

## РОСТ КЛОНОВ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, ОТОБРАННЫХ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ПО СМОЛОПРОДУКТИВНОСТИ

Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов, А.Н. Горелов

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 97

lesfak@bk.ru

Исследованы таксационные показатели клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной, отобранных по смолопродуктивности, в сравнении с аналогичными характеристиками растений, отобранных по линейным параметрам ствола. Клоны представлены в составе лесосеменной плантации № 10 в Семеновском лесничестве Нижегородской обл., созданной в 1984 г. на участке с типом лесорастительных условий  $V_2$ , и типом леса — сосняк майниково-брусничный. Обеспечено соблюдение принципа единственного логического различия, а также базовых требований к постановке опыта. Методика предусматривала использование величины угла крепления боковых ветвей первого порядка к стволу в качестве тест-маркера при проверке чистоты клонового состава плантации. Учтены таксационные показатели (высота и диаметр ствола) у 571 дерева при сплошном перечете. Установлен неодинаковый характер распределения средних значений анализируемых показателей у сравниваемых между собой вегетативных потомств плюсовых деревьев. Наибольшая высота ( $16,70 \pm 0,43$  м), отмечена у клонов плюсового дерева К-011, выделенного по смолопродуктивности, которая на 2,65 м или в 1,19 раз превосходит ее наименьшее значение ( $14,05 \pm 0,44$  м), присущее клонам плюсового дерева К-113, отобранного по тем же критериям, и на 2,02 м, или в 1,14 раза, превосходит ее наименьшее значение ( $14,23 \pm 0,31$  м), присущее клонам плюсового дерева К-171, отобранного по таксационным показателям ствола. Показано соответствие выявленных различий в таксационных показателях клонов уровню существенных, как в группе выделенных по смолопродуктивности плюсовых деревьев, а так и в группе выделенных по характеристикам стволов, что указывает на специфику их генотипов. Определена степень сходства плюсовых деревьев по параметрам стволов, что свидетельствует о различном уровне индивидуальной неидентичности каждого из плюсовых деревьев относительно остальных в их рассматриваемой совокупности.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, смолопродуктивность, плюсовые деревья, параметры ствола, существенность различий, коэффициент наследуемости

**Ссылка для цитирования:** Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Горелов А.Н. Рост клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной, отобранных в Нижегородской области по смолопродуктивности // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 4. С. 5–14. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-4-5-14

Задачи селекционного совершенствования лесов нашли отражение в государственной программе Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» на 2013–2020 годы и в Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года. В первую очередь это относится к основным лесообразующим породам, в числе которых важнейшую роль играет сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) [1–5] Широта ареала и многообразие форм практического использования, включая подпочку, делают сосну объектом всестороннего изучения как у нас в стране [6–8], так и за рубежом [9–18]. На современном этапе важна всесторонняя оценка селекционного потенциала ее плюсовых деревьев [19–25], которая может проводиться по широкому комплексу критериев и признаков, имеющих хозяйственное, адаптационное и идентификационное значение [26–32]. Одним из них выступает выход живицы — незаменимого сырья для лесохимических предприятий, сосредоточенных в Нижегородской области. На ее территории специалистами Центрального научно-исследовательского и проектного института лесохимической промышлен-

ности в ходе селекционной инвентаризации насаждений были выделены плюсовые деревья, отличающиеся высокими значениями указанного показателя.

### Цель работы

Цель работы — оценка таксационных показателей клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной, отобранных по смолопродуктивности, в сопоставлении с параметрами плюсовых деревьев, которые были отобраны по линейным параметрам ствола.

### Материалы и методы

Объект исследования — плюсовые деревья сосны обыкновенной, отобранные на территории Нижегородской обл. по критериям повышенной смолопродуктивности и представленные своими клонами (прививками) на лесосеменной плантации № 10, которая была заложена в 1984 г. в Семеновском районном лесничестве Нижегородской обл. в (кв. № 121, выд. № 5) на площади 5,0 га с первоначальным числом посадочных мест 1042 шт., что при проектной схеме размещения посадочных

мест  $6 \times 8$  м дало плотность их посадки — 208 шт./га. Количество смолопродуктивных клоновых групп — 16. Помимо них в состав участка вошли одновременно высаженные прививки еще четырех плюсовых деревьев того же возраста, отобранных по параметрам их стволов (высоте, диаметру, техническим качествам). Сохранность указанного ассортимента при плановой аттестации в 1992 г. составила 100 %, сохранность клонов (рамет) от исходного количества — 93 %, а их санитарное состояние определено как хорошее. Территориально плантация входит в зону хвойно-широколиственных лесов хвойно-широколиственного лесного района Европейской части Российской Федерации (3-й лесорастительный район) с типичными для зоны почвами [33]. Тип лесорастительных условий В<sub>2</sub>, тип леса — сосняк майниково-брусничный. По лесосеменному районированию плантация отнесена ко второму лесосеменному району сосны обыкновенной.

Методологической платформой для работы служил принцип единственного логического различия, а также требования к типичности, пригодности, надежности и целесообразности опыта. Чистота состава клонов на плантации предварительно проверялась по величине угла крепления боковых ветвей первого порядка к стволу. Этот признак, согласно ранее полученным сведениям о его стабильности в пределах рамет одного ортега и больших различиях между клонами разных плюсовых деревьев, выступил тест-маркером [3, 34–36]. При натурной таксации выполнен сплошной пересчет 571 дерева. Высоту измеряли высотомером Suunto PM-5/360 PC с точностью шкалы 0,1 м, диаметр на высоте 1,3 м — мерной вилкой с точностью 1 см. Учитывали имеющийся опыт изучения лесосеменных плантаций, испытательных культур, архивов клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной, включая таксационные показатели при оценках селекционного дифференциала и общей комбинационной способности [37–40].

## Результаты и обсуждение

Установлено, что характер распределения средних значений анализируемых показателей у сравниваемых между собой вегетативных потомств плюсовых деревьев, как и соотношение между соответствующими значениями двух их групп, выделенных по фенотипическим проявлениям разных признаков, имеющих хозяйственное значение, неодинаков (рис. 1–3). Так, по высоте ствола неоднородность плюсовых деревьев фиксируется как в пределах каждой отдельной группы клонов, так в рассматриваемом их массиве в целом (см. рис. 1).

Наибольшее значение высоты ( $16,70 \pm 0,43$  м), отмеченное у клонов плюсового дерева К-011, выделенного из состава естественных насаждений по критериям повышенной смолопродуктивности, на 2,65 м, или в 1,19 раза, превышает ее наименьшее значение ( $14,05 \pm 0,44$  м), присущее клонам плюсового дерева К-113, отобранного по тем же критериям, и на 2,02 м, или в 1,14 раза, превышает ее наименьшее значение ( $14,23 \pm 0,31$  м), присущее клонам плюсового дерева К-171, отобранного по таксационным показателям ствола. Однако средняя высота в каждой из групп ( $15,17 \pm 0,06$  м и  $15,28 \pm 0,15$  м) и в обобщенном массиве данных ( $15,18 \pm 0,06$  м) оказалась практически одинаковой (см. рис. 1). Такое соотношение объясняется отчасти тем, что отбор лучших по смолопродуктивности особей был осуществлен из числа лидирующих по таксационным параметрам ствола деревьев.

Расхождения в оценках диаметра ствола плюсовых деревьев также наблюдались в пределах отдельных групп клонов и в их массиве в целом (см. рис. 2). В данном случае картина соотношения иная, и превышение наибольшего значения ( $36,93 \pm 0,72$  см), зафиксированного у клонов плюсового дерева К-017, отобранного по критериям повышенной смолопродуктивности, над наименьшим ( $29,08 \pm 0,40$  см), наблюдавшейся у клонов плюсового дерева К-167, отобранного по оценкам параметров ствола, составило 7,85 см, или в 1,27 раза.

По отношению к минимуму, отмеченному у клона К-001, таких оценок ( $32,66 \pm 0,40$  см) в группе плюсовых деревьев, которые выделены по смолопродуктивности, аналогичное превышение составило 4,85 см, или в 1,17 раза. В отличие от высоты ствола оценки среднего диаметра в каждой из сравниваемых групп ( $34,14 \pm 0,18$  см и  $31,71 \pm 0,39$  см) и в обобщенном массиве данных ( $33,92 \pm 0,17$  см) заметно различались. В группе отобранных по смолопродуктивности плюсовых деревьев диаметр ствола выше (см. рис. 2), что позволяет признать большую сбежистость их ствола.

Проведенный статистический анализ показателя напряженности роста ствола подтвердил выдвинутое предположение (см. рис. 3).

Различия между сравниваемыми группами растений по данному признаку прослеживаются отчетливо. Наибольшее значение ( $2,38 \pm 0,07$  м/см<sup>2</sup>) зафиксировано у клонов плюсового дерева К-167, отобранного по оценкам параметров ствола, и на 0,89 м/см<sup>2</sup>, или в 1,60 раза, превосходит соответствующий минимум ( $1,49 \pm 0,05$  м/см<sup>2</sup>), зафиксированный у клонов плюсового дерева К-017, отобранного по смолопродуктивности. Столь же уверенно различаются между собой и

обобщенные средние оценки данного показателя, которые составили  $1,97 \pm 0,04$  м/см<sup>2</sup> (отбор по параметрам ствола);  $1,71 \pm 0,02$  м/см<sup>2</sup> (отбор по смолопродуктивности);  $1,73 \pm 0,02$  м/см<sup>2</sup> (единое для двух групп значение).

Полученные результаты статистически достоверны, о чем свидетельствуют значения *t*-критерия Стьюдента, оказавшиеся заметно больше соответствующих табличных пределов на 5%-м уровне значимости. При этом величина относительной ошибки (точность опыта) не превысила заданный 5%-й порог. Поскольку вышеуказанные фенотипические различия параметров стволов ассортиментного состава клонов лесосеменной плантации № 10 проявились при совместном произрастании последних на выровненном фоне экологических условий основной причиной их возникновения можно признать специфику генотипов плюсовых деревьев.

Соответствие различий между вегетативными потомствами плюсовых деревьев заданным критериям их существенности установлено в ходе проведения однофакторного дисперсионного анализа (табл. 1). Полный ассортимент плюсовых деревьев, представленных своими клонами на лесосеменной плантации № 10, демонстрирует наличие существенных различий между ними. На это указывают расчетные критерии Фишера, заметно превысившие установленный предел как на 5%-м, так и на 1%-м уровне значимости по всем анализируемым признакам. Плюсовые деревья, отобранные по лучшим показателям смолопродуктивности, как отдельная группа также характеризовались существенными различиями своего состава. Их *F*-критерии, как и в первом случае, превысили соответствующие табличные значения на принятых в опыте уровнях значимости. Аналогичные заключения можно сделать в отношении участвующей в сравнительной оценке группы плюсовых деревьев, отобранных по таксационным показателям ствола (см. табл. 1).

Можно констатировать, что нулевая гипотеза об отсутствии различий между плюсовыми деревьями уверенно опровергнута. Тот же анализ, проведенный для оценки значимости различий между группами клонов плюсовых деревьев, отобранных по разным методикам и разным критериям селекционной ценности (смолопродуктивности и параметрам стволов), не подтвердил их существенность по высоте ствола (признак 1). Расчетный *F*-критерий по данному признаку оказался меньше допустимых табличных пределов на принятых нами уровнях значимости. Возможная причина этого факта объяснена выше (см. рис. 1). При этом по другим признакам (диаметру ствола и напряженности роста) указанные группы различались существенно, и опытные

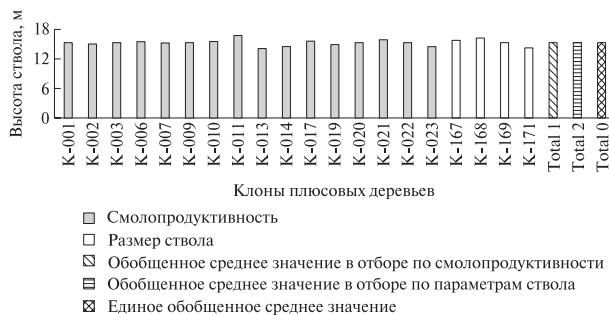


Рис. 1. Средняя высота ствола клонов плюсовых деревьев на лесосеменной плантации № 10

Fig. 1. Average trunk height of plus-tree clones on forest seed plantation No. 10

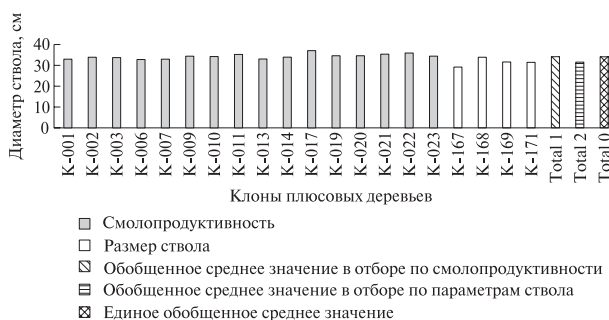


Рис. 2. Средний диаметр ствола клонов плюсовых деревьев на лесосеменной плантации № 10

Fig. 2. Average trunk diameter of plus-tree clones on forest seed plantation No. 10

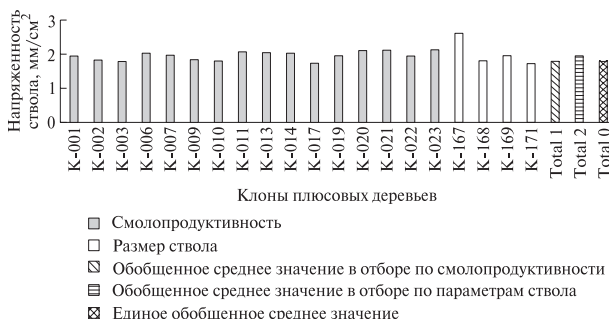


Рис. 3. Напряженность роста клонов плюсовых деревьев на лесосеменной плантации № 10

Fig. 3. Growth tension of plus tree clones in forest seed plantation number No. 10

значения критерия Фишера для них были в несколько раз больше пороговых уровней. Такой итог этого этапа работы позволил продолжить выполнение дисперсионного анализа в части оценки эффективности влияния фактора, вызвавшего возникновение отмеченных выше (см. рис. 1–3) фенотипических различий между вегетативными потомствами плюсовых деревьев.

Оценки силы влияния эндогенных различий между вегетативными потомствами плюсовых деревьев в составе их обобщенного массива сравнительно выравнены по анализируемым признакам. При этом наибольшие значения ( $13,58 \pm 2,86$  %)

Т а б л и ц а 1

## Существенность различий между плюсовыми деревьями

## Significance of differences between plus trees

Признаки	$F_{оп}$	Доля влияния организованного фактора ( $h^2 \pm s_h^2$ )						Критерии различий	
		по Плохинскому			по Снедекору			НСР <sub>05</sub>	$D_{05}$
		$h^2$	$\pm s_h^2$	$F_h^2$	$h^2$	$\pm s_h^2$	$F_h^2$		
Полный состав плюсовых деревьев на лесосеменной плантации ( $F_{05/01} = 1,60/1,92$ )									
Признак 1	3,95	0,1157	0,0293	3,95	0,0914	0,0301	3,04	0,717	1,295
Признак 2	3,95	0,1156	0,0293	3,95	0,0912	0,0301	3,03	2,015	3,643
Признак 3	4,75	0,1358	0,0286	4,75	0,1132	0,0294	3,86	0,179	0,323
Плюсовые деревья, отобранные по смолопродуктивности ( $F_{05/01} = 1,68/2,04$ )									
Признак 1	3,79	0,0980	0,0259	3,79	0,0771	0,0265	2,91	0,693	1,252
Признак 2	2,88	0,0762	0,0265	2,88	0,0532	0,0272	1,96	1,948	3,521
Признак 3	2,56	0,0683	0,0267	2,56	0,0445	0,0274	1,63	0,172	0,310
Плюсовые деревья, отобранные по таксационным показателям ( $F_{05/01} = 2,79/4,21$ )									
Признак 1	13,25	0,4380	0,0331	13,25	0,4719	0,0311	15,19	0,633	1,144
Признак 2	9,33	0,3543	0,0380	9,33	0,3779	0,0366	10,33	1,774	3,206
Признак 3	14,65	0,4628	0,0316	14,65	0,4988	0,0295	16,92	0,186	0,336
Плюсовые деревья, отобранные по разным критериям ( $F_{05/01} = 3,86/6,68$ )									
Признак 1	0,28	0,0005	0,0017	0,28	—	—	—	0,407	0,734
Признак 2	17,89	0,0293	0,0016	17,89	0,1447	0,0014	100,16	1,128	2,034
Признак 3	25,90	0,0419	0,0016	25,90	0,1996	0,0014	147,66	0,101	0,181

*Примечания.* 1.  $F_{оп}$  — опытное значение критерия Фишера;  $h^2$  — доля влияния фактора;  $\pm s_h^2$  — ошибка доли влияния фактора;  $F_h^2$  — достоверность доли влияния фактора; НСР<sub>05</sub> — наименьшая существенная разность;  $D_{05}$  — критерий Тьюки. 2. Признак 1 — высота ствола; признак 2 — диаметр ствола на 1,3 м; признак 3 — напряженность роста.

характерны для показателя напряженности роста (признак 3), а наименьшие ( $11,56 \pm 2,93$  %) — для диаметра ствола на высоте 1,3 м (признак 2). Влияния различий между вегетативными потомствами плюсовых деревьев, выделенных по разным критериям отбора, неодинаково по своей силе при сравнительной выравненности оценок в пределах рассматриваемых групп (см. табл. 1). У потомств плюсовых деревьев, отобранных по смолопродуктивности, наибольшие значения ( $9,80 \pm 2,59$  %) характерны для высоты ствола (признак 1), а наименьшие ( $6,83 \pm 2,67$  %) — для показателя напряженности роста (признак 3). В соответствии с отмеченным ранее большим расхождением средних значений в группе клонов, чьи плюсовые деревья отобраны по параметрам стволов (см. рис. 1–3), оценки доли влияния различий между ними выше и составили: от  $35,43 \pm 3,80$  % для диаметра ствола на высоте 1,3 м (признак 2) до  $46,28 \pm 3,16$  % для показателя напряженности роста (признак 3).

Совершенно иная картина итогов анализа наблюдается при его применении в сравнении между собой двух различающихся по критериям отбора совокупностей клонов (см. табл. 1). В этом случае по высоте (признак 1) плюсовые деревья недостоверно различались на уровне  $0,05 \pm 0,17$  %; по диаметру ствола (признак 2) — на уровне  $2,93 \pm 0,16$  % при подтвержденной достоверности

( $F_h^2 = 17,89$  при  $F_{05/01} = 3,86/6,68$ ) по напряженности роста (признак 3) — на уровне  $4,19 \pm 0,16$  % также при подтвержденной достоверности ( $F_h^2 = 25,90$  при том же  $F_{05/01} = 3,86/6,68$ ). Представленные значения получены в ходе реализации расчетного алгоритма Плохинского. Их вычисление по алгоритму Снедекора дало вполне сопоставимый результат.

Критерии существенности различий (НСР<sub>05</sub> и  $D_{05}$ ) позволили установить, между какими именно плюсовыми деревьями (при сравнении их клонов) разность средних значений соответствует уровню существенности (см. табл. 1). В частности, по высоте ствола плюсовое дерево К-001 имело существенные различия с 19 другими, в то время как плюсовые деревья К-003, К-006 и К-022 — только с 8. Полученные в таком порядке оценки степени сходства какого-либо из плюсовых деревьев в составе лесосеменной плантации № 10 с тем или иным числом остальных плюсовых деревьев позволяют выделить в их совокупности наиболее отличающиеся от общей массы объекты.

Двухфакторный дисперсионный анализ (табл. 2), выполненный по иерархической схеме, позволил детально оценить эффекты влияния на формирование фенотипических различий в таксационных показателях плюсовых деревьев таких факторов, как различия в направлениях плюсовой селекции, критериях отбора (различия между



## Двухфакторный дисперсионный анализ параметров ствола

## Two-way analysis of variance for trunk parameters

Источники дисперсии (факторы влияния)	$F_{оп}$	Доля влияния организованного фактора ( $h^2 \pm s_h^2$ )					
		по Плохинскому			по Снедекору		
		$h^2$	$\pm s_h^2$	$F_h^2$	$h^2$	$\pm s_h^2$	$F_h^2$
Высота ствола							
Критерии отбора ( $A$ )	0,07	0,0005	0,0017	0,27	—	—	—
Плюсовые деревья ( $B$ )	4,16	0,1153	0,0277	4,15	0,1209	0,0276	4,38
Остаток ( $Z$ )	—	0,8843	0,1157	7,64	0,8853	0,1147	7,72
Диаметр ствола на высоте 1,3 м							
Критерии отбора ( $A$ )	6,12	0,0293	0,0017	17,34	0,1421	0,0015	95,04
Плюсовые деревья ( $B$ )	3,11	0,0862	0,0287	3,01	0,0717	0,0291	2,46
Остаток ( $Z$ )	—	0,8844	0,1156	7,65	0,7862	0,2138	3,68
Показатель напряженности роста							
Критерии отбора ( $A$ )	8,03	0,0419	0,0017	25,11	0,1955	0,0014	139,46
Плюсовые деревья ( $B$ )	3,47	0,0939	0,0284	3,31	0,0776	0,0289	2,68
Остаток ( $Z$ )	—	0,8642	0,1358	6,36	0,7270	0,2730	2,66

*Примечания.* 1. Факторы влияния:  $A$  — организованный фактор высшей иерархии, действие которого связано с различиями в направлениях плюсовой селекции и критериях отбора плюсовых деревьев;  $B$  — организованный фактор нижней иерархии, действие которого обусловлено спецификой генотипов отобранных плюсовых деревьев;  $Z$  — остаточная дисперсия (остаток), наличие которой связано с пестротой микроусловий среды. 2. Показатели:  $F_{оп}$  — опытный критерий Фишера;  $F_{05}/F_{01}$  — значения критерия Фишера на 5%-м и 1%-м уровнях значимости ( $F_{A05}/F_{A01} = 4,41/8,28$ ;  $F_{B05}/F_{B01} = 1,62/1,92$ );  $h^2$  — показатель силы влияния фактора;  $\pm s_h^2$  — ошибка силы влияния фактора;  $F_h^2$  — достоверность силы влияния фактора.

группами плюсовых деревьев) и специфика генотипов отобранных в указанном порядке плюсовых деревьев (различия между собственно плюсовыми деревьями). Реализованные методы отбора (фактор  $A$ ), соответствующие разным подходам к назначению критериев выделения из популяций носителей лучших признаков и свойств, в конечном итоге оказали незначительное влияние на формирование общего фона фенотипической изменчивости таксационных показателей плюсовых деревьев, представленных в составе исследованной лесосеменной плантации № 10 (см. табл. 2). Если по высоте ствола фактор  $A$  вообще не вызвал возникновения существенных различий между группами, организованными на основе разных критериев отбора ( $F_{Aоп} = 0,07$  при  $F_{A05}/F_{A01} = 4,41/8,28$ ), то по диаметру ствола ( $F_{Aоп} = 6,12$  при  $F_{A05}/F_{A01} = 4,41/8,28$ ) и напряженности его роста ( $F_{Aоп} = 8,03$  при  $F_{A05}/F_{A01} = 4,41/8,28$ ) различия были признаны существенными на 5%-м уровне значимости и несущественными — на 1%-м. На это указывают достигнутые в опыте расчетные значения критериев Фишера.

Эффективность действия фактора  $A$  по рассматриваемым признакам проявилась различным образом. Так, в расчетах по алгоритму Плохинского доля приходящейся на него общей дисперсии высоты ствола составила всего  $0,05 \pm 0,17\%$  при неподтвержденной достоверности оценок.

По диаметру на высоте 1,3 м эти оценки были равны  $2,93 \pm 0,17\%$ ; по напряженности роста —  $4,19 \pm 0,17\%$ , что было достоверным на 5%-м и недостоверно на 1%-м уровне значимости.

Эндогенные различия между клонами плюсовых деревьев (фактор  $B$ ), соответствующие специфике генотипов последних, оказали более заметное влияние на формирование общего фона фенотипической изменчивости всех таксационных показателей ассортиментного состава лесосеменной плантации № 10 (см. табл. 2). Это подтверждено расчетными значениями соответствующих критериев Фишера, которые на фоне своих пределов ( $F_{B05} = 1,62$  и  $F_{B01} = 1,92$ ) достигли величин: по высоте —  $F_{Bоп} = 4,16$ ; по диаметру ствола —  $F_{Bоп} = 3,11$ ; напряженности роста —  $F_{Bоп} = 3,47$ . Это позволило признать различия существенными как на 5%-м уровне значимости, так и — на 1%-м. Эффективность действия фактора  $B$  достоверна на 5%-м и 1%-м уровне значимости и по анализируемым таксационным показателям имела сходные по величине оценки (см. табл. 2). В расчетах по алгоритму Плохинского они составили: по высоте ствола —  $11,53 \pm 2,77\%$ ; по диаметру на высоте 1,3 м —  $8,62 \pm 2,87\%$ ; по напряженности роста —  $9,39 \pm 2,84\%$ , что было достоверным на 5%-м и недостоверно на 1%-м уровне значимости. По алгоритму Снедекора получены адекватные значения. Оценки эффективности

действия данного организованного фактора (различия между плюсовыми деревьями) в смысловом и методическом отношении соответствуют значению коэффициента наследуемости в широком смысле, рассчитываемого в ходе проведения дисперсионного анализа.

Во всех случаях преобладала доля остаточной дисперсии (фактор  $Z$ ), возникновение которой связывают с действием неорганизованных методической схемой опыта условий среды. Оценки принимали значения от  $86,42 \pm 13,58$  % (напряженность роста) до  $88,43 \pm 11,56$  % (высота ствола) и  $88,44 \pm 11,56$  % (диаметр ствола). Такой результат свидетельствует о высокой чувствительности таксационных параметров стволов плюсовых деревьев сосны обыкновенной к экологическим факторам. Это свойство исследуемых растений, в свою очередь, обусловило снижение коэффициента наследуемости в широком смысле, что наблюдалось в однофакторном дисперсионном анализе и в анализе по фактору  $B$  реализованной двухфакторной иерархической схемы.

Между вегетативными потомствами плюсовых деревьев сосны обыкновенной, сосредоточенных на лесосеменной плантации, установлены существенные различия по линейным параметрам стволов и показателю напряженности их роста. В целом это согласуется с существующими представлениями о наследственно обусловленной специфичности плюсовых деревьев данной породы, фиксируемой по широкому спектру признаков, которые относятся к хозяйственно важным или имеющим адаптационное значение [1–3, 20–26]. Такие различия зафиксированы как в составе группы плюсовых деревьев, выделенных по смолопродуктивности, так и у особей, отобранных по таксационным показателям. Сравнение между собой групп плюсовых деревьев, отобранных по разным селекционным критериям (смолопродуктивности и параметрам ствола), не выявило существенных различий по их высоте, что может быть связано с проведением отбора лучших по выходу живицы особей из числа имеющих в целом преимущества в показателях роста и развития. Однако если по высоте ствола группа плюсовых деревьев, выделенных по смолопродуктивности, существенно не отличалась от отобранных по традиционным критериям массового отбора, то по диаметру ствола и напряженности его роста они имели существенные различия. Большой диаметр ствола в группе наиболее смолопродуктивных особей свидетельствует о связи данного показателя с повышенным выходом живицы. Имея большой диаметр при сравнительно близких значениях высоты, плюсовые деревья, отобранные по смолопродуктивности, характеризовались большей сбежистостью ствола, что соответство-

вало меньшим оценкам напряженности его роста. Такой результат позволяет признать полезным использование в качестве косвенного признака при отборе на смолопродуктивность преимущества деревьев в их развитии по диаметру.

## Выводы

1. Плюсовые деревья сосны обыкновенной, выделение которых проведено по разным направлениям селекции, предусматривающим в одном случае отбор на повышенную смолопродуктивность и на лучшие таксационные показатели — в другом, различались по отдельным параметрам ствола.

2. Различия в таксационных показателях клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной, выделенных по смолопродуктивности, равно как и выделенных по характеристикам стволов, в составе лесосеменных плантаций соответствуют уровню существенных, что указывает на специфику их генотипов.

3. Степень сходства между собой разных плюсовых деревьев по параметрам стволов неодинакова, как в разрезе их ассортиментного состава на лесосеменной плантации № 10, так и в отношении отдельных признаков, что подтверждено критериями существенности различий: наименьшей существенной разностью и  $D$ -критерием Тьюки, и указывает на различный уровень неидентичности каждого из плюсовых деревьев по отношению к остальным в их рассматриваемой совокупности.

## Список литературы

- [1] Бессчетнова Н.Н. Бессчетнов В.П. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Морфометрия и физиология хвои плюсовых деревьев. Нижний Новгород: Изд-во НГСХА, 2014. 368 с.
- [2] Бессчетнова Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Репродуктивный потенциал плюсовых деревьев. Нижний Новгород: Изд-во НГСХА, 2015. 586 с.
- [3] Бессчетнова Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Эффективность отбора плюсовых деревьев. Нижний Новгород: Изд-во НГСХА, 2016. 382 с.
- [4] Krakau U.-K., Liesebach M., Aronen T., Lelu-Walter M.A., Schneck V. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) // Forest Tree Breeding in Europe: Current State-of-the-Art and Perspectives. Managing Forest Ecosystems, 2013, v. 25, ch. 4, pp. 267–323. DOI: 10.1007/978-94-007-6146-9\_6
- [5] Zerbe S., Wirth P. Non-indigenous plant species and their ecological range in Central European pine (*Pinus sylvestris* L.) forests // Annals of Forest Science, 2006, v. 63, no. 2, pp. 189–203. DOI: 10.1051/forest:2005111
- [6] Бессчетнова Н.Н. Сравнительная оценка клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по параметрам хвои в трехфакторном дисперсионном анализе // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник, 2012. № 6 (89). С. 199–204.
- [7] Бессчетнова Н.Н. К методике определения периода критического обезвоживания хвои плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Вестник

- Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование, 2011. № 2 (12). С. 3–12.
- [8] Бессчетнова Н.Н. Содержание жиров в клетках побегов плюсовых деревьев сосны обыкновенной // ИзВУЗ. Лесной журнал, 2012. № 4/328. С. 48–55.
- [9] Leinonen I., Repo T., Hänninen H. Changing Environmental Effects on Frost Hardiness of Scots Pine During Dehardening // Annals of Botany, 1997, v. 79, iss. 2, pp. 133–137. DOI: 10.1006/anbo.1996.0321
- [10] Andersone U., Vinsh G. Changes of Morphogenic Competence in Mature *Pinus sylvestris* L. Buds in vitro // Annals of Botany, 2002, v. 90, iss. 2, pp. 293–298. DOI: 10.1093/aob/mcf176
- [11] Venäläinen M., Harju A.M., Kainulainen P., Viitanen H., Nikulainen H. Variation in the decay resistance and its relationship with other wood characteristics in old Scots pines // Annals of Forest Science, 2003, v. 60, no. 5, pp. 409–417. DOI: 10.1051/forest:2003033
- [12] Zha T., Kellomäki S., Wang K.-Y. Seasonal Variation in Respiration of 1 year old Shoots of Scots Pine Exposed to Elevated Carbon Dioxide and Temperature for 4 Years // Annals of Botany, 2003, v. 92, iss. 1, pp. 89–96. DOI: 10.1093/AOB/MCG118
- [13] Zha T., Kellomäki S., Wang K.-Y., Ryyppö A., Niinistö S. Seasonal and Annual Stem Respiration of Scots Pine Trees under Boreal Conditions // Annals of Botany, 2004, v. 94, iss. 6, pp. 889–896. DOI: 10.1093/aob/mch218
- [14] Bohne G., Woehlecke H., Ehwald R. Water Relations of the Pine Exine // Annals of Botany, 2005, v. 96, iss. 2, pp. 201–208. DOI: 10.1093/aob/mci169
- [15] Castro J. Short Delay in Timing of Emergence Determines Establishment Success in *Pinus sylvestris* across Microhabitats // Annals of Botany, 2006, v. 98, iss. 6, pp. 1233–1240. DOI: 10.1093/aob/mcl208
- [16] Wennström U., Bergsten U., Nilsson J.-E. Seedling establishment and growth after direct seeding with *Pinus sylvestris*: effects of seed type, seed origin, and seeding year // Silva Fennica, 2007, v. 41, iss. 2, pp. 299–314. DOI: 10.14214/sf.298
- [17] Salminen H., Jalkanen R., Lindholm M. Summer temperature affects the ratio of radial and height growth of Scots pine in northern Finland // Annals of Forest Science, 2009, v. 66, no. 810, 9 p. DOI: 10.1051/forest/2009074
- [18] Taulavuori E., Taulavuori K., Niinimaa A., Laine K. Effect of Ecotype and Latitude on Growth, Frost Hardiness, and Oxidative Stress of South to North Transplanted Scots Pine Seedlings // International J. of Forestry Research, 2010, v. 2010, ID 162084, 16 p. DOI: 10.1155/2010/162084
- [19] Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н. Селекционная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной методами многомерного анализа // ИзВУЗ. Лесной журнал, 2012. № 2/326. С. 58–64.
- [20] Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н. Селекционная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) по параметрам шишек // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова. Естественные, технические, экономические науки, 2012. № 06. С. 13–16.
- [21] Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Селекционная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по выходу семян из шишек // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2014. № 2 (32). С. 82–84.
- [22] Lindgren D., Prescher F. Optimal clone number for seed orchards with tested clones // Silvae Genetica, 2005, v. 54, iss. 2, pp. 80–92. DOI: 10.1515/sg-2005-0013
- [23] Kroon J., Wennström U., Prescher F., Lindgren D., Mullin T.J. Estimation of Clonal Variation in Seed Cone Production Over Time in a Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) Seed Orchard // Silvae Genetica, 2009, v. 58, iss. 1–2, pp. 53–62. DOI: 10.1515/sg-2009-0007
- [24] Vanek O., Procházková Z., Matějka K. Analysis of the genetic structure of a model Scots pine (*Pinus sylvestris*) seed orchard for development of management strategies // J. of forest sciences, 2013, v. 59, no. 10, pp. 377–387. DOI: 10.17221/39/2013-JFS
- [25] Marčiulynas A., Sirgedaitė-Šežienė V., Žemaitis P., Jansons Ā., Baliuckas V. Resistance of Scots pine half-sib families to *Heterobasidion annosum* in progeny field trials // Silva Fennica, 2020, v. 54, no. 4, ID 10276, 17 p. DOI: 10.14214/sf.10276
- [26] Бессчетнова Н.Н. Многомерная оценка плюсовых деревьев сосны по степени развития ксилемы // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова. Естественные, технические, экономические науки, 2012. № 07. С. 9–14.
- [27] Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н. Образование и лигнификация ксилемы плюсовых деревьев сосны обыкновенной // ИзВУЗ Лесной журнал, 2013. № 2/332. С. 45–52.
- [28] Fries A., Ericsson T. Genetic parameters for earlywood and latewood densities and development with increasing age in Scots pine // Annals of Forest Science, 2009, v. 66, no. 4, article no. 404, 8 p. DOI: 10.1051/forest/2009019
- [29] Peltola H., Gort J., Pulkkinen P., Gerendia A.Z., Karppinen J., Ikonen V.-P. Differences in growth and wood density traits in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) genetic entries grown at different spacing and sites // Silva Fennica, 2009, v. 43, no. 3, pp. 339–354. DOI: 10.14214/sf.193
- [30] Hallingbäck H.R., Jansson G., Hannrup B., Fries A. Which annual rings to assess grain angles in breeding of Scots pine for improved shape stability of sawn timber? // Silva Fennica, 2010, v. 44, no. 2, pp. 275–288. DOI: 10.14214/sf.154
- [31] Androsiuk P., Zielinski R., Polok K. B-SAP markers derived from the bacterial KatG gene differentiate populations of *Pinus sylvestris* and provide new insights into their postglacial history // Silva Fennica, 2011, v. 45, no. 1, pp. 3–18. DOI: 10.14214/sf.29
- [32] Torimaru T., Wennström U., Lindgren D., Wang X.-R. Effects of male fecundity, interindividual distance and anisotropic pollen dispersal on mating success in a Scots pine (*Pinus sylvestris*) seed orchard // Heredity (Edinb), 2012, v. 108, no. 3, pp. 312–321. DOI: 10.1038/hdy.2011.76
- [33] Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Храмова О.Ю., Клишина Л.И., Печникова Н.Д. Показатели химического и гранулометрического состава дерново-подзолистых почв под сосновыми лесами на территории заповедника «Керженский» Нижегородской области // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, 2020. № 2 (26). С. 34–42.
- [34] Бессчетнова Н.Н., Горелов Н.И., Козлов Н.А. Идентификационное значение угла крепления ветвей при изучении вегетативного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Лесоводство Нижегородской области на рубеже веков. Нижний Новгород: Изд-во НГСХА, 2004. С. 28–43.
- [35] Бессчетнова Н.Н. Изменчивость вегетативного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной по величине угла крепления ветвей // Интеграция науки, образования и производства для развития лесного хозяйства и лесопромышленного комплекса. Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Воронеж, 28–30 июня 2004 г. Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета, 2004. С. 33–35.
- [36] Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Терещанцев Н.А. Варьирование угла крепления боковых побегов к стволу плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, 2020. № 3 (27). С. 23–32.



- [37] Бессчетнова Н.Н. Поликросс-тест в определении оценок общей комбинационной способности сосны обыкновенной // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сб. науч. трудов по итогам Междунар. науч.-тех. конф. / под ред. Е.А. Памфилова. Вып. 22. Брянск: Изд-во БГИТА, 2009. С. 10–14.
- [38] Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Оганян Т.А. Таксационные показатели вегетативного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в архивах клонов в Нижегородской области // Экономические аспекты развития агропромышленного комплекса и лесного хозяйства. Лесное хозяйство Союзного государства России и Белоруссии. Материалы Междунар. науч.-практ. конф., Нижний Новгород, 26 сентября 2019 г. / под ред. Н.Н. Бессчетновой. Нижний Новгород: Изд-во НГСХА, 2019. С. 115–122.
- [39] Горелов А.Н., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Таксационные показатели испытательных культур сосны обыкновенной в Нижегородской области // Актуальные проблемы лесного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 1–30 ноября 2020 г. Вып. 58 / под ред. Е.А. Памфилова. Брянск: Изд-во БГИТУ, 2020. С. 87–90.
- [40] Горелов А.Н., Бессчетнова Н.Н. Общая комбинационная способность плюсовых деревьев сосны обыкновенной в испытательных культурах в Нижегородской области // Современное лесное хозяйство — проблемы и перспективы: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию ВНИИЛГИСбиотех, Воронеж, 3–4 декабря 2020 года. Воронеж: Истоки, 2020. С. 17–20.

## Сведения об авторах

**Бессчетнова Наталья Николаевна** — д-р с.-х. наук, доцент, декан факультета лесного хозяйства Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, [besschetnova1966@mail.ru](mailto:besschetnova1966@mail.ru)

**Бессчетнов Владимир Петрович** — д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой лесных культур Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, [lesfak@bk.ru](mailto:lesfak@bk.ru)

**Горелов Алексей Николаевич** — аспирант кафедры лесных культур Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, [alex05.55@list.ru](mailto:alex05.55@list.ru)

Поступила в редакцию 25.02.2021.

Принята к публикации 17.03.2021.

## GROWTH OF SCOTS PINE PLUS TREES CLONES, SELECTED BY RESIN PRODUCTIVITY IN NIZHNY NOVGOROD REGION

N.N. Besschetnova, V.P. Besschetnov, A.N. Gorelov

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 97, Gagarin Av., 603107, Nizhny Novgorod, Russia

[lesfak@bk.ru](mailto:lesfak@bk.ru)

The taxational indicators of clones of plus trees of Scots pine, selected by resin productivity, were studied in comparison with similar characteristics of plants, selected by linear parameters of the trunk. They are represented in the assortment of the forest seed plantation No. 10 in the Semenovskiy forestry of the Nizhny Novgorod region, created in 1984 on a plot with the type of forest growing conditions — B<sub>2</sub>, and the type of forest — maynikovo-lingonberry pine. In the organization of the work, the principle of the only logical difference was observed, as well as the requirements for the typicality, suitability and expediency of the experience. As a test marker for checking the purity of the clonal composition of the plantation, the value of the angle of attachment of the first-order lateral branches to the trunk was used. The height and diameter of the trunk are taken into account in 571 trees with a continuous list. The distribution of the average values of the analyzed indicators in the vegetative offspring of plus trees compared with each other is not uniform. The highest height ( $16,70 \pm 0,43$  m) observed in clones of the K-011 plus tree selected by resin productivity is 2,65 m or 1,19 times higher than the lowest value ( $14,05 \pm 0,44$  m) inherent in clones of the K-113 plus tree selected by the same criteria, and 2,02 m or 1,14 times higher than the lowest value ( $14,23 \pm 0,31$  m) inherent in clones of the K-171 plus tree selected by the same criteria taxational indicators of the trunk. Differences in the taxational indicators of clones in the group of plus trees distinguished by resin productivity, as well as in the group of trunks distinguished by characteristics, correspond to the level of significant ones, which indicates the specificity of their genotypes. The degree of similarity of the plus trees in terms of trunk parameters is not the same, which indicates a different level of individual non-identity of each of the plus trees in relation to the others in their considered population.

**Keywords:** Scots pine, resin productivity, plus trees, trunk parameters, significance of differences, heritability coefficient

**Suggested citation:** Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Gorelov A.N. *Rost klonov plyusovykh derev'ev sosny obyknovnoy, otobrannykh v Nizhegorodskoy oblasti po smoloproduktivnosti* [Growth of Scots pine plus trees clones, selected by resin productivity in Nizhny Novgorod region]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 4, pp. 5–14. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-4-5-14



## References

- [1] Besschetnova N.N. Besschetnov V.P. *Sosna obyknovennaya (Pinus sylvestris L.). Morfometriya i fiziologiya khvoi plyusovykh derev'ev* [Scots pine (*Pinus sylvestris L.*). Morphometry and physiology of the needles of plus trees]. Nizhny Novgorod: NGSKhA, 2014, 369 p.
- [2] Besschetnova N.N. *Sosna obyknovennaya (Pinus sylvestris L.). Reprodukivnyy potentsial plyusovykh derev'ev* [Scots pine (*Pinus sylvestris L.*). Reproductive potential of plus trees.]. Nizhny Novgorod: NGSKhA, 2015, 586 p.
- [3] Besschetnova N.N. *Sosna obyknovennaya (Pinus sylvestris L.). Effektivnost' otbora plyusovykh derev'ev* [Scots pine (*Pinus sylvestris L.*). Efficiency of selection of plus trees]. Nizhny Novgorod: NGSKhA, 2016, 464 p.
- [4] Krakau U.-K., Liesebach M., Aronen T., Lelu-Walter M.A., Schneck V. Scots pine (*Pinus sylvestris L.*) // Forest Tree Breeding in Europe: Current State-of-the-Art and Perspectives. *Managing Forest Ecosystems*, 2013, v. 25, ch. 4, pp. 267–323. DOI: 10.1007/978-94-007-6146-9\_6
- [5] Zerbe S., Wirth P. Non-indigenous plant species and their ecological range in Central European pine (*Pinus sylvestris L.*) forests. *Annals of Forest Science*, 2006, v. 63, no. 2, pp. 189–203. DOI: 10.1051/forest:2005111
- [6] Besschetnova N.N. *Sravnitel'naya otsenka klonov plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) po parametram khvoi v trekhfaktornom dispersionnom analize* [Comparative evaluation of clones of plus trees of Scots pine (*Pinus sylvestris L.*) by the parameters of needles in a three-factor analysis of variance]. *Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik*, 2012, no. 6 (89), pp. 199–204.
- [7] Besschetnova N.N. *K metodike opredeleniya perioda kriticheskogo obezvozhvaniya khvoi plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.)* [On the method of determining the period of critical dehydration of needles of plus trees of Scots pine (*Pinus sylvestris L.*)]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Mari State Technical University. Series: Forest. Ecology. Environmental management], 2011, no. 2 (12), pp. 3–12.
- [8] Besschetnova N.N. *Soderzhanie zhиров v kletkakh pobegov plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy* [The content of fats in the cells of shoots of plus trees of Scots pine]. *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)*, 2012, no. 4/328, pp. 48–55.
- [9] Leinonen I., Repo T., Hänninen H. Changing Environmental Effects on Frost Hardiness of Scots Pine During Dehardening. *Annals of Botany*, 1997, v. 79, iss. 2, pp. 133–137. DOI: 10.1006/anbo.1996.0321
- [10] Andersone U., Vinsh G. Changes of Morphogenic Competence in Mature *Pinus sylvestris L.* Buds in vitro. *Annals of Botany*, 2002, v. 90, iss. 2, pp. 293–298. DOI: 10.1093/aob/mcf176
- [11] Venäläinen M., Harju A.M., Kainulainen P., Viitanen H., Nikulainen H. Variation in the decay resistance and its relationship with other wood characteristics in old Scots pines. *Annals of Forest Science*, 2003, v. 60, no. 5, pp. 409–417. DOI: 10.1051/forest:2003033
- [12] Zha T., Kellomäki S., Wang K.-Y. Seasonal Variation in Respiration of 1 year old Shoots of Scots Pine Exposed to Elevated Carbon Dioxide and Temperature for 4 Years. *Annals of Botany*, 2003, v. 92, iss. 1, pp. 89–96. DOI: 10.1093/AOB/MCG118
- [13] Zha T., Kellomäki S., Wang K.-Y., Ryyppö A., Niinistö S. Seasonal and Annual Stem Respiration of Scots Pine Trees under Boreal Conditions. *Annals of Botany*, 2004, v. 94, iss. 6, pp. 889–896. DOI: 10.1093/aob/mch218
- [14] Bohne G., Woehlecke H., Ehwald R. Water Relations of the Pine Exine. *Annals of Botany*, 2005, v. 96, iss. 2, pp. 201–208. DOI: 10.1093/aob/mci169
- [15] Castro J. Short Delay in Timing of Emergence Determines Establishment Success in *Pinus sylvestris* across Microhabitats. *Annals of Botany*, 2006, v. 98, iss. 6, pp. 1233–1240. DOI: 10.1093/aob/mcl208
- [16] Wennström U., Bergsten U., Nilsson J.-E. Seedling establishment and growth after direct seeding with *Pinus sylvestris*: effects of seed type, seed origin, and seeding year. *Silva Fennica*, 2007, v. 41, iss. 2, pp. 299–314. DOI: 10.14214/sf.298
- [17] Salminen H., Jalkanen R., Lindholm M. Summer temperature affects the ratio of radial and height growth of Scots pine in northern Finland. *Annals of Forest Science*, 2009, v. 66, no. 810, 9 p. DOI: 10.1051/forest/2009074
- [18] Taulavuori E., Taulavuori K., Niinimaa A., Laine K. Effect of Ecotype and Latitude on Growth, Frost Hardiness, and Oxidative Stress of South to North Transplanted Scots Pine Seedlings. *International J. of Forestry Research*, 2010, v. 2010, ID 162084, 16 p. DOI: 10.1155/2010/162084
- [19] Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. *Selektsionnaya otsenka plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy metodami mnogomernogo analiza* [Selection evaluation of plus trees of Scots pine by methods of multivariate analysis]. *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)*, 2012, no. 2/326, pp. 58–64.
- [20] Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. *Selektsionnaya otsenka plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) po parametram shishek* [Selection evaluation of plus trees of Scots pine (*Pinus sylvestris L.*) according to the parameters of cones]. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. N.I. Vavilova. Estestvennye, tekhnicheskije, ekonomicheskie nauki* [Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Natural, technical, and economic sciences], 2012, no. 06, pp. 13–16.
- [21] Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. *Selektsionnaya otsenka plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy po vykhodu semyan iz shishek* [Selection evaluation of plus trees of Scots pine by the yield of seeds from cones]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Kazan State Agrarian University], 2014, no. 2 (32), pp. 82–84.
- [22] Lindgren D., Prescher F. Optimal clone number for seed orchards with tested clones. *Silvae Genetica*, 2005, v. 54, iss. 2, pp. 80–92. DOI: 10.1515/sg-2005-0013
- [23] Kroon J., Wennström U., Prescher F., Lindgren D., Mullin T.J. Estimation of Clonal Variation in Seed Cone Production Over Time in a Scots pine (*Pinus sylvestris L.*) Seed Orchard. *Silvae Genetica*, 2009, v. 58, iss. 1–2, pp. 53–62. DOI: 10.1515/sg-2009-0007
- [24] Vanek O., Procházková Z., Matějka K. Analysis of the genetic structure of a model Scots pine (*Pinus sylvestris*) seed orchard for development of management strategies. *J. of forest sciences*, 2013, v. 59, no. 10, pp. 377–387. DOI: 10.17221/39/2013-JFS
- [25] Marčiulynas A., Sirgedaitė-Šežienė V., Žemaitis P., Jansons Ā., Baliuckas V. Resistance of Scots pine half-sib families to Heterobasidion annosum in progeny field trials. *Silva Fennica*, 2020, v. 54, no. 4, ID 10276, 17 p. DOI: 10.14214/sf.10276
- [26] Besschetnova N.N. *Mnogomernaya otsenka plyusovykh derev'ev sosny po stepeni razvitiya ksilemy* [Multivariate assessment of plus pine trees by the degree of xylem development]. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. N.I. Vavilova. Estestvennye, tekhnicheskije, ekonomicheskie nauki* [Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Natural, technical, and economic sciences], 2012, no. 07, pp. 9–14.

- [27] Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. *Образование и лигнификация ксилемы плюсовых деревьев сосны обыкновенной* [Formation and lignification of xylem of plus trees of Scots pine]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2013, no. 2/332, pp. 45–52.
- [28] Fries A., Ericsson T. Genetic parameters for earlywood and latewood densities and development with increasing age in Scots pine. *Annals of Forest Science*, 2009, v. 66, no. 4, article no. 404, 8 p. DOI: 10.1051/forest/2009019
- [29] Peltola H., Gort J., Pulkkinen P., Gerendai A. Z., Karppinen J., Ikonen V.-P. Differences in growth and wood density traits in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) genetic entries grown at different spacing and sites. *Silva Fennica*, 2009, v. 43, no. 3, pp. 339–354. DOI: 10.14214/sf.193
- [30] Hallingbäck H.R., Jansson G., Hannrup B., Fries A. Which annual rings to assess grain angles in breeding of Scots pine for improved shape stability of sawn timber?. *Silva Fennica*, 2010, v. 44, no. 2, pp. 275–288. DOI: 10.14214/sf.154
- [31] Androsiuk P., Zieliński R., Polok K. B-SAP markers derived from the bacterial KatG gene differentiate populations of *Pinus sylvestris* and provide new insights into their postglacial history. *Silva Fennica*, 2011, v. 45, no. 1, pp. 3–18. DOI: 10.14214/sf.29
- [32] Torimaru T., Wennström U., Lindgren D., Wang X.-R. Effects of male fecundity, interindividual distance and anisotropic pollen dispersal on mating success in a Scots pine (*Pinus sylvestris*) seed orchard. *Heredity* (Edinb), 2012, v. 108, no. 3, pp. 312–321. DOI: 10.1038/hdy.2011.76
- [33] Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Khranova O.Yu., Klishina L.I., Pechnikova N.D. *Pokazateli khimicheskogo i granulometricheskogo sostava dernovo-podzolistykh pochv pod sosnovymi lesami na territorii zapovednika «Kerzhenskiy» Nizhegorodskoy oblasti* [Indicators of chemical and granulometric composition of sod-podzolic soils under pine forests in the territory of the Kerzhensky Nature Reserve of the Nizhny Novgorod region]. *Vestnik Nizhegorodskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy], 2020, no. 2 (26), pp. 34–42.
- [34] Besschetnova N.N., Gorelov N.I., Kozlov N.A. *Identifikatsionnoe znachenie ugla krepneniya vetvey pri izuchenii vegetativnogo potomstva plyusovykh derev'ev sosny obyknovnoy* [Identification importance of the angle of attachment of branches in the study of vegetative offspring of plus trees of Scots pine]. *Lesovodstvo Nizhegorodskoy oblasti na rubezhe vekov* [Forestry of the Nizhny Novgorod region at the turn of the century]. Nizhny Novgorod: NGSKhA, 2004, pp. 28–43.
- [35] Besschetnova N.N. *Izmenchivost' vegetativnogo potomstva plyusovykh derev'ev sosny obyknovnoy po velichine ugla krepneniya vetvey* [Variability of vegetative offspring of plus trees of Scots pine in terms of the angle of attachment of branches]. *Integratsiya nauki, obrazovaniya i proizvodstva dlya razvitiya lesnogo khozyaystva i lesopromyshlennogo kompleksa. Mater. Vserossiyskoy nauch.-prakt. konf. s mezhdunarodnym uchastiem* [Integration of science, education and production for the development of the forestry and the timber industry. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation]. Voronezh, June 28–30, 2004. Voronezh: Voronezh State University, 2004, pp. 33–35.
- [36] Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Tereshantsev N.A. *Var'irovaniye ugla krepneniya bokovykh pobegov k stvolu plyusovykh derev'ev sosny obyknovnoy* [Variation of the angle of attachment of lateral shoots to the trunk of plus trees of Scots pine]. *Vestnik Nizhegorodskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy], 2020, no. 3 (27), pp. 23–32.
- [37] Besschetnova N.N. *Polikross-test v opredelenii otsenok obshchey kombinatsionnoy sposobnosti sosny obyknovnoy* [Polycross-test in determining the estimates of the general combinational ability of Scots pine]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex]. Collection of scientific works on the results of the international scientific and technical conference. Ed. by E.A. Pamfilov. Issue 22. Bryansk: BGITA, 2009, pp. 10–14.
- [38] Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Oganyan T.A. *Taksatsionnye pokazateli vegetativnogo potomstva plyusovykh derev'ev sosny obyknovnoy (Pinus sylvestris L.) v arkhivakh klonov v Nizhegorodskoy oblasti* [Taxational indicators of vegetative offspring of plus trees of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the archives of clones in the Nizhny Novgorod region]. *Ekonomicheskie aspekty razvitiya agropromyshlennogo kompleksa i lesnogo khozyaystva. Lesnoe khozyaystvo Soyuznogo gosudarstva Rossii i Belorussii. Mater. Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf.* [Economic aspects of the development of the agro-industrial complex and forestry. Forestry of the Union State of Russia and Belarus. Mater. of the international scientific and practical conference: Nizhny Novgorod, September 26, 2019]. Ed. N.N. Besschetnova. Nizhny Novgorod: NGSKhA, 2019, pp. 115–122.
- [39] Gorelov A.N., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. *Taksatsionnye pokazateli ispytatel'nykh kul'tur sosny obyknovnoy v Nizhegorodskoy oblasti* [Taxation indicators of test crops of Scots pine in the Nizhny Novgorod region]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Actual problems of the forest complex: according to the results of the international scientific and practical conference] Collection of scientific papers., November 1–30, 2020. Ed. E.A. Pamfilov. Iss. 58. Bryansk: BGITU, 2020, pp. 87–90.
- [40] Gorelov A.N., Besschetnova N.N. *Obshchaya kombinatsionnaya sposobnost' plyusovykh derev'ev sosny obyknovnoy v ispytatel'nykh kul'turakh v Nizhegorodskoy oblasti* [General combinational ability of plus trees of Scots pine in test cultures in the Nizhny Novgorod region]. *Sovremennoye lesnoe khozyaystvo — problemy i perspektivy: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 50-letiyu VNIILGISbiotekh* [Modern forestry — problems and prospects. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the 50th Anniversary of VNIILGISBIOTECH]. Voronezh, December 3–4, 2020. Voronezh: Istoki, 2020, pp. 17–20.

## Authors' information

**Besschetnova Natal'ya Nikolaevna** — Dr. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Dean of the Faculty of Forestry of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, [besschetnova1966@mail.ru](mailto:besschetnova1966@mail.ru)

**Besschetnov Vladimir Petrovich** — Dr. Sci. (Biology), Professor, Head of the Department of Forest crops of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, [lesfak@mail.ru](mailto:lesfak@mail.ru)

**Gorelov Aleksey Nikolaevich** — Post-graduate student of the Department of Forest Crops of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, [alex05.55@list.ru](mailto:alex05.55@list.ru)

Received 25.02.2021.

Accepted for publication 17.03.2021.