis. **The goal** of the research was to make a comparative assessment of plus trees of Scots pine by a number of characteristics of physiological condition of plants and to define the selective significance based on the assessment. **Research techniques** covered the comparison of physiological condition of the analyzed plants by presence of fats and starch in the tissue of the studied plants, as well as by lignification of the cells of xylem. The traditional methods of histochemical analysis with the definition of relative marks using the offered scale (the authors offered the abovementioned scale) were used. According to the **research results**, plus trees have a significant difference by their physiological condition. One-factor and two-factor dispersion analysis proved its genotypic dependence. The share of dispersion, connected with the differences between the ortets was  $16,79 \pm 8,11$  % -  $63,56 \pm 3,55$  %. The obtained data determined the possibility to include the list of characteristics into the feature complex when multidimensional classification of the objects of forest selection. The extent of the genotypic dependence of the specified difference of plus trees was defined by the overall performance – nonidentity index. This criterion made it possible to range all the assortment by the growth of values and make the groups of plus trees by their genotypic individuality. Five of forty objects were defined to belong to the category with high index valuation (0,50 – 0,74(9)). Plus trees with higher figures of the nonidentity index have less coincidences in all the complex of their characteristics. It shows less probability of their genetic affinity and less danger of negative consequences occurrence of inbreeding depression of the trees grown out from the seeds on cross breeding with other plus trees. They are more preferable in composition of the first-order seed plantations and the seed plantations with the genetic value of higher value. **Conclusion.** The extent of difference of values when comparison of the analyzed characteristics of plus trees is explained by their individual peculiarities and determined by their genotypic characteristics. Multivariable discrepancy of plus trees allows to make an integral estimation of their genotypic difference which assures definition in their composition of the assortment of seedage plantation and clones storage of the preferable trees as the object of constant seed base.

**REFERENCES**

1. Tsarev A.P., Laur N.V. Voprosy i problemy plusovoy seleksii [Issues and Problems of Plus Selection]. *Lesnoy Vestnik* [Forest Vestnik]. 2006. № 5. Pp. 118 – 123.
2. Tsarev A.P. *Programmy lesnoy seleksii (v Rossii i za rubezhom): monografiya* [Forest Selection Programs (in Russia and abroad): monograph]. Moscow: MGUL, 2013. 164 p.
3. Besschetnov V.P. Problemy i perspektivy razvitiya lesnogo semenovodstva na selektsionno-geneticheskoy osnove v Nizhegorodskoy oblasti [Problems and Perspectives for Development of Forest Seedage on the Selection-Genetic Basis in Nizhny Novgorod Oblast]. *Sozdanie i ispolzovanie postoyannoy lesosemennoy bazy na selektsionnoy osnove, perspektivnye metody vyrashchivaniya posadochnogo materiala i opyt sozdaniya lesnykh kultur s zakrytoy kornevoy sistemoy na baze Semenovskogo spetssemleskhoza Nizhegorodskoy oblasti. Tezisy dokladov na soveshchaniy-seminare* [Development and Use of

Constant Seed Base on the Selective Basis, Perspective Methods for Cultivation of Planting Material and An Experience for Establishment of Plantations in Containers on the Basis of Semenovskiy Forestry Farm in Nizhniy Novgorod Oblast. Proceedings of the Meeting-Seminar]. Nizhniy Novgorod, 2005. Pp. 26 – 27.

4. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. *Sosna obyknovennaya (Pinus sylvestris L.). Morfometriya i fiziologiya khvoi plusovykh derev* [Scots Pine (Pinus sylvestris L.). Morphometry and Physiology of Plus Trees Needles. Monograph]. Nizhniy Novgorod: Nizhegorodskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya, 2014. 368 p.

5. Besschetnova N.N. *Sosna obyknovennaya (Pinus sylvestris L.). Reproktivnyy potentsial plusovykh derev. Monografiya* [Scots Pine (Pinus sylvestris L.). Breeding Potential of Plus Trees. Monograph.]. Nizhniy Novgorod: Nizhegorodskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya, 2015. 586 p.

6. Alizoti P.G., Kylimis K., Gallios P. Effect of Different Climatic Conditions on Phenological Assortative Mating in a Black Pine (Pinus nigra Arn.) Clonal Seed Orchard [Free access – 17.07.2015: [http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts\\_pdf/](http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts_pdf/)] Seed Orchards and Breeding Theory Conference: 21-25 May, 2012 - Antalya, Turkey. Proceedings. Isparta-Turkey: Forestry Faculty of Suleyman Demirel University, 2012. Pp. 55 – 56.

7. Funda T., El-Kassaby Y.A. Parental Reproductive Investment and Success in Conifer Seed Orchards [Free access – 17.07.2015: [http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts\\_pdf/](http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts_pdf/)]. Seed Orchards and Breeding Theory Conference: 21-25 May, 2012 - Antalya, Turkey. Proceedings. Isparta-Turkey: Forestry Faculty of Suleyman Demirel University, 2012. Pp. 35 – 39.

8. Lee K.M., Kim Y.Y., Kwon Y.R., Cho K.J. Spatial Genetic Structure and Mating System of Pinus densiflora Seed Orchard Based on Microsatellite Marker Analysis [Free access – 17.07.2015: [http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts\\_pdf/](http://www.iufro.org/download/file/10659/5289/20901-antalya12-abstracts_pdf/)]. Seed Orchards and Breeding Theory Conference: 21-25 May, 2012 - Antalya, Turkey. Proceedings. – Isparta-Turkey: Forestry Faculty of Suleyman Demirel University, 2012. Pp. 104 – 105.

9. Almqvist C., Lindgren D. Effect of pruning and stand density on cone and pollen production in Pinus sylvestris seed orchards [Free access – 10/08/2015: [http://www.iufro.org/download/file/16708/5477/20402-20207-20211-prague14-abstracts\\_pdf/](http://www.iufro.org/download/file/16708/5477/20402-20207-20211-prague14-abstracts_pdf/)]. Forest Tree Breeding. Conference 2 August 25-29, 2014, Prague, Czech Republic. Book of Abstracts. – Prague: Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences, 2014. Pp. 6 – 6.

10. Lindgren D. Seed orchards and supporting breeding [Free access – 10/08/2015: [http://www.iufro.org/download/file/16708/5477/20402-20207-20211-prague14-abstracts\\_pdf/](http://www.iufro.org/download/file/16708/5477/20402-20207-20211-prague14-abstracts_pdf/)]. Forest Tree Breeding. Conference 2 August 25-29, 2014, Prague, Czech Republic. Book of Abstracts. – Prague: Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Forestry and Wood Sciences, 2014. Pp. 3 – 3.

11. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Sravnitel'naya otsenka plusovykh derev sosny obyknovennoy po parametram semyan [Comparative Assessment of Plus Trees of Scots Pine by Seed Parameters]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2012. № 1 (14). Pp. 3 – 11.

12. Besschetnova N.N. Mnogomernaya otsenka plusovykh derev sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) po pokazatelyam pigmentnogo sostava khvoi [Multilevel Assessment of Plus Trees of Scots Pine by Color Combination of Needles]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2013. № 1 (17). Pp. 5 – 14.

13. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Denisov S.A., Chernykh V.L. Mnogomernaya otsenka plusovykh derev sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) po vykhodu semyan iz shishek [Multilevel Assessment of Plus Trees of Scots Pine (Pinus sylvestris L.) by Number of Seeds in the Cones]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2014. № 2(22). Pp. 21 – 35.

14. Ganea L.S., Gil M.R.G. Multiplex nuclear SSR amplification in Scots pine (Pinus sylvestris L.). [Free access: 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forestsience/FullTextPDF/2012/20123003662.pdf>]. University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Cluj-Napoca, Romania, Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture. 2011. Vol. 68, No. 1. Pp. 47 – 53.

15. Kurt Y., Bilgen B.B., Kaya N., Isik K. Genetic comparison of pinus brutia Ten. populations from different elevations by RAPD markers [Free access – 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forestsience/FullTextPDF/2011/20113388907.pdf>]. Notulae Botanicae, Horti Agrobotanici, Cluj-Napoca. 2011. Vol. 39, No. 2. Pp. 299 – 304.

16. Lir Kh., Polster G., Fidler G.-I. Fiziologiya drevesnykh rasteniy: per. s nem. [Woody Plants Physiology: translated from German into Russian.]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1974. 424 p.

17. Libbert E. Fiziologiya rasteniy: per. s nem. [Plants Physiology: translated from German into Russian.]. Moscow: Mir, 1976. 582 p.

18. Kramer P.D., Kozlovskiy T.T. Fiziologiya drevesnykh rasteniy: per. s angl. [Woody Plants Physiology: translated from English into Russian.]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1983. 464 p.
19. Brahim M.B., Loustau D., Gaudillère J.P., Saur E. Effects of phosphate deficiency on photosynthesis and accumulation of starch and soluble sugars in 1-year-old seedlings of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait) [Free access – 06.04.2012: [http://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/1996/04/AFS\\_0003-4312\\_1996\\_53\\_4\\_ART0001.pdf](http://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/1996/04/AFS_0003-4312_1996_53_4_ART0001.pdf)]. *Annals of Forest Science*. 1996. Vol. 53, No. 4. Pp. 801 – 810.
20. Andersone U., Vinsh G. Changes of Morphogenic Competence in Mature *Pinus sylvestris* L. Buds in vitro [Free access - 05.04.2012: <http://aob.oxfordjournals.org/content/90/2/293.full.pdf+html>]. *Annals of Botany*. 2002. Vol.90, Iss. 2. Pp. 293 – 298.
21. Mencuccini M., Hölttä T. The significance of phloem transport for the speed with which canopy photosynthesis and belowground respiration are linked [Free access – 05.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2009.03050.x/epdf>]. *New phytologist*. 2010. Vol. 185, Iss. 1. Pp. 189 – 203.
22. Woodruff D.R., Meinzer F.C. Water stress, shoot growth and storage of non-structural carbohydrates along a tree height gradient in a tall conifer [Free access – 17.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.2011.02388.x/epdf>]. *Plant, Cell & Environment*. 2011. Vol. 34, Iss.11. Pp. 1920 – 1930.
23. Prozina N.M. *Botanicheskaya mikrotehnika* [Botanical Microengineering]. Moscow: Vysshaya shkola, 1960. 205 p.
24. Grodzinskiy A.M., Grodzinskiy D.M. *Kratkiy spravochnik po fiziologii rasteniy* [Quick Reference Handbook on Plants Physiology]. Kyiv: Naukova Dumka, 1964. 288 p.
25. Besschetnova N.N. Sosna obyknovennaya (*Pinus sylvestris* L.). Seleksionnyy potentsial plusovykh derevev [Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). Selection Potential of Plus Trees]. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & co. KG. (ISBN 978-3-8443-5608-3), 2011. 402 p.
26. Besschetnova N.N. Sravnitel'naya otsenka plusovykh derevev sosny obyknovennoy po sodержaniyu krakhmala v pobegakh [Comparative Assessment of Plus Trees of Scots Pine by Starch Content in the Shoots]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie*. [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. № 2 (9). 2010. Pp. 49 – 55.
27. Gryc V., Vavrčík H., Horn K. Density of juvenile and mature wood of selected conifero us species [Free access – 11.04.2012: <http://www.cabi.org/forestscience/FullTextPDF/2011/20113175200.pdf>]. *Journal of Forest Science*. 2011. Vol.57, Iss. 3. Pp. 123 – 130.
28. Begum S., Nakaba S., Islam Md.A., Yamagishi Y., Funada R. Effects of Low Temperature in Reactivated Cambial Cells Induced by Localized Heating During Winter Dormancy in Conifers [Free access - 03.04.2012: <http://scialert.net/qredirect.php?doi=ajpp.2012.30.40&linkid=pdf>]. *American Journal of Plant Physiology*. 2012. Vol. 7, Iss.1. Pp. 30 – 40.
29. Lloyd A., Donaldson L.A., Knox J.P. Localization of Cell Wall Polysaccharides in Normal and Compression Wood of Radiata Pine: Relationships with Lignification and Microfibril Orientation [Free access – 04.08.2015: <http://www.plant-physiol.org/content/158/2/642.full.pdf+html>]. *Plant Physiology*. 2012. Vol. 158, No 2. Pp. 642 – 653.
30. Mencuccini M., Hölttä T., Sevanto S., Nikinmaa E. Concurrent measurements of change in the bark and xylem diameters of trees reveal a phloem-generated turgor signal [Free access – 05.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12224/epdf>]. *New phytologist*. 2013. Vol. 198, Iss. 4. Pp. 1143 – 1154.
31. Jyske T., Hölttä T. Comparison of phloem and xylem hydraulic architecture in *Picea abies* stems [Free access – 05.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12973/epdf>]. *New phytologist*. 2015. Vol. 205, Iss. 1. Pp. 102 – 115.
32. Scoffoni C. Modelling the outside-xylem hydraulic conductance: towards a new understanding of leaf water relations [Free access – 17.05.2015: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/pce.12433/epdf>]. *Plant, Cell & Environment*. Vol.38, Iss. 1, January 2015. Pp. 4 – 6.
33. Naumov N.A., Kozlov V.E. *Osnovy botanicheskoy mikrotekhniki* [Fundamentals of Botanic Microengineering]. Moscow: Sovetskaya nauka, 1954. 312 p.
34. Barskaya E. I. *Izmeneniya khloroplastov i vyzrevanie pobegov v svyazi s morozoustoychivostu drevesnykh rasteniy* [Chloroplasts Variation and Shoots Maturing Resulting from Freezing Resistance of Woody Plants]. Moscow: Nauka, 1967. 223 p.
35. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Obrazovanie i lignifikatsiya ksilemy plusovykh derevev sosny obyknovennoy [Formation and Lignification of Xylem of Plus Trees of Scots Pine]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. [News of Higher Educational Institutions. Forest Journal]. 2013. № 2 / 332. Pp. 45 – 52.
36. Besschetnova N.N. Skorost sezonnogo rosta ksilemy v godichnykh pobegakh klonov plusovykh derevev sosny obyknovennoy [The Speed of Seasonal Growth of Xylem in the Annual Shoots of the Clones of Plus Trees of Scots Pine]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Vestnik of Moscow State Forest University – Forest Vestnik]. 2008. № 2. Pp. 4 – 10.

37. Besschetnova N.N. Mnogomernaya otsenka plusovykh derezev sosny po stepeni razvitiya ksilemy [Multilevel Assessment of Plus Trees of Pine by the Extent of Xylem Development]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova. Estestvennye, tekhnicheskie, ekonomicheskie nauki* [Vestnik of Saratov State Agricultural University named after N.I. Vavilov. Natural, Engineering, Economic Sciences]. 2012. № 07. Pp. 9 – 14.

38. Besschetnova N.N. Soderzhanie zhirov v kletkakh pobegov plusovykh derezev sosny

obyknovennoy [Fats Content in the Cells of Plus Trees Shoots of Scots Pine]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [News of Higher Educational Institutions. Forest Journal]. 2012. № 4 / 328. Pp. 48 – 55.

39. Besschetnova N.N. Genotipicheskaya neidentichnost plusovykh derezev sosny obyknovnoy po sodержaniyu krakhmala [Genotypic Difference of Plus Trees of Scots Pine by Starch Content]. *Izvestiya Orenburgskogo agrarnogo universiteta* [News of Orenburg Agrarian University]. 2013. № 4(42). Pp. 20 – 23.

The article was received 14.10.15.

**Citation for an article:** Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Chernykh V.L. Genotypic difference of plus trees of scots pine (*Pinus Sylvestris* L.) by physiological state of shoots. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2015. No 4 (28). Pp. 35-49.

#### Information about the authors

*BESSCHETNOVA Natalia Nikolayevna* – Candidate of Agricultural Sciences, Dean at the Faculty of Forestry, Associate Professor at the Chair of Forest Plantations, Nizhny Novgorod Agricultural Academy. Research interests – problems of efficiency of forest selection and improvement of breeding potential of plus trees of major forest species, Scots pine selection, plantations, introduction. The author of 77 publications, including three monographs.

*BESSCHETNOV Vladimir Petrovich* – Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice Rector for General and Organizational Issues, Head at the Chair of Forest Plantations, Nizhny Novgorod Agricultural Academy. Research interests – plantations, selection and introduction of woody and shrubby species, problems of efficiency of forest selection and improvement of breeding potential of natural population and plus trees of major forest species. The author of 143 publications.

*CHERNYKH Valeriy Leonidovich* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head at the Chair of Forestry, Forest Taxation and Forest Surveying, Volga State University of Technology. Research interests – problems of forest taxation, mathematic simulation, IT and GIS technologies in forestry. The author of 250 publications, including 5 monographs.