ТРУДЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

www.journal.spb-niilh.ru
ISSN 2079-6080

DOI 10.21178/2079-6080.2022.2.18
УДК 630*232.12:582.475.4

Рост клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменной плантации во Владимирской области

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

Growth of clones of plus trees of Scots pine on the seed orchard in the Vladimir region

N.N. Besschetnova, V.P. Besschetnov, A.N. Gorelov, A.V. Mikhailyuk (Nizhny Novgorod State Agricultural Academy)

The taxation indicators of clones of plus trees of Scots pine were studied as part of the seed orchard established in 2020 in the Kovrov forestry of the Vladimir region. The seed orchard site is assigned to the area of coniferous-broadleaf (mixed) forests of the European part of the Russian Federation, which is included in the zone of coniferous-broadleaf forests. According to the forest-seed zoning, the territory is included in the second forest-seed area of Scots pine. The height and diameter of the trunk of 430 trees are taken into account with a solid list. Phenotypic differences between vegetative offspring of plus trees were revealed. The average values of the trunk height ranged from 28.75 ± 0.62 cm (clone K-47) and 28.00 ± 3.12 cm (clone K-49) to 47.80 ± 3.62 cm (clone K-17), which formed an excess of 2.01 times or 24.00 cm. The generalized average was set at 36.80 ± 0.48 cm with a range of limits of 43.00 cm and their ratio of 3.53. The diameter of the trunk at the root neck took values from 7.00 ± 0.46 mm (clone K-29) to 11.50 ± 0.42 mm (clone K-33) and formed an excess of the larger of them over the smaller by 1.64 times or by 4.50 mm. The generalized average is 9.55 ± 0.11 mm, the absolute range is 12.00 mm, and the ratio of limits is 4.00. Phenotypic differences between the plus trees were manifested against a leveled background of environmental conditions, which indicates the hereditary causes of their occurrence. The ANOVA confirmed the significance of the detected differences. The greatest effect of the influence of inter-clone differences was observed in the average diameter of the crown (25.84 ± 9.56 %) and the projection area of the crown (25.99 ± 9.54 %). The lowest estimate (15.46 ±10.90 %) was recorded by the cross-sectional area of the trunk at the root neck. It is noted that the taxation indicators of vegetative offspring of clones of plus trees of Scots pine in the juvenile phase of development are characterized by dependence on the differentiating influence of environmental factors.

Key words: Scots pine, plus trees, seed orchard, trunk parameters, significance of differences, heritability coefficient

Рост клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменной плантации во Владимирской области

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

Исследовали таксационные показатели клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной в составе лесосеменной плантации, созданной в 2020 году в Ковровском лесничестве Владимирской области. Участок ЛСП отнесен к району хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации, который входит в зону хвойно-широколиственных лесов. По лесосеменному районированию территория включена во второй лесосеменной район сосны обыкновенной. При сплошном перечете учтены высота и диаметр ствола у 430 деревьев 4-летнего возраста. Выявлены фенотипические различия между вегетативными потомствами плюсовых деревьев. Средние значения высоты ствола составили от 28,0 ± 3,12 см до 47,8 ± 3,62 см, что сформировало превышение в 2 раза или на 24 см. Обобщенное среднее установлено на уровне 36,8 ± 0,48 см при диапазоне лимитов 43 см, а соотношение показателей равно 3,53. Диаметр ствола у шейки корня принимал значения от 7,0 ± 0,46 мм до 11,5 ± 0,42 мм и образовал превышение большего из них над меньшим в 1,64 раза или на 4,5 мм. Обобщенное среднее равно 9,6 ± 0,11 мм, абсолютный диапазон составил 12 мм, а соотношение лимитов – 4. Фенотипические различия между плюсовыми деревьями проявились на выровненном фоне экологических условий, что указывает на наследственные причины их возникновения. Дисперсионный анализ подтвердил существенность обнаруженных различий. Наибольший эффект влияния межклоновых различий отмечен по среднему диаметру кроны (25,8 ± 9,56 %) и площади проекции кроны (26,0 ± 9,54 %). Наименьшее значение (15,5 ± 10,90 %) зафиксировано по площади поперечного сечения ствола у шейки корня. Отмечено, что таксационные показатели вегетативного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной в ювенильной фазе развития характеризуются зависимостью от дифференцирующего влияния факторов среды.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, плюсовые деревья, лесосеменная плантация, параметры ствола, существенность различий, коэффициент наследуемости

Бессчетнова Наталья Николаевна – декан факультета лесного хозяйства, д-р с.-х. наук

E-mail: besschetnova1966@mail.ru

Бессчетнов Владимир Петрович – заведующий кафедрой лесных культур, д-р биол. наук

E-mail: lesfak@bk.ru

Горелов Алексей Николаевич – аспирант кафедры лесных культур

E-mail: alex05.55@list.ru

Михалюк Анастасия Вячеславовна – бакалавр факультета лесного хозяйства

E-mail: nastya195722@gmail.com

ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»

603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97

Телефон: 8 (831) 214-33-49 (доб. 305)

Введение

Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года определила приоритеты не только в сфере хозяйственной деятельности, но и в плане научных исследований. Заметное место в ней отведено задачам селекционного совершенствования лесов, что в первую очередь относится к основным лесообразующим породам. В их числе важнейшую роль играет сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) [3–5, 22, 23]. Она широко распространена в Европе и Азии, где имеет разнообразные формы практического использования и неизменно является объектом всестороннего изучения как у нас в стране [8, 11, 27], так и за её пределами [31, 32, 34, 36, 38, 41, 43, 46, 47, 49]. При этом повсеместно признана актуальность многоплановой оценки селекционного потенциала её плюсовых деревьев [1–5, 7, 10, 40, 42, 44, 45, 48], которая может проводиться по широкому комплексу критериев и признаков, имеющих хозяйственное, адаптационное и идентификационное значение [12, 14–16, 18, 24, 28, 32, 38, 46, 47]. В этой связи отчетливо обозначилась потребность в системном и последовательном расширении и модернизации постоянной лесосеменной базы, ядром которой традиционно выступают лесосеменные плантации (ЛСП) первого порядка, созданные вегетативным потомством плюсовых деревьев. В последнее время они появились в ряде субъектов Российской Федерации, в том числе во Владимирской области. В то же время научных данных об особенностях их роста и перспективах достижения репродуктивной фазы своего онтогенетического развития пока еще не получено.

Цель исследования – оценка морфометрических показателей клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной, отобранных в естественных насаждениях по линейным параметрам ствола и введенных в состав лесосеменной плантации на территории Владимирской области.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования явились клоны плюсовых деревьев сосны обыкновенной в составе лесосеменной плантации. Она создана в 2020 г. в Красномаяковском участковом лесничестве Ковровского лесничества Владимирской области в квартале № 10, в границах лесных выделов № 5, 6, 10, 11 на общей площади 22,3 га (продуцирующая площадь – 18,9 га) с первоначальным числом посадочных мест – 3352 шт., что при проектной схеме размещения посадочных мест 7×8 м дало плотность посадки двухлетних привитых саженцев с закрытой корневой системой – 178,6 шт./га. Рельеф участка, отведенного под ЛСП, равнинный, тип лесорастительных условий соответствует категории A_2, с бедными слабогумусированными песчаными почвами. Согласно официальному районированию, он отнесен к району хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации, который вошел в зону хвойно-широколиственных лесов. По лесосеменному районированию его территория включена во второй лесосеменной район сосны обыкновенной. Здесь сложился умеренно-континентальный климат с умеренно теплым и влажным летом и умеренно суровой снежной зимой. В целом лесорастительные условия региона вполне благоприятны для произрастания и семеношения аборигенных видов хвойных, к числу которых принадлежит и сосна обыкновенная.

Сбор первичной лесоводственной информации осуществлен полевым стационарным методом при сплошном перечете деревьев на ЛСП. Их высота измерялась мерной рейкой с точностью до 1 см, а диаметр у шейки корня – электронным штангенциркулем (Electronic Digital Caliper-G06064731) с точностью до 0,1 мм. Наряду с параметрами непосредственного учета в проводимом анализе были задействованы производные признаки (индексы, коэффициенты, удельные и относительные величины), которые часто используют в биологических и лесоводственных исследо-

ваниях для получения значений параметров, недоступных для непосредственного биометрирования, [29, 33, 39]. С их помощью удается адекватно описать пропорции и форму, дать оценку разнообразных качественных показателей в количественном выражении [30, 33, 35, 37], в том числе у сосны обыкновенной [2–5]. Статистическая обработка опытных данных осуществлялась согласно общепринятым методическим схемам [6, 9, 13, 17].

Результаты и их обсуждение

Вегетативные потомства плюсовых деревьев, введенные в состав обследованной ЛСП, демонстрировали хорошо заметную фенотипическая неоднородность, что проявилась по всем анализируемым признакам как между собственно плюсовыми деревьями, так и внутри одноименных клоновых групп (рис. 1–3).

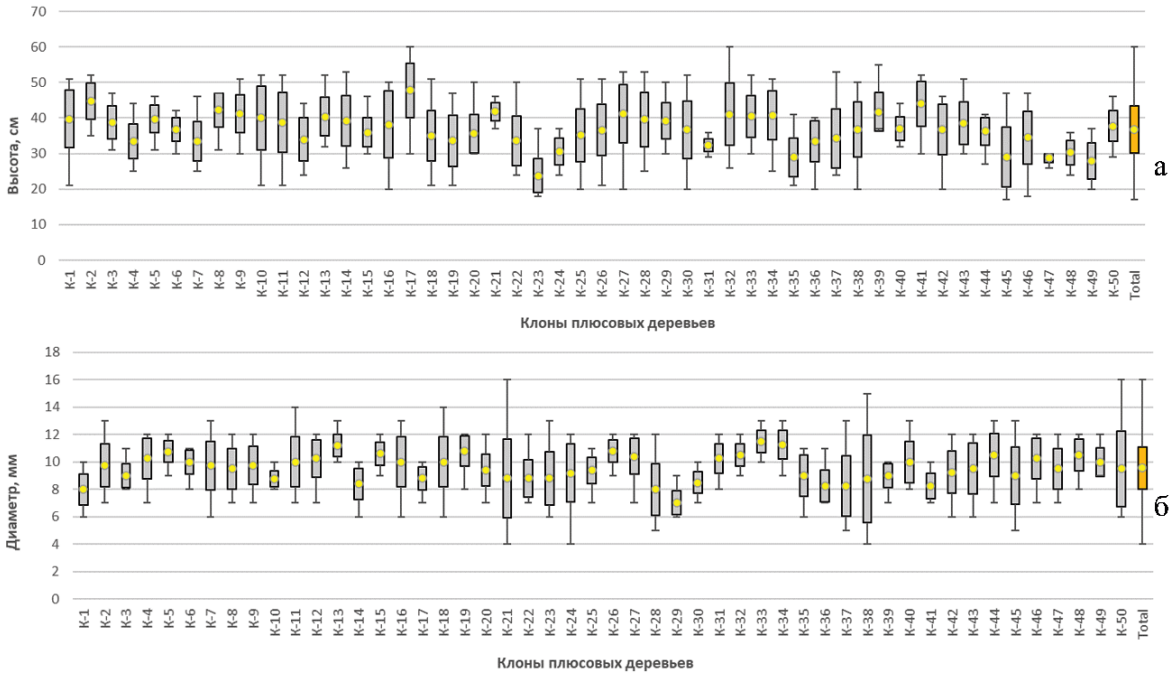

Рис. 1. Средние значения и лимиты высоты надземной части (а) и диаметра ствола у шейки корня (б) клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменной плантации

В частности, по одному из ключевых показателей роста и развития деревьев – высоте ствола (рис. 1а) средние значения составили от 23,8 ± 2,23 см (клон К-23) до 47,8 ± 3,62 см (клон К-17), что сформировало превышение в 2 раза или на 24 см. Сравнительно высокие значения имели клоны плюсовых деревьев К-2 (44,8 ± 2,68 см) и К-41 (44,0 ± 3,33 см), в то время как другие тяготели к минимуму: 28,8 ± 0,62 см (клон К-47) и 28,0 ± 3,12 см (клон К-49). Обобщенное для всего массива данных среднее значение (вариант Total) установилось на уровне 36,8 ± 0,48 см. При этом диапазон лимитов составил 43 см, а соотношение – 3,5.

Диаметр ствола в молодых насаждениях традиционно измеряют у шейки корня. В нашем случае (рис. 1б) он, принимая значения от 7,0 ± 0,46 мм (клон К-29) до 11,5 ± 0,42 мм (клон К-33), образовал превышение большего из них над меньшим в 1,6 раза или на 4,5 мм. В наибольшей степени приближенными к лучшему результату оказались клоны плюсовых деревьев К-13 (11,2 ± 0,39 мм) и К-34 (11,2 ± 0,56 мм). Напротив, клоны плюсовых деревьев К-1 (8,0 ± 0,60 мм) и К-28 (0,8 ±

0,89 мм) слабо отличались от минимума. Большинство из зафиксированных значений в той или иной мере было приближено к обобщенному среднему варианта Total (9,6 ± 0,11 мм). Абсолютные значения этого признака оценили его изменчивость более контрастно: их диапазон составил 12 мм, а соотношение – 4,0.

Не менее значимым таксационным показателем, объективно характеризующим текущее состояние и потенциал развития насаждений, является площадь поперечного сечения ствола, которая традиционно вычисляется как производное от диаметра ствола (рис. 2а). Его наибольшие величины были зафиксированы у клонов плюсовых деревьев К-33 (104,8 ± 7,64 мм²) и К-34 (101,1 ± 9,61 мм²), а также у достаточно близкого к ним по своим параметрам клона К-13 (99,6 ± 6,97 мм²). Минимальная оценка клона К-1 (52,2 ± 7,52 мм²) оказалась меньше лучшего результата на 65,2 мм² или в 2,6 раза. На фоне обобщенного по всем клонам значения в варианте Total (76,0 ± 1,69 мм²) абсолютные лимиты различались на 188,5 мм² или в 16 раз ровно.

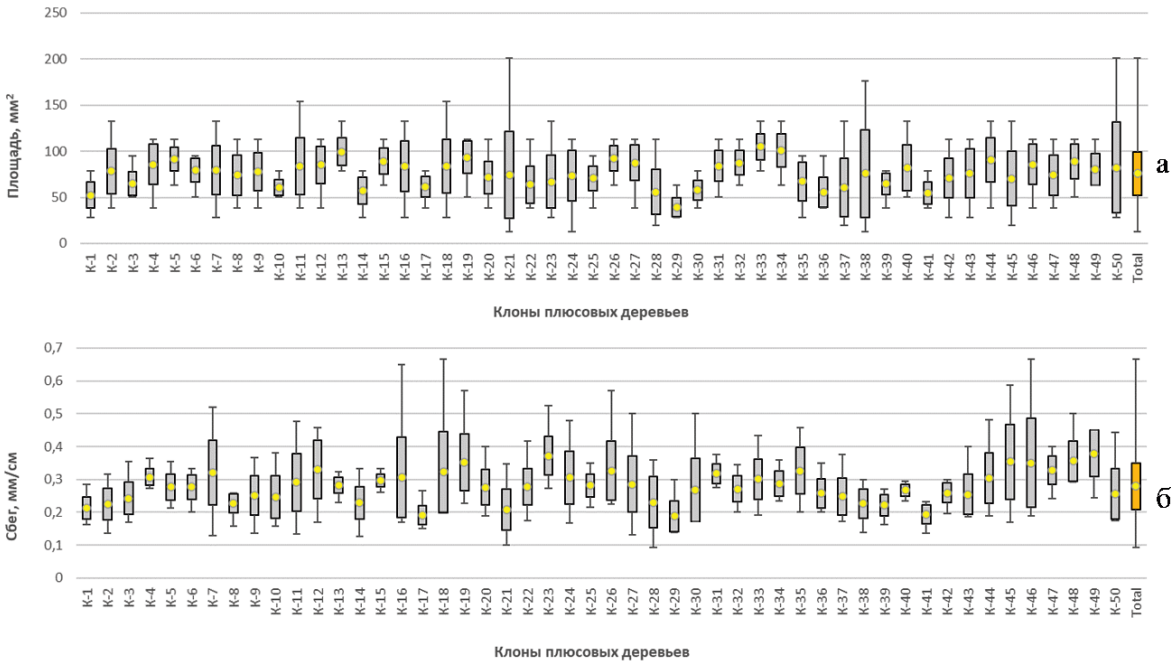

Рис. 2. Средние значения и лимиты площади поперечного сечения ствола у шейки корня (а) и сбега ствола (б) плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменной плантации

Традиционным и широко применяемым в сравнительных испытаниях древесных видов показателем является сбег ствола в его общепринятом понимании (рис. 2б). Наибольшее снижение величин диаметра ствола по мере увеличения высоты его заложения на дереве (0,4 ± 0,40 мм/см) зафиксировано у клонов плюсового дерева К-49. Наименьшие оценки данного показателя наблюдались у клонов сразу трех плюсовых деревьев: К-17 (0,2 ± 0,10 мм/см); К-29 и К-41 (0,2 ± 0,20 мм/см). Такой результат вызвал превышение первого над вторыми в 2,0 раза или на 0,2 мм/см. Подавляющая часть клонов статистически приближалась к обобщенному для всего комплекса среднему значению (0,3 ± 0,10 мм/см), притом что разность их лимитов достигла 0,6 мм/см, а отношение составило 7,1.

Убедительной характеристикой биологического состояния растений, в том числе на

исследованной ЛСП, выступает предложенный Л.Ф. Семериковым [25] индекс напряженности роста дерева, который представляет собой отношение его высоты к площади поперечного сечения ствола (рис. 3а). Полученные в указанном порядке сравнительные оценки плюсовых деревьев оказались весьма неоднородными. Наибольшие из них были характерны для клонов К-21 и К-28 (1,3 ± 0,36 см/мм^2), наименьшие – для клонов К-48 (0,4 ± 0,05 см/мм^2) и К-49 (0,4 ± 0,07 см/мм^2). При этом лучший результат превысил соответствующий минимум в 3,4 раза или на 0,9 см/мм^2. В еще большей степени различались лимиты (в 23,3 раза), образовавшие диапазон 3,0 см/мм^2. Обобщенное по всем участвующим в испытаниях клонам среднее, к которому так или иначе тяготели их оценки, достигло уровня 0,6 ± 0,02 см/мм^2.

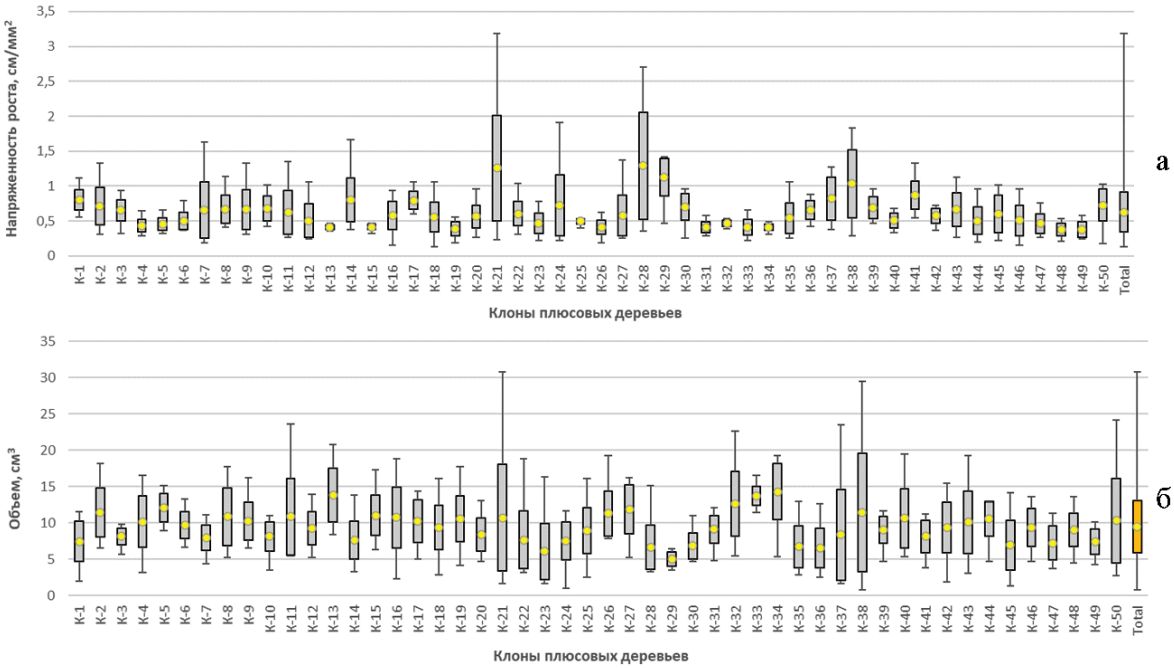

Рис. 3. Средние значения и лимиты индекса напряженности роста дерева (а) и объема конуса, построенного на поперечном сечении ствола у шейки корня (б), плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменной плантации

Адекватной косвенной оценкой полнодревесности стволовой части дерева признается объем конуса, построенного на площади поперечного сечения ствола, что особенно актуально в работе с растениями, находящимися в ювенильной фазе онтогенеза, как например, с теми, которые сосредоточены на обследованной лесосеменной плантации (рис. 3б). В формировании этого интегрального по своей сути показателя фигурируют как высота растений, так и их диаметр, что повышает его информативность. Наибольшая величина рассматриваемого признака (14,3 ± 2,07 см^3), зафиксированная у клонов плюсового дерева К-34, превосходила наименьшую (5,0 ± 0,57 см^3), отмеченную у клонов плюсового дерева К-29, в 2,9 раза или на 9,3 см^3. На фоне обобщенного среднего (9,4 ± 0,26 см^3) в массиве сложился диапазон лимитов, равный 30,0 см^3, а их соотношение составило 36,8. Остальные характеристики клонового состава плюсовых деревьев на данной ЛСП обладали собственной спецификой в формировании и распределении их значений. Можно конста-

тировать, что оценки статистической надежности полученных результатов в подавляющем большинстве случаев близки к критическим для принятого в лесоводственных исследованиях 5-процентного уровня значимости.

Превышение в ряде случаев статистического анализа по отдельным клонам пороговых величин относительной ошибки обусловлено высоким уровнем изменчивости линейных параметров ствола и производных от них признаков, что вообще характерно для ювенильной фазы онтогенеза вегетативного потомства плюсовых деревьев на крупных по размерам объектах постоянной лесосеменной базы, к числу которых относится и рассматриваемая ЛСП. Понятно, что для достижения требуемой точности опыта высокий уровень дисперсии мог быть компенсирован большим числом учетов и наблюдений. Однако в нашем случае такой подход было невозможно реализовать в силу ограниченного числа клонов, представлявших каждое из плюсовых деревьев в составе данной лесосеменной плантации: численное представительство каждого ортета лимитировано проектным ассортиментным составом и схемой смешения клонов (рамет).

Фенотипические различия между плюсовыми деревьями, установленные по их вегетативным потомствам, соответствующим образом представленным в составе исследованной ЛСП, проявились на выровненном фоне экологических условий и в отсутствии расхождений в технических и технологических параметрах её создания, что послужило основанием для признания наследственного характера (генотипической природы) причин их возникновения. Дисперсионный анализ подтвердил существенность обнаруженных различий (табл.1).

Таблица 1

Существенность различий потомств плюсовых деревьев по параметрам ствола

Признаки	$F_{оп}$	Доля влияния фактора				Критерии различий	
		по Плохинскому		по Снедекору			
		$h^2 \pm s_h^2$	F_h^2	$h^2 \pm s_h^2$	F_h^2	$НСР_{05}$	D_{05}
Высота	2,17	0,219 ± 0,1007	2,17	0,120 ± 0,1134	1,06	8,894	8,984
Диаметр ствола	1,57	0,168 ± 0,1073	1,57	0,062 ± 0,1210	0,51	2,139	2,161
Площадь поперечного сечения	1,42	0,155 ± 0,1090	1,42	0,046 ± 0,1230	0,38	32,408	32,737
Сбег ствола	1,98	0,204 ± 0,1027	1,98	0,102 ± 0,1157	0,89	0,095	0,096
Индекс напряженность роста дерева	2,60	0,251 ± 0,0966	2,60	0,157 ± 0,1088	1,44	0,373	0,377
Отношение высоты к диаметру	2,59	0,250 ± 0,0967	2,59	0,156 ± 0,1089	1,43	1,342	1,355
Объем конуса, построенного на плоскости поперечного сечения ствола у шейки корня	1,36	0,149 ± 0,1098	1,36	0,040 ± 0,1238	0,32	4,962	5,013
Средний диаметр кроны	2,70	0,258 ± 0,0956	2,70	0,165 ± 0,1076	1,54	4,653	4,701
Коэффициент асимметрии кроны	2,28	0,227 ± 0,0997	2,28	0,130 ± 0,1123	1,15	0,400	0,404
Площадь проекции кроны	2,72	0,260 ± 0,0954	2,72	0,167 ± 0,1074	1,55	150,932	152,465

Примечания. $F_{оп}$ – опытный критерий Фишера; F_{05} / F_{01} – табличные значения критерия Фишера соответственно на 5-процентном и 1-процентном уровнях значимости – $F_{05/01}$ = 1,38 и 1,57; $h^2 \pm s_h^2$ – доля влияния фактора и ошибка показателя; F_h^2 – показатель достоверности силы влияния фактора; $НСР_{05}$ – наименьшая существенная разность на 5-процентном уровне значимости; D_{05} – критерий Тьюки на 5-процентном уровне значимости.

В подавляющем большинстве случаев (9 из 10), за исключением объема конуса, построенного на плоскости поперечного сечения ствола у шейки корня, межклоновые различия оказались существенными как на 5-процентном, так и на 1-процентном уровне значимости: расчетные критерии Фишера превысили пороговые значения для заданного в опыте числа степеней свободы. Следует отметить, что по площади поперечного сечения ствола у шейки корня существенность различий на 1-процентном уровне значимости не получила подтверждения. В рассматриваемом случае (табл. 1) критерий Фишера, преодолев минимально допустимый рубеж на 5-процентном уровне значимости ($F_{оп}$ = 1,42 > F_{05} = 1,38), не достиг его на 1-процентном ($F_{оп}$ = 1,42 < F_{01} = 1,57). В вариантах с подтвержденной существенностью различий такие оценки достигали величин от 1,42 (площадь поперечного сечения) до 2,72 (признак 10). Полученный на данном этапе выполнения дисперсионного анализа результат дал основания для его продолжения в части вычисления доли влияния различий между плюсовыми деревьями на формирование общего фона фенотипической дисперсии.

В расчетах по алгоритму Плохинского [19–21] этот эффект оказался хорошо заметным, и его наибольшие значения отмечены по среднему диаметру кроны и площади проекции кроны: 25,8 ± 9,56 % и 26,0 ± 9,54 % соответственно. Наименьшая оценка (15,5 ± 10,90 %) зафиксирована по площади поперечного сечения ствола у шейки корня. Оценки остальных признаков при условии их достоверности располагались в указанном интервале. Реализация для вычисления тех же показателей алгоритма Снедекора [13, 26] дала заметно меньший, но логически сопоставимый результат. В вариантах анализа с подтвержденной существенностью различий между сравниваемыми плюсовыми деревьями полученные оценки доли влияния межклоновых различий статистически надежны – на это указываю расчетные величины показателей достоверности оценок силы влияния фактора (F_h^2), превысившие табличные значения для заданного числа степеней свободы. Доля остаточной дисперсии, возникающей под влиянием неорганизованных и случайно направленных факторов, действие которых традиционно связывают с факторами среды, велика и принимает значения от 74,0 % по площади проекции кроны до 85,1 % по объему конуса, построенного на плоскости поперечного сечения ствола у шейки корня. Возникающий вследствие этого дифференцирующий эффект может снизить оценки существенности различий между вегетативными потомствами плюсовых деревьев на ЛСП.

Полученные в процессе анализа оценки существенности различий (табл. 1) обозначили предел, преодолев который, фактическая разность средних величин между сравниваемыми плюсовыми деревьями по анализируемым признакам приобретает статус существенных. Например, по высоте ствола плюсовое дерево К-23 в оценках по НСР на 5-процентном уровне значимости демонстрировало существенные отклонения в меньшую сторону от сорока двух других, входящих в состав исследуемой ЛСП, а у плюсового дерева К-17 зафиксировано тридцать два случая отклонений в большую сторону. Плюсовые деревья К-35 и К-45 имели по двадцать два отличия такого уровня, а клоны К-47 и К-49 – двадцать три и двадцать четыре существенных отличий соответственно. Другие, напротив, мало чем отличались от общей массы: клоны с номерными индексами К-6, К-15, К-26, К-30, К-38, К-42, К-44 не имели совпадений

только с двумя другими объектами каждый. Сравнения по более жесткому критерию в Тьюки-тесте (D_{05}) ожидаемо дали меньшее количество существенных различий. По другим характеристикам ствола исследуемых растений наблюдалась принципиально сходная картина при имеющей место специфике в этом плане. Остаточная дисперсия, наличие которой, как правило, связывают с ненаправленным влиянием факторов среды, доминировала в формировании общего фона фенотипической изменчивости таксационных показателей у вегетативного потомства плюсовых деревьев, введенных в состав ЛСП, занимая до 85,13 %.

В заключение следует отметить, что созданная в соответствии с действующими регламентами и нормативами (ОСТ 56-74-96; приказ Минприроды России от 20.10.2015 № 438) лесосеменная плантация содержит в своем составе вегетативное потомство 50 плюсовых деревьев сосны обыкновенной, которое, находясь в ювенильной фазе онтогенеза, существенно различалось на межклоновом уровне по основным таксационным показателям. Совместно произрастая в границах одного участка на выровненном фоне важнейших экологических параметров, представители разноименных клонов проявили фенотипическую неоднородность, возникновение которой во многом определено спецификой их генотипов. Это соответствует представлениям о масштабах наследственной обусловленности фенотипической дисперсии таксационных показателей хвойных древесных пород и получило подтверждение в результатах дисперсионного анализа.

Выводы

1. Плюсовые деревья сосны обыкновенной, представленные своими вегетативными потомствами на лесосеменной плантации в Ковровском лесничестве Владимирской области, в ювенильной фазе онтогенеза отчетливо различались между собой по основным таксационным показателям: высоте ствола, диаметру у шейки корня, сбегу ствола, а также по отношению высоты ствола к площади его поперечного сечения, которое является показателем напряженности роста деревьев.

2. Зафиксированные фенотипические различия между плюсовыми деревьями проявились в границах одного участка на выровненном экологическом фоне при одинаковых лесорастительных условиях и общих схемах проводимых агротехнических и лесоводственных уходов, что указывает на наследственный характер установленной изменчивости.

3. Таксационные показатели вегетативного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной, находящегося в ювенильной фазе развития, характеризуются выраженной зависимостью от действия факторов среды, оказывающих на них дифференцирующее влияние.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белоус, В.И. О необходимости оценки наследственных свойств семян с лесосеменных плантаций / В.И. Белоус // Лесное хозяйство. – 1990. – № 3. – С. 44–46.

2. Бессчетнов, В.П. Селекционная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной методами многомерного анализа / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2012. – № 2/326. – С. 58–64.

3. Бессчетнова, Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Морфометрия и физиология хвои плюсовых деревьев / Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов. – Нижний Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – 368 с.

4. Бессчетнова, Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Репродуктивный потенциал плюсовых деревьев / Н.Н. Бессчетнова. – Нижний Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – 586 с.

5. Бессчетнова, Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Эффективность отбора плюсовых деревьев / Н.Н. Бессчетнова. – Нижний Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – 382 с.

6. Бондаренко, А.С. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований / А.С. Бондаренко, А.В. Жигунов – Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2016. – 125 с.

7. Видякин, А.И. Эффективность плюсовой селекции древесных растений / А.И. Видякин // Хвойные бореальной зоны. – 2010. – Вып. XXVII, № 1–2. – С. 18–24.

8. Данчева, А.В. Оценка эффективности рубок ухода в сухих сосняках Казахского мелкосопочника / А.В. Данчева, В.К. Панкратов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2021. – № 2. – С. 45–55. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-45-55.

9. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. Издание пятое, дополненное и переработанное. – М. : Колос, 1985. – 416 с.

10. Ефимов, Ю.П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной / Ю.П. Ефимов. – Воронеж : Истоки, 2010. – 253 с.

11. Зарубина, Л.В. Сезонный рост сосны обыкновенной на заболоченных почвах Севера / Л.В. Зарубина, Р.С. Хамитов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2021. – № 3. – С. 86–100. – DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-86-100.

12. Кузьмин, С.Р. Реакция ширины годичного кольца и доли поздней древесины у сосны обыкновенной на погодные условия в географических культурах / С.Р. Кузьмин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2020. – № 5. – С. 64–80. – DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-64-80.

13. Лакин, Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей вузов / Г.Ф. Лакин. – 3-е издание, переработанное и дополненное. – М. : Высшая школа, 1980. – 293 с.

14. Мухин, А.К. Многолетняя динамика зеленомошных сосняков в зоне косвенного влияния водохранилища / А.К. Мухин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2018. – № 1. – С. 37–46. – DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.37.

15. Наквасина, Е.Н. Изменения в генеративной сфере сосны обыкновенной при имитации потепления климата / Е.Н. Наквасина // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2014. – Вып. 209. – С. 114–125.

16. Неронова, Я.А. Микроструктура древесины культур сосны различной исходной густоты на осушенной торфяной почве после применения удобрений и гербицидов / Я.А. Неронова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2020. – № 4. – С. 68–76. – DOI: 10.37482/0536-1036-2020-4-68-76.

17. Никитин, К.Е. Методы и техника обработки лесоводственной информации / К.Е. Никитин, А.З. Швиденко. – М. : Лесная пром-сть, 1978. – 272 с.

18. Новосёлов, А.С. Смолопродуктивность сосны на объекте гидротехнической мелиорации после несплошной заготовки древесины / А.С. Новосёлов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2019. – № 2. – С. 67–77. – DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.67.

19. Плохинский, Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. – Новосибирск : Наука. Сибирское отделение, 1961. – 364 с.

20. Плохинский, Н.А. Наследуемость / Н.А. Плохинский. – Новосибирск : Наука. Сибирское отделение, 1964. – 195 с.

21. Плохинский, Н.А. Алгоритмы биометрии / Н.А. Плохинский. – М.: Издательство Московского университета, 1967. – 82 с.

22. Правдин, Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция / Л.Ф. Правдин. – М. : Наука, 1964. – 190 с.

23. Правдин, Л.Ф. Направление и содержание работ по изучению природного разнообразия древесных пород и их значение для лесной селекции / Л.Ф. Правдин // Лесоведение. – 1967. – № 3. – С. 3–16.

24. Раевский, Б.В. Особенности вегетативного роста клонов сосны обыкновенной в Карелии / Б.В. Раевский // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2013. – № 4. – С. 7–15.

25. Семериков, Л.Ф. Оценка стабилизирующего отбора в популяциях дуба / Л.Ф. семериков // Экология. – 1974.– № 5. – С. 5–10.

26. Снедекор, Дж.У. Статистические методы в применении исследованиям в сельском хозяйстве и биологи / Дж.У. Снедекор. Пер. с англ. – М. : Издательство сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1961. – 503 с.

27. Сунгурова, Н.Р. Биометрические характеристики посадочного материала как тест-показатель успешности культур Pinus sylvestris |L. / Н.Р. Сунгурова, А.А. Дрочкова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2021. – № 4. – С. 107–116. – DOI: 10.37482/0536-1036-2021-4-107-116.

28. Тюкавина, О.Н. Плотность древесины сосны в осушаемых сосняках кустарничково-сфагновых / О.Н. Тюкавина // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2020. – № 2. – С. 73–80. – DOI: 10.37482/0536-1036-2020-2-73-80.

29. Улитин, М.М. Сравнительная оценка таксационных показателей лесных культур лиственницы сибирской (Larix sibirica) при интродукции в Нижегородской области / М.М. Улитин, В.П. Бессчетнов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2020. – № 6. – С. 33–41. – DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-33-41.

30. Al Afas, N. Variability in Populus leaf anatomy and morphology in relation to canopy position, biomass production, and varietal taxon / N. Al Afasa, N. Marrona, R. Ceulemansa // Annals of Forest Science. – 2007. – Vol. 64, no. 4. – P. 521–532. – DOI: 10.1051/forest:2007029.

31. Andersone, U. Changes of morphogenic competence in mature Pinus sylvestris L. Buds in vitro / U. Andersone, G. Vinsh // Annals of Botany. – 2002. – Vol. 90, issue 2. – P. 293–298. – DOI: 10.1093/aob/mcf176.

32. Androsiuk, P. B-SAP markers derived from the bacterial KatG gene differentiate populations of Pinus sylvestris and provide new insights into their postglacial history / P. Androsiuk, R. Zielinski, K. Polok // Silva Fennica. – 2011. – Vol. 45, no. 1. – P. 3–18. – DOI: 10.14214/sf.29.

33. Benomar, L. Fine-scale geographic variation in photosynthetic-related traits of Picea glauca seedlings indicates local adaptation to climate / L. Benomar, M.S. Lamhamedi, I. Villeneuve, A. Rainville, J. Beaulieu, J. Bousquet, H.A. Margolis // Tree Physiology. – 2015. – Vol. 35, issue 8. – P. 864–878. – DOI: 10.1093/treephys/tpv054.

34. Bohne, G. Water relations of the pine exine / G. Bohne, H. Woehlecke, R. Ehwald // Annals of Botany. – 2005. – Vol. 96, issue 2. – P. 201–208. – DOI: 10.1093/aob/mci169.

35. Casella, E. Botanical determinants of foliage clumping and light interception in two-year-old coppice poplar canopies: assessment from 3-D plant mock-ups / E. Casella, H. Sinoquet // Annals of Forest Science. – 2007. – Vol. 64, no. 4. – P. 395–404. – DOI: 10.1051/forest:2007016.

36. Castro, J. Short delay in timing of emergence determines establishment success in Pinus sylvestris across microhabitats / J. Castro // Annals of Botany. – 2006. – Vol. 98, issue 6. – P. 1233–1240. – DOI: 10.1093/aob/mcl208.

37. Dumais, D. Physiology and growth of advance Picea rubens and Abies balsamea regeneration following different canopy openings / D. Dumais, M. Prévost // Tree Physiology. – 2014. – Vol. 34, issue 2. – P. 194–204. – DOI: 10.1093/treephys/tpt114.

38. Fries, A. Genetic parameters for earlywood and latewood densities and development with increasing age in Scots pine / A. Fries, T. Ericsson // Annals of Forest Science. – 2009. – Vol. 66, no. 4, article no. 404. – P. 8. – DOI: 10.1051/forest/2009019.

39. Gornall, J.L. Geographic variation in ecophysiological traits of black cottonwood (Populus trichocarpa) / J.L. Gornall, R.D. Guy // Canadian Journal of Botany. – 2007. – Vol. 85, no. 12. – P. 1202–1213. – DOI: 10.1139/B07-079.

40. Hallingbäck, H.R. Which annual rings to assess grain angles in breeding of Scots pine for improved shape stability of sawn timber? / H.R. Hallingbäck, G. Jansson, B. Hannrup, A. Fries // Silva Fennica. – 2010. – Vol. 44, no. 2. – P. 275–288. – DOI: 10.14214/sf.154.

41. Krakau, U-K. Scots pine (Pinus sylvestris L.) / U-K. Krakau, M. Liesebach, T. Aronen, M.A. Lelu-Walter, V. Schneck // Forest Tree Breeding in Europe: Current State-of-the-Art and Perspectives. Managing Forest Ecosystems. – Vol. 25, chapter 4. Dordrecht, Heidelberg, New-York, London: Springer Science+Business Media, 2013. – P. 267–323. – DOI 10.1007/978-94-007-6146-9_6.

42. Kroon, J. Estimation of clonal variation in seed cone production over time in a Scots pine (Pinus sylvestris L.) seed orchard / J. Kroon, U. Wennström, F. Prescher, D. Lindgren, T.J. Mullin // Silvae Genetica. – 2009. – Vol. 58, issue 1–2. – P. 53–62. – DOI: 10.1515/sg-2009-0007.

43. Leinonen, I. Changing environmental effects on frost hardiness of Scots pine during dehardening / I. Leinonen, T. Repo, H. Hänninen // Annals of Botany. – 1997. – Vol. 79, issue 2. – P. 133–137. – DOI: 10.1006/anbo.1996.0321.

44. Lindgren, D. Optimal clone number for seed orchards with tested clones / D. Lindgren, F. Prescher // Silvae Genetica. – 2005. – Vol. 54, issue 2. – P. 80–92. – DOI: 10.1515/sg-2005-0013.

45. Marčiulynas, A. Resistance of Scots pine half-sib families to Heterobasidion annosum in progeny field trials / A. Marčiulynas, V. Sirgedaitė-Šėžienė, P. Žemaitis, Ā. Jansons, V. Baliuckas // Silva Fennica. – 2020. – Vol. 54, no. 4, article ID 10276, 17 p. – DOI: 10.14214/sf.10276.

46. Peltola, H. Differences in growth and wood density traits in Scots pine (Pinus sylvestris L.) genetic entries grown at different spacing and sites / H. Peltola, J. Gort, P. Pulkkinen, A.Z. Gerendiain, J. Karppinen, V.-P. Ikonen // Silva Fennica. – 2009. – Vol. 43, no. 3. – P. 339–354. – DOI: 10.14214/sf.193.

47. Salminen, H. Summer temperature affects the ratio of radial and height growth of Scots pine in northern Finland / H. Salminen, R. Jalkanen, M. Lindholm // Annals of Forest Science. – 2009. – Vol. 66, no. 8, article number 810, 9 p. – DOI: 10.1051/forest/2009074.

48. Vanek, O. Analysis of the genetic structure of a model Scots pine (Pinus sylvestris) seed orchard for development of management strategies / O. Vanek, Z. Procházková, K. Matějka // Journal of forest sciences. – 2013. – Vol. 59, no. 10. – P. 377–387. – DOI: 10.17221/39/2013-JFS.

49. Zerbe, S. Non-indigenous plant species and their ecological range in Central European pine (Pinus sylvestris L.) forests / S. Zerbe, P. Wirth // Annals of Forest Science. – 2006. – Vol. 63, no. 2. – P. 189–203. – DOI: 10.1051/forest:2005111.

REFERENCES

1. Belous V.I. O neobhodimosti ocenki nasledstvennyh svojstv semjan s lesosemennyh plantacij. *Lesnoe hozjajstvo*. 1990, no. 3. pp. 44–46. (In Russian)

2. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Selektsionnaya otsenka plyusovykh derev'ev sosny obyknovennoy metodami mnogomernogo analiza. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. 2012, no. 2/326, pp. 58–64. (In Russian)

3. Besschetnova N.N. Besschetnov V.P. Sosna obyknovennaya (*Pinus sylvestris* L.). Morfometriya i fiziologiya khvoi plyusovykh derev'ev. Nizhniy Novgorod, 2014, 368 p. (In Russian)

4. Besschetnova N.N. Sosna obyknovennaya (*Pinus sylvestris* L.). Reproduktivnyy potentsial plyusovykh derev'ev. Nizhniy Novgorod, 2015, 586 p. (In Russian)

5. Besschetnova N.N. Sosna obyknovennaya (*Pinus sylvestris* L.). Effektivnost' otbora plyusovykh derev'ev. Nizhniy Novgorod, 2016, 382 p. (In Russian)

6. Bondarenko A.S., Zhigunov A.V. Statisticheskaya obrabotka materialov lesovodstvennykh issledovaniy. St. Petersburg, 2016, 125 p. (In Russian)

7. Vidjakin A.I. Effektivnost' pljusovoj selekcii drevesnyh rastenij. *Hvojnye boreal'noj zony*. 2010, vyp. XXVII, no. 1–2, pp. 18–24. (In Russian)

8. Dancheva A.V., Pankratov V.K. Ocenka jeffektivnosti rubok uhoda v suhih sosnjakah Kazahskogo melkosopochnika. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. 2021, no. 2, pp. 45–55. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-45-55 (In Russian)

9. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij). Izdanie pjatoe, dopolnennoe i pererabotannoe. Moskow, 1985, 416 p. (In Russian)

10. Efimov Ju.P. Semennye plantacii v selekcii i semenovodstve sosny obyknovennoj. Voronezh, 2010, 253 p. (In Russian)

11. Zarubina L.V., Hamitov R.S. Sezonnyj rost sosny obyknovennoj na zabolochennyh pochvah Severa. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. 2021, no. 3, pp. 86–100. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-86-100 (In Russian)

12. Kuz'min S.R. Reakcija shiriny godichnogo kol'ca i doli pozdnej drevesiny u sosny obyknovennoj na pogodnye uslovija v geograficheskih kul'turah. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. 2020, no. 5, pp. 64–80. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-64-80 (In Russian)

13. Lakin G.F. Biometrija. Uchebnoe posobie dlja biologicheskih special'nostej vuzov. 3-e izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe. Moskow, 1980, 293 p. (In Russian)

14. Muhin A.K. Mnogoletnjaja dinamika zelenomoshnyh sosnjakov v zone kosvennogo vlijanija vodohranilishha. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. 2018, no. 1, pp. 37–46. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.37 (In Russian)

15. Nakvasina E.N. Izmenenija v generativnoj sfere sosny obyknovennoj pri imitacii poteplenija klimata. *Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotehnicheskoj akademii*. 2014, vyp. 209, pp. 114–125. (In Russian)

16. Neronova Ja.A. Mikrostruktura drevesiny kul'tur sosny razlichnoj ishodnoj gustoty na osushennoj torfjanoj pochve posle primenenija udobrenij i gerbicidov. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. 2020, no. 4, pp. 68–76. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-4-68-76 (In Russian)

17. Nikitin K.E., Shvidenko. A.Z. Metody i tehnika obrabotki lesovodstvennoj informacii. Moskow, 1978, 272 p. (In Russian)

18. Novosjolov A.S. Smoloproduktivnost' sosny na ob#ekte gidrotehnicheskoj melioracii posle nesploshnoj zagotovki drevesiny. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. 2019, no. 2, pp. 67–77. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.67

19. Plohinskij N.A. Biometrija. Novosibirsk, 1961, 364 p. (In Russian)

20. Plohinskij N.A. Nasleduemost'. Novosibirsk, 1964, 195 p. (In Russian)

21. Plohinskij N.A. Algoritmy biometrii. Moskow, 1967, 82 p. (In Russian)

22. Pravdin L.F. Sosna obyknovennaja. Izmenchivost', vnutrividovaja sistematika i selekcija. Moskow, 1964, 190 p. (In Russian)

23. Pravdin L.F. Napravlenie i soderzhanie rabot po izucheniju prirodnogo raznoobrazija drevesnyh porod i ih znachenie dlja lesnoj selekcii. *Lesovedenie*. 1967, no. 3, pp. 3–16. (In Russian)

24. Raevskij B.V. Osobennosti vegetativnogo rosta klonov sosny obyknovennoj v Karelii. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. 2013, no. 4, pp. 7–15. (In Russian)

25. Semerikov L.F. Ocenka stabilizirujushhego otbora v populjacijah duba. *Ekologija*. 1974, no. 5, pp. 5–10. (In Russian)

26. Snedekor Dzh.U. Statisticheskie metody v primenenii issledovanijam v sel'skom hozjajstve i biologi. Perevod s anglijskogo. Moskow, 1961. 503 p. (In Russian)

27. Sungurova N.R., Drochkova A.A. Biometricheskie harakteristiki posadochnogo materiala kak test-pokazatel' uspeshnosti kul'tur *Pinus sylvestris* L. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. 2021, no. 4, pp. 107–116. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-4-107-116 (In Russian)

28. Tjukavina O.N. Plotnost' drevesiny sosny v osushaemyh sosnjakah kustarnichkovo-sfagnovyh. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. 2020, no. 2, pp. 73–80. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-2-73-80 (In Russian)

29. Ulitin M.M., Besschetnov V.P. Sravnitelnaya otsenka taksatsionnykh pokazateley lesnykh kul'tur listvennitsy sibirskoy (*Larix sibirica*) pri introduktsii v Nizhegorodskoy oblasti. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. 2020, no. 6, pp. 33–41. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-33-41. (In Russian)

30. Al Afas N., Marrona N., Ceulemansa R. Variability in *Populus* leaf anatomy and morphology in relation to canopy position, biomass production, and varietal taxon. *Annals of Forest Science*. 2007, vol. 64, no. 4, pp. 521–532. DOI: 10.1051/forest:2007029

31. Andersone U., Vinsh G. Changes of morphogenic competence in mature *Pinus sylvestris* L. Buds *in vitro. Annals of Botany*. 2002, vol. 90, is. 2, pp. 293–298. DOI: 10.1093/aob/mcf176

32. 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, vol. 45, no. 1, pp. 3–18. DOI: 10.14214/sf.29

33. Benomar L., Lamhamedi M.S., Villeneuve I., Rainville A., Beaulieu J., Bousquet J., Margolis H.A. Fine-scale geographic variation in photosynthetic-related traits of *Picea glauca* seedlings indicates local adaptation to climate. *Tree Physioljgy.* 2015, vol. 35, issue 8, pp. 864–878. DOI: 10.1093/treephys/tpv054

34. Bohne G., Woehlecke H., Ehwald R. Water relations of the pine exine. *Annals of Botany*. 2005, vol. 96, is. 2, pp. 201–208. DOI:10.1093/aob/mci169

35. Casella E., Sinoquet H. Botanical determinants of foliage clumping and light interception in two-year-old coppice poplar canopies: assessment from 3-D plant mock-ups. *Annals of Forest Science*. 2007, vol. 64, no. 4, pp. 395–404. DOI: 10.1051/forest:2007016

36. Castro J. Short delay in timing of emergence determines establishment success in *Pinus sylvestris* across microhabitats. *Annals of Botany*. 2006, vol. 98, is. 6, pp. 1233–1240. DOI: 10.1093/aob/mcl208

37. Dumais D., Prévost M. Physiology and growth of advance *Picea rubens* and *Abies balsamea* regeneration following different canopy openings. *Tree Physiology*. 2014, vol. 34, is. 2, pp. 194–204. DOI: 10.1093/treephys/tpt114

38. Fries A., Ericsson T. Genetic parameters for earlywood and latewood densities and development with increasing age in Scots pine. *Annals of Forest Science*. 2009, vol. 66, no. 4, article no. 404, 8 p. DOI: 10.1051/forest/2009019

39. Gornall J.L., Guy R.D. Geographic variation in ecophysiological traits of black cottonwood (*Populus trichocarpa*). *Canadian Journal of Botany*. 2007, vol. 85, no. 12, pp. 1202–1213. DOI: 10.1139/B07-079

40. 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, vol. 44, no. 2, pp. 275–288. DOI: 10.14214/sf.154

41. 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.* Vol. 25, chapter 4. Dordrecht, Heidelberg, New-York, London: *Springer Science+Business Media*, 2013, pp. 267–323. DOI 10.1007/978-94-007-6146-9_6

42. 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, vol. 58, is. 1–2, pp. 53–62. DOI: 10.1515/sg-2009-0007

43. Leinonen I., Repo T., Hänninen H. Changing environmental effects on frost hardiness of Scots pine during dehardening. *Annals of Botany*. 1997, vol. 79, is. 2, pp. 133–137. DOI: 10.1006/anbo.1996.0321

44. Lindgren D., Prescher F. Optimal clone number for seed orchards with tested clones. *Silvae Genetica*. 2005, vol. 54, is. 2, pp. 80–92. DOI: 10.1515/sg-2005-0013

45. Marčiulynas A., Sirgedaitė-Šėžienė V., Žemaitis P., Jansons Ā., Baliuckas V. Resistance of Scots pine half-sib families to *Heterobasidion annosum* in progeny field trials. *Silva Fennica*. 2020, vol. 54, no. 4, Article ID 10276, 17 p. DOI: 10.14214/sf.10276

46. Peltola H., Gort J., Pulkkinen P., Gerendiain 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, vol. 43, no. 3, pp. 339–354. DOI: 10.14214/sf.193

47. 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, vol. 66, no. 8, Article Number 810, 9 p. DOI: 10.1051/forest/2009074

48. 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. *Journal of forest science*s. 2013, vol. 59, no. 10, pp. 377–387. DOI: 10.17221/39/2013-JFS

49. 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, vol. 63, no. 2, pp. 189–203. DOI: 10.1051/forest:2005111

Статья поступила в редакцию 24.12.2021