

ПАРАМЕТРЫ ХВОИ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЛЕСОСЕМЕННОЙ ПЛАНТАЦИИ ВО ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

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

Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева
Российская Федерация, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97
E-mail: lesfak@bk.ru

Аннотация. Исследовали морфометрические параметры 1-летней хвои клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменной плантации в Ковровском лесничестве Владимирской области. Она создана в 2020 г. на участке, который входит в зону хвойно-широколиственных лесов и отнесен к району хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации. Цель работы – оценить наследственную обусловленность морфометрических параметров хвои плюсовых деревьев сосны обыкновенной, введенных в состав указанной лесосеменной плантации вегетативного происхождения. Первичная лесоводственная информация получена в ходе реализации полевого стационарного метода. В опыте каждый ортет представлен в 3-кратной повторности. Заготовка 1-летней и 2-летней хвои осуществлена раздельно в периферии среднего пояса хорошо освещенного участка кроны. Организационная схема предусматривала отбор с растущих деревьев учетных побегов, от которых отделялось по 50 брахибластов с парным пучком хвои. Количество учтенных образцов составило 15000 шт. Длину измеряли линейкой с точностью до 1 мм, ширину – штангенциркулем с ценой деления 0,1 мм. Статистический и дисперсионный анализ выполнен по традиционным схемам. Установили средние значения 1-летней хвои: длина – от $3,63 \pm 0,023$ см до $9,91 \pm 0,029$ см (разность на 6,28 см или в 2,73 раза); ширина – от $1,12 \pm 0,016$ мм до $2,15 \pm 0,006$ мм (разность на 1,03 мм или в 1,93 раза). Зафиксировали изменчивость показателей, которая в границах участка соответствовала: по длине повышенному уровню ($Cv = 27,89\%$), а по ширине – среднему ($Cv = 18,79\%$). Отметили факт наличия существенных различий между вегетативными потомками плюсовых деревьев в составе лесосеменной плантации по морфологии хвои. Обнаружили высокую степень наследственной обусловленности фенотипической изменчивости её параметров: по длине $h^2 \pm m_h^2 = 85,84 \pm 0,05\%$; по ширине $h^2 \pm m_h^2 = 48,30 \pm 0,17\%$.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, плюсовые деревья, лесосеменная плантация, хвоя, изменчивость, наследственная обусловленность, дисперсионный анализ.

Conifers of the boreal area. 2025, Vol. XLIII, No. 5, P. 15–24

PARAMETERS OF THE NEEDLES OF SCOTS PINE PLUS-SIZED TREES ON THE SEED ORCHARD IN THE VLADIMIR OBLAST

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

Nizhgorodsky State Agrotechnological University named after L. Ya. Florentyev
97, Gagarin Av., Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation
E-mail: lesfak@bk.ru

Annotation. The morphometric parameters of 1-year-old needles of clones of plus-sized pine trees on the seed orchard in the Kovrovsky district forestry of Vladimir Oblast were studied. It was established in 2020 on a site that is a part of the coniferous-broadleaf forests zone and is classified as the coniferous-broadleaf (mixed) forests area of the European part of the Russian Federation. The purpose of the work is to evaluate the hereditary conditionality of the morphometric parameters of the needles of the plus-sized pine trees introduced into the specified forest-seed plantation of vegetative origin. The primary forestry information was obtained during the implementation of the stationary field method. In the experiment, each orthosis is presented in 3-fold repetition. Harvesting of 1-year-old and 2-year-old needles was carried out separately in the periphery of the middle belt of a well-lit area of the crown. The organizational scheme provided for the selection of accounting shoots from growing trees, from which 50 brachiblasts with a paired bundle of needles were separated. The number of registered samples was 15,000 pieces. The length was measured with a ruler with an accuracy of 1 mm, the diameter with a caliper with a division price of 0.1 mm. Statistical and variance analysis is performed according to traditional schemes. The average values of 1-year-old needles were determined: length varied from 3.63 ± 0.023 cm to 9.91 ± 0.029 cm (a difference of 6.28 cm or 2.73 times); width varied from 1.12 ± 0.016 mm to 2.15 ± 0.006 mm (a difference of 1.03 mm or 1.93 times). The variability of the indicators was recorded, corresponding to an increased level in length ($Cv = 27.89\%$) within the boundaries of the site, and an

average level in width ($Cv = 18.79 \%$). It was noted that there are significant differences between the vegetative offspring of positive trees in the composition of a forest-seed plantation in terms of the morphology of the needles. A high degree of hereditary dependence of the phenotypic variability of its parameters was found: in length $h^2 \pm m_h^2 = 85.84 \pm 0.05 \%$; in width $h^2 \pm m_h^2 = 48.30 \pm 0.17 \%$.

Keywords: scots pine, plus-sized trees, seed orchard, needles, variability, hereditary conditionality, ANOVA.

ВВЕДЕНИЕ

Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации, принятая правительством страны на период до 2030 года, предусматривает последовательный переход к инновационным формам ведения отраслевого хозяйства, основанного на принципах устойчивого управления, непрерывного и не истощительного лесопользования. В контексте решаемых в этой связи задач лежит неуклонное расширение объемов, усиление интенсивности и повышение качества искусственного лесовосстановления и лесоразведения. Одним из важнейших условий достижения положительных результатов этой деятельности выступает дальнейшее развитие постоянной лесосеменной базы (ПЛСБ), сформированной на генетико-селекционной основе. В первую очередь это имеет отношение к основным лесообразующим породам, в числе которых достойное место занимает сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris L.*) [2–4]. Являясь представителем аборигенной дендрофлоры во многих регионах России, она обладает выраженной экологической пластичностью, обеспечивающей широту её ареала на евразийском континенте [14; 23; 31]. Располагая уникальным комплексом полезных признаков и свойств, этот вид нашел широкое практическое применение, признан перспективным в многопрофильном плантационном разведении [5, 33, 43], лесных культурах, защитных насаждениях и городских посадках [12; 28], неизменно выступает субъектом селекционных программ и мероприятий [10; 13; 22]. Неслучаен повышенный интерес к нему со стороны отечественных [11; 27; 46] и зарубежных [47] исследователей, в поле зрения которых постоянно находятся вопросы его биологии [25; 41; 42], хозяйственной значимости [7; 30; 35; 36], адаптации и географической локализации внутривидовых таксонов [24; 38], а также многочисленные лесоводственные аспекты [6; 7; 11]. В последнее время активно дискутируются проблемы сохранения и оптимизации селекционного потенциала плюсовых деревьев [18–22; 26; 27], предпринимаются усилия по многоплановому изучению их признаков, имеющих утилитарное [29; 32; 33], адаптационное [4; 44; 45] и идентификационное значение [1; 16; 47]. Это согласуется с важнейшим вектором Постановления Правительства РФ от 22.04.2019 № 479 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019–2027 годы», которым определено формирование научных заделов в сфере развития генетических технологий для медицины, сельского хозяйства, что тесно связано с задачами лесной селекции. Назрела необходимость в модернизации созданной в стране сети объектов постоянной лесосеменной базы, для осуществления которой потребуются актуальные сведения об их текущем состоянии, местах дислокации, сохранившихся пло-

щадях и элементах ассортимента, клоновой чистоты и общих биологических характеристик [8; 15; 16]. В контексте вышеуказанных обстоятельств приоритетное внимание должно уделяться лесосеменным плантациям, планомерное создание которых ведется во многих субъектах Российской Федерации [10; 17; 22; 49]. Не является исключением и Владимирская область, специалистами лесного хозяйства которой зарезервирован обширный генофонд лучших представителей природных популяций, нуждающихся в всестороннем изучении, в том числе проверке по потомству их способности передавать семенным поколениям селекционные преимущества.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ – оценить наследственную обусловленность морфометрических параметров хвои плюсовых деревьев сосны обыкновенной, введенных в состав лесосеменной плантации вегетативного происхождения, созданной в Ковровском лесничестве Владимирской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили одновозрастные клоны 50 плюсовых деревьев сосны обыкновенной, находящиеся в ювенильной фазе своего развития. Местом их дислокации выступала лесосеменная плантация в Красномаяковском участковом лесничестве Ковровского лесничества Владимирской области, заложенная в 2020 году 2-летними привитыми саженцами. Её основные технические характеристики, географические координаты, местоположение в системе лесорастительного и лесосеменного районирования рассматривались нами ранее [2; 3]. Предметом исследования явилась изменчивость и наследственная обусловленность морфометрических параметров 1-летней хвои как одной из наиболее информативных характеристик ассимиляционного аппарата древесных растений. Она выделялась из центральной части побегов, заготовленных в периферии среднего яруса хорошо освещенного участка кроны, в количестве 50 штук парных пучков с брахибластами. Длина и ширина каждой хвоинки измерялась электронным штангенциркулем (Electronic Digital Caliper-G06064731) с ценой деления шкалы 0,1 мм, масса устанавливалась с помощью лабораторных весов (Acculab VIC-300d3) с точностью до 0,001 г. Наряду с указанными параметрами непосредственного учета в работе использованы полученные расчетным путем производные признаки, такие как линейно распределенная масса хвои, коэффициент её вытянутости как отношение длины к ширине, индекс равномерности длины хвои в её парном пучке. Подобные характеристики повсеместно используются в лесоводственных [39; 40; 48] и биологических [9; 46; 50] исследованиях. Для нахождения описательных статистик и выполне-

ния дисперсионного анализа привлекали традиционный методический аппарат. Степень изменчивости анализируемых признаков оценивали по шкале С. А. Мамаева [24].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлены значительные фенотипические различия линейных параметров хвои плюсовых деревьев сосны обыкновенной на обследованной лесосеменной плантации (рис. 1). В частности наблюдались отчетливо заметные расхождения по её длине (см. рис. 1, а).

Наибольшие значения имели клоны плюсовых деревьев с индексами К-308 ($9,91 \pm 0,029$ см) и К-168 ($9,83 \pm 0,034$ см), в то время как наименьшие – были свойственны плюсовым деревьям К-95 ($3,63 \pm 0,028$ см), К-313 ($3,69 \pm 0,022$ см), К-301 ($3,63 \pm 0,023$ см) К-111 ($3,97 \pm 0,048$ см). Превышение большего из них над меньшим составило 6,28 см или в 2,73 раза. Основная часть оценок лежала в интервале от $5,28 \pm 0,033$ см (К-322) до $7,84 \pm 0,042$ см (К-167) и в той или иной мере приближалась к обобщенному для всего массива данных среднему значению – $5,96 \pm 0,014$ см. Фенотипические проявления указанного признака у одноименных клонов (рамет одного ортета) сравнительно выровнены, по сравнению с расхождениями между вегетативными потомствами разных плюсовых деревьев. Однако абсолютные диапазоны значений ($\Delta\text{lim} = \text{max} - \text{min}$) различались в большей степени: от 1,3 см (max = 6,3 см; min = 5,0 см) у клона К-321 до 5,9 см (max = 8,9 см; min = 3,0 см) у К-300 и 5,5 см (max = 8,9 см; min = 3,4 см) у К-112. В масштабах полного состава плюсовых деревьев интервал лимитов достиг 8,5 см (max = 10,9 см; min = 2,4 см), а соотношение между ними – 4,54. Указанный диапазон превосходил обобщенное среднее значение на 2,54 см или в 1,43 раза. Коэффициенты вариации в целом соответствовали обозначенном разбросу значений: минимальный уровень его оценок зафиксирован у вегетативных потомств плюсовых деревьев К-321 ($Cv = 5,45\%$), К-308 ($Cv = 5,02\%$), К-168 ($Cv = 5,94\%$), в то время как максимальный – у К-300 ($Cv = 23,68\%$) и К-112 ($Cv = 20,84\%$). Если в первом случае изменчивость соответствовала очень низкому уровню шкалы Мамаева ($Cv < 7\%$), то во втором – среднему ($Cv = 16\dots25\%$). У остальной части ассортиментного состава данной ЛСП изменчивость анализируемого показателя соответствовала преимущественно очень низкому и низкому ($Cv = 7\dots15\%$) уровню той же шкалы. Подобная выровненность значений была наиболее заметна в характеристиках одноименных клонов (рамет одного ортета). В целом по объекту варьирование данного морфометрического показателя листового аппарата сравниваемых между собой плюсовых деревьев сосны обыкновенной ($Cv = 27,89\%$) относится к повышенному уровню ($Cv = 26\dots35\%$), но при этом у разных ортетов не одинаково.

Ширина хвоинок более стабильна, хотя и её величины не могут быть признаны константными (см. рис. 1, б). В этом случае наибольшие средние значения демонстрировали вегетативные потомства плюсовых деревьев К-307 ($2,13 \pm 0,010$ мм), К-96 ($2,13 \pm 0,008$ мм), и К-110 ($2,15 \pm 0,006$ мм); наименьшие – наблю-

дались у клонов К-328 ($1,12 \pm 0,016$ мм) и К-121 ($1,22 \pm 0,014$ мм). Разность между ними достигла 1,03 мм, а превышение составило 1,93 раза. Характеристики подавляющей части клонов располагались в границах от $1,37 \pm 0,018$ мм (К-322) до $2,11 \pm 0,009$ мм (К-306) и в различной степени приближались к обобщенному по растениям на участке среднему значению – $1,86 \pm 0,003$ мм. На этом фоне более заметно различались лимиты фенотипических проявлений признака, сформировавшие соответствующие им диапазоны значений от 0,68 мм (max = 2,28 мм; min = 1,60 мм) у клона К-17 до 1,50 мм (max = 2,28 мм; min = 0,78 мм) у К-329. В полном ассортиментном составе клонов абсолютный диапазон составил 1,76 мм (max = 2,33 мм; min = 0,57 мм), что весьма близко к обобщенному среднему значению данного параметра, а соотношение между лимитами равнялось 4,09. Найденные коэффициенты вариации в полной мере адекватны сложившейся картине: минимальные оценки наблюдались у ортетов К-96 ($Cv = 6,32\%$), К-17 ($Cv = 6,98\%$), К-110 ($Cv = 4,89\%$); максимальные – у К-328 ($Cv = 24,38\%$) и К-322 ($Cv = 23,37\%$). В первом случае изменчивость соответствовала очень низкому уровню шкалы Мамаева ($Cv < 7\%$), во втором – среднему ($Cv = 16\dots25\%$). У преобладающей массы плюсовых деревьев варьирование данного признака соответствовала преимущественно низкому ($Cv = 7\dots15\%$) уровню той же шкалы.

Остальные признаки, подвергнутые анализу, имели принципиально сходную картину соотношения их средних и абсолютных значений и сопоставимый уровень изменчивости. Полученные в ходе проведения исследований данные статистически надежны и достоверны, о чем свидетельствуют расчетные величины t-критерия Стьюдента, заметно превосходившие минимально допустимые значения, и показатели относительной ошибки (точности опыта), не превышавшие установленный 5-процентный порог. Зафиксированные фенотипические различия между плюсовыми деревьями в параметрах хвои проявились в границах одного участка на фоне выровненных лесорастительных условий, при общих схемах размещения посадочных мест и одинаковых режимах агротехнических и лесоводственных уходов, что дало основания признать наследственный характер установленной изменчивости. Дисперсионный анализ, выполненный по однофакторной схеме, подтвердил это (табл. 1).

Практически все найденные расчетным путем критерии Фишера ($F_{on} = 220,88\dots1844,18$) уверенно подтверждают факт наличия существенных различий между плюсовыми деревьями по всем исследуемым морфометрическим параметрам хвои: они оказались во много раз больше соответствующих табличных значений и на 5-процентном, и 1-процентном уровне значимости. Исключение составил только индекс равномерности длины хвоинок в их парном пучке (признак 6). В этом случае критерий Фишера был принципиально меньше минимально допустимых величин, принятых для заданного в опыте числа степеней свободы ($F_{on} = 0,04$).

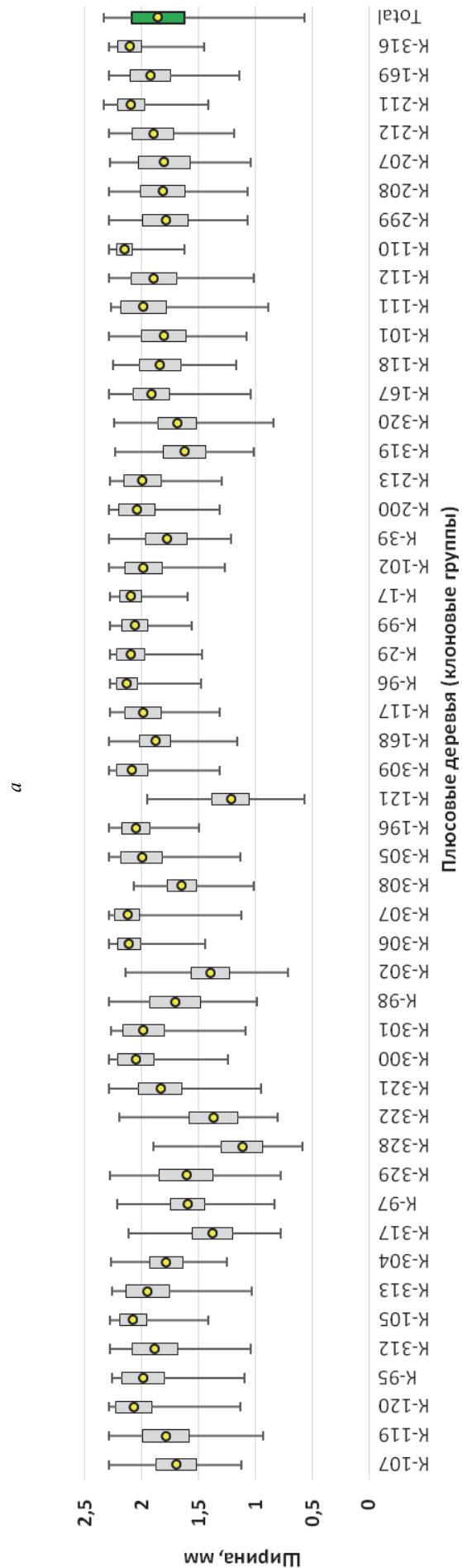
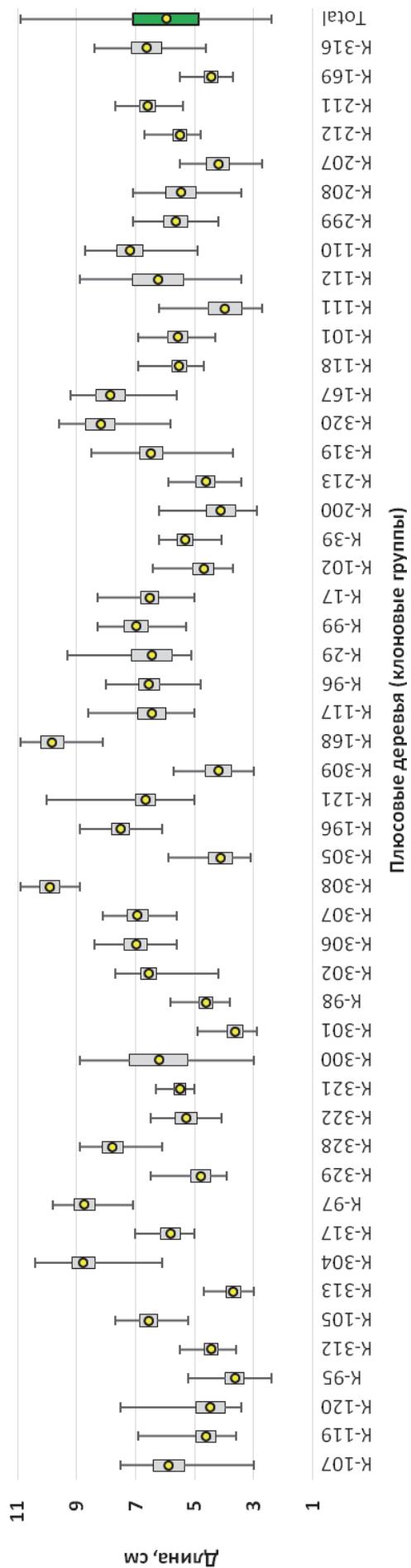


Рис. 1. Линейные параметры хвои плюсовых деревьев сосны обыкновенно на лесосеменной плантации:
 a – длина хвои, см; δ – ширина хвои, мм; «точка» – средние значения; «коробка» – границы критерия «норма»; «усы»

Таблица 1**Существенность различий между плюсовыми деревьями по морфометрическим параметрам 1-летней хвои^{1,2}**

Признаки	F _{оп}	Доля влияния фактора ($h^2 \pm s_{h^2}$)						Критерии различий	
		по Плохинскому			по Сnedекору				
		h ²	± s _h ²	F _h ²	h ²	± s _h ²	F _h ²	HCP ₀₅	D ₀₅
Признак 1	1844,18	0,8580	0,0005	1844,18	0,8600	0,0005	1874,53	0,101	0,181
Признак 2	285,03	0,4830	0,0017	285,03	0,4863	0,0017	288,86	0,040	0,073
Признак 3	1166,12	0,7926	0,0007	1166,12	0,7952	0,0007	1184,94	0,011	0,020
Признак 4	220,88	0,4199	0,0019	220,88	0,4229	0,0019	223,62	2,539	4,574
Признак 5	623,08	0,6713	0,0011	623,08	0,6747	0,0011	632,66	1,324	2,385
Признак 6	0,04	0,0001	0,0033	0,04	-	-	-	0,005	0,010

¹**Обозначения:** F_{оп} – опытное значение критерия Фишера; F_{05/01} – табличное значение критерия Фишера на 5-процентном и на 1-процентном уровне значимости (F_{05/F₀₁} = 1,35/1,52); h² – доля влияния организованного фактора; ± s_h² – ошибка доли влияния фактора; F_h² – критерий достоверности доли влияния фактора; HCP₀₅ – наименьшая существенная разность на 5-процентном уровне значимости; D₀₅ – критерий Тьюки на 5-процентном уровне значимости; количество ортетов – 50; общее количество обследованных рамет – 150; число первичных единиц выборки в комплексе – 15000 п.е.в.

²**Признаки хвои:** 1 – длина; 2 – ширина; 3 – масса; 4 – линейно распределенная масса; 5 – коэффициент вытянутости; 6 – индекс равномерности длины хвоинок.

Полученный результат позволил опровергнуть нулевую гипотезу для признаков с подтвержденным наличием существенных различий и продолжить дисперсионный анализ в части вычисления значений доли влияния организованных факторов. Ими в нашем случае выступают эндогенные различия между плюсовыми деревьями, понимаемые как специфика их генотипов. Использование расчетной схемы Плохинского обнаружило, что этот показатель достаточно велик и достоверен: от $h^2 \pm s_{h^2} = 41,99 \pm 0,05\%$ (F_h² = 220,88) по линейно распределенной массе отдельной хвоинки (признак 4) до $h^2 \pm s_{h^2} = 85,80 \pm 0,05\%$ (F_h² = 1844,18) по длине отдельной хвоинки (признак 1). Привлечение для этих целей алгоритма Сnedекора дало сопоставимый и даже несколько более высокий результат, например, по длине хвои ($h^2 \pm s_{h^2} = 86,00 \pm 0,05\%$) при его столь же весомой достоверности (F_h² = 1874,53).

Критерии различий (HCP₀₅ и D₀₅) установили порог, выше которого расхождения в средних значениях между попарно сравниваемыми плюсовыми деревьями могут быть признаны существенными. Согласно индикатору наименьшей существенной разности (HCP₀₅) к таковым принадлежали оценки большинства введенных в опыт ортетов. В частности, по длине отдельной хвоинки (см. рис. 1, а) плюсовые деревья с паспортными номерами К-196; К-320; К-111; К-110 имели по 49 отличий от остальных, то есть были совершенно неидентичными по данному параметру. Ортеты К-107; К-304; К-300; К-168; К-39; К-167; К-112; К-299 демонстрировали по 48 отличий такого же ранга от других объектов в составе рассматриваемой ЛСП, что также позволяет признать их вполне оригинальными на общем фоне характеристик. В то же время плюсовые деревья К-105 и К-302 оказались менее индивидуализированными, поскольку сформировали только по 41 существенной разности в комплексе, состоящем из 50 объектов. Применение в парных сравнениях в качестве более строгого индикатора критерия Тьюки (D₀₅) образовало принципиально сходную картину со вполне естественным в такой ситуации некоторым снижением количества существенных различий, вследствие устанавливаемого им

более высокого порога. Подобные выводы можно сделать и по остальным рассматриваемым признакам, притом что сохраняющаяся в общих чертах тенденция в распределении и соотношении средних значений по ним, в каждом конкретном случае демонстрирует некоторые особенности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Плюсовые деревья сосны обыкновенной (ортеты), представленные в составе лесосеменной плантации в Ковровском лесничестве Владимирской области вегетативными потомствами (раметами), находящимися в ювенильной фазе онтогенеза, существенно различались между собой по морфометрическим показателям хвои: длине, ширине, массе и другим параметрам. Результаты дисперсионного анализа свидетельствуют об ощутимом влиянии различий в генотипической специфике плюсовых деревьев на формирование фенотипических проявлений линейных параметров и массы хвои, а также её других характеристик. Это соответствует существующим представлениям о роли наследственных задатков и среды в формировании важнейших характеристик фотосинтезирующего аппарата исследованных растений. Сравнительная выровненность морфометрических характеристик 1-летней хвои у особей из одноименных клоновых групп позволяет признать адекватность представлений об идентичности их генотипов и корректности расположения на местности посадочных мест каждой из прививок в соответствии с принятой схемой их смешения для данной лесосеменной плантации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Бессчетнов В. П., Бессчетнова Н. Н., Терешанцев Н. А. Варьирование угла крепления боковых побегов к стволу плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3 (27). С. 23–32.
2. Рост клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменной плантации во Владимирской области / Н. Н. Бессчетнова, В. П. Бессчетнов, А. Н. Горелов, А. В. Михалюк // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяй-

ства. 2022. № 2. С. 18–32. DOI: 10.21178/2079-6080.2022.2.18

3. Изменчивость и корреляция морфометрических показателей клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменной плантации во Владимирской области / Н. Н. Бессчетнова, В. П. Бессчетнов, А. В. Михалюк, А. Н. Горелов, А. Н. Орнатский // Хвойные бореальные зоны. 2022. Т. 40, № 4. С. 259–268.

4. Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Тютин А. Ю. Изменчивость количества боковых побегов в мутовках плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3 (27) С. 33–41.

5. Братилова Н. П., Федорова В. И. Изменчивость семеношения сосны обыкновенной на ПЛСУ Гремученского лесхоза Красноярского края // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений : материалы VII Международной научной конференции. Красноярск : СибГТУ, 2004. С. 31–33.

6. Динамика биометрических и углеродных показателей сосновых насаждений на залежных землях Красноярской лесостепи / А. А. Вайс, Г. С. Вараксин, С. К. Мамедова, А. А. Андронова // Известия вузов. Лесной журнал. 2024. № 6. С. 35–49. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-6-35-49

7. Голубева Л. В., Наквасина Е. Н., Минин Н. С. Продуктивность и качество древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в постагрегенных насаждениях // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. Вып. 215. С. 19–29. DOI: 10.21266/2079-4304.2016.215.19-29

8. Гостимский С. А., Кокаева З. Г., Коновалов Ф. А. Изучение организации и изменчивости генома растений с помощью молекулярных маркеров // Генетика. 2005. Т. 41, № 4. С. 480–492. <https://doi.org/10.1007/s11177-005-0101-1>

9. Содержание и баланс запасных веществ в побегах лиственницы сибирской в условиях реинтродукции в Нижегородскую область / А. О. Есичев, Н. Н. Бессчетнова, В. П. Бессчетнов, А. Н. Бабич, Е. Ж. Кентбаев, Б. А. Кентбаева // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2022. Т. 26. № 1. С. 17–27. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022-1-17-27>

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

11. Ильинский В. В. Биомасса сосны в насаждениях различных бонитетов // Лесное хозяйство. 1968. № 3. С. 34.

12. Опыт создания лесных культур на микроповышениях при экскаваторной обработке почвы / А. С. Ильинцев, Е. Н. Наквасина, А. П. Богданов, А. А. Парамонов // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2024. Т. 28. № 2. С. 5–16. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-2-5-16

13. Кальченко Л. И., Тараканов В. В. Поэтапная паспортизация деревьев на клоновых плантациях сосны обыкновенной: использование метода фенетики // Хвойные бореальные зоны. 2010. Т. XXVII, № 1–2. С. 87–90.

14. Особенности генетической структуры популяции *Pinus sylvestris* L. в степной зоне Европейской

России / И. И. Камалова, М. Ю. Петюренко, А. П. Дегтярева, Н. Ф. Кузнецова, Н. И. Внукова // Известия вузов. Лесной журнал. 2024. № 2. С. 49–64. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-2-49-64

15. Фенотипическая оценка клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в лесостепной зоне Башкирского Предуралья / В. Ф. Коновалов, А. А. Габитова, А. К. Габделхаков, Д. А. Рафиков, Э. Р. Ханова // Известия вузов. Лесной журнал. 2024. № 4. С. 9–25. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-4-9-25

16. Коновалов В. Ф., Рафикова Д. А. Оценка генетической изменчивости плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях в Башкирском Предуралье // Хвойные бореальные зоны. 2024. Т. XLII. № 6. С. 34–43. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-6-34-43

17. Коршиков И. И., Демкович А. Е. Генетический полиморфизм клонов и их семенного потомства в архивно-клоновой плантации плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Цитология и генетика. 2010. Т. 44, № 1. С. 36–45.

18. Крекова Я. А., Чеботько Н. К. Анализ показателей роста клонов сосны обыкновенной в архивах Северного Казахстана // Наука и образование. 2022. № 3-2 (68). С. 193–203. DOI: 10.52578/2305-9397-2022-3-2-193-203

19. Крекова Я. А., Чеботько Н. К. Исследования потомства плюсовых деревьев *Pinus sylvestris* L. в испытательных культурах первой генерации // Природообустройство. 2023. № 3. С. 130–136. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-3-130-136

20. Крекова Я. А., Чеботько Н. К., Каган Д. И. Селекционная оценка и генотипирование клонов плюсовых деревьев *Pinus sylvestris* L. в Северном Казахстане // Лесохозяйственная информация. 2023. № 2. С. 115–126. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.2.09

21. Оценка клонового потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной на коллекционно-маточном участке Республики Марий Эл / Т. Н. Криворотова, Е. В. Прохорова, О. В. Шейкина, П. С. Новиков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 1(39). С. 18–20.

22. Криворотова Т. Н., Шейкина О. В. Генетическая структура лесосеменных плантаций и насаждений сосны обыкновенной в Среднем Поволжье // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2014. № 1(21). С. 77–86.

23. Архивы клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной в Республике Карелия / Н. В. Лаур, А. П. Царев, В. А. Царев, Р. П. Царева // Известия вузов. Лесной журнал. 2024. № 2. С. 76–89. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-2-76-89

24. Мамаев С. А. О проблемах и методах внутривидовой систематики древесных растений. II. Амплитуда изменчивости // Закономерности формообразования и дифференциации вида у древесных растений // Труды Института экологии растений и животных. Свердловск, 1969. С. 3–38.

25. Моллаева М. З., Темботова Ф. А. Морфологическая изменчивость ассимиляционного аппарата

- Pinus sylvestris* L. в пределах Тебердинского национального парка // Известия вузов. Лесной журнал. 2024. № 1. С. 91–100. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-1-91-100
26. Ненохин В. Н. Селекционная оценка клонов сосны обыкновенной по росту на плантации первого порядка // Отбор и его использование в улучшении лесных пород : сборник научных трудов. Воронеж : НИИЛГиС, 1994. С. 41–54.
27. Ненохин В. Н., Камалов Р. М. Генотипическая изменчивость сосны обыкновенной по хозяйствственно-важным признакам // Биологическое разнообразие лесных экосистем : сборник тезисов совещания : г. Москва, 12–15 ноября 1995 г. Москва : Тип. Россельхозакадемии, 1995. С. 86–88.
28. Осиенко А. Е., Залесов С. В. Формирование морфологии деревьев культивируемых сосновых древостоев // Известия вузов. Лесной журнал. 2024. № 2. С. 105–117. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-2-105-117
29. Пастухова А. М. Оценка полиморфности по росту полушибового потомства сосны кедровой сибирской 19-летнего биологического возраста // Аграрная наука. 2024. № 12. С. 133–139. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-133-139
30. Придача В. Б., Пеккоев А. Н., Неронова Я. А. Особенности роста и структуры древесины сосны на вырубке и под пологом древостоя в условиях Республики Карелия // Известия вузов. Лесной журнал. 2024. № 4. С. 92–105. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-4-92-105
31. Пшегусов Р. Х., Чадаева В. А. Пространственное распределение сосновых лесов Кавказа // Известия вузов. Лесной журнал. 2025. № 2. С. 92–111. DOI: 10.37482/0536-1036-2025-2-92-111
32. Раевский Б. В., Куклина К. К., Щурова М. Л. Селекционно-генетическая оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной в Карелии // Труды Карельского научного центра РАН. 2020. № 3. С. 45–59. DOI: 10.17076/eb1163
33. Рогозин М. В. Селекция сосны обыкновенной для плантационного выращивания [Электронный ресурс] : монография. Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2013. 200 с.. Режим доступа: <http://www.psu.ru>
34. Рогозин М. В. Общая комбинационная способность *Pinus sylvestris* L. на семенных участках // Сибирский лесной журнал. 2014. № 2. С. 53–61.
35. Семечкина М. Г. Структура фитомассы сосновок. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1978. 165 с.
36. Стаканов В. Д. Распределение органического вещества в различных частях деревьев сосны обыкновенной // Лесоведение. 1990. № 4. С. 25–33.
37. Тарханов С. Н., Аганина Ю. Е., Паход А. С. Сезонная изменчивость биохимических показателей и поврежденность разных форм сосны обыкновенной в условиях постоянного избыточного увлажнения почв северной тайги // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2018. Т. 22, № 1. С. 5–12. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-1-5-12 (In Russian)
38. Адаптация форм *Pinus sylvestris* с разным цветом семян на избыточно увлажненных почвах / С. Н. Тарханов, Е. А. Пинаевская, Ю. Е. Аганина, А. С. Паход // Известия вузов. Лесной журнал. 2024. № 5. С. 9–26. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-5-9-26
39. Усольцев В. А. Модели конверсионно-объемных коэффициентов биомассы еловых древостоев в географических градиентах Евразии // Хвойные бореальной зоны. 2025. Т. 43. № 1. С. 7–12. DOI: 10.53374/1993-0135-2025-1-7-12
40. Усольцев В. А., Плюха Н. И., Цепордей И. С. Отношение диаметра кроны к диаметру ствола: всеобщие модели лесообразующих видов Евразии // Хвойные бореальной зоны. 2024а. Т. XLII, № 1. С. 36–42. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-1-36-42
41. Особенности накопления минеральных элементов и азота в ассимиляционном аппарате сосны обыкновенной / П. А. Феклистов, О. Н. Тюкавина, Н. Р. Сунгурова, С. С. Макаров, И. Н. Болотов, С. Н. Тарханов // Известия вузов. Лесной журнал. 2024. № 3. С. 118–129. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-3-118-129
42. Феклистов П. А., Хабарова Е. П. Ассимиляционный аппарат деревьев сосны на осущеных и избыточно увлажненных почвах. Архангельск : САФУ, 2017. 141 с.
43. Шейкина О. В., Лебедева Э. П. Опыт создания лесосеменной плантации повышенной генетической ценности в Чувашской Республике // Известия вузов. Лесной журнал. 2010. № 3. С. 34–40.
44. Динамика роста подроста сосны обыкновенной на неосваиваемых землях / Ю. А. Янбаев, В. В. Тагиров, С. Ю. Бахтина, А. А. Тагирова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 150–151.
45. Фитомасса 10-летних насаждений сосны на залежных землях Ленинградской области / С. Ю. Януш, Д. А. Данилов, А. Н. Красновидов, А. А. Иванов // Актуал. проблемы лесного комплекса. 2018. № 53. С. 55–57.
46. Differentiation of the plus trees of Scots pine on the physiological status of xylem / N. N. Besschetnova, V. P. Besschetnov, N. A. Babich, V. A. Bryntcev // Lesnoy Zhurnal [Russian Forestry Journal]. 2023. № 4. Pp. 9–25. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-4-9-25
47. Calleja-Rodriguez A., Li Z., Hallingbäck H., Sillanpää M., Wu H., Abrahamsson S., García-Gil M. R. Analysis of phenotypic- and Estimated Breeding Values (EBV) to dissect the genetic architecture of complex traits in a Scots pine three-generation pedigree design // Journal of Theoretical Biology. 2018. Vol. 462, Is. 2. Pp. 283–292. DOI: 10.1016/j.jtbi.2018.11.007
48. Dawkins H. C. Crown diameters: their relation to bole diameter in tropical forest trees // The Commonwealth Forestry Review. 1963. Vol. 42, no. 4(114). Pp. 318–333. <https://www.jstor.org/stable/42603453>
49. Khanova E. R., Konovalov V. F., Timeryanov A. Sh., Isyanyulova R. R., Rafikova D. A. Genetic and selection assessment of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in forest seed orchards // Wood Research. 2020. Vol. 65, № 2. Pp. 283–292. DOI: 10.37763/wr.1336-4561/65.2.283292
50. Quantifying the effect of crown vertical position on individual tree competition: total overlap index and its application in sustainable forest management / Wang B., Bu Y., Tao G., Yan C., Zhou X., Li W., Zhao P., Yang Y.,

Gou R. // Sustainability. 2020. Vol. 12, № 7498. Pp. 1–18.
DOI: 10.3390/su12187498

REFERENCES

1. Besschetnov V. P., Besschetnova N. N., Tereshantsev N. A. Var'irovanie ugla krepljenija bokovyh pobegov k stvolu pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj // Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy. 2020. No. 3 (27). Pp. 23–32. (In Russ.)
2. Rost klonov pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj na lesosemennoj plantacii vo Vladimirskej oblasti / N. N. Besschetnova, V. P. Besschetnov, A. N. Gorelov, A. V. Mihaljuk // Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute. 2022. No. 2. Pp. 18–32. DOI: 10.21178/2079-6080.2022.2.18 (In Russ.)
3. Izmenchivost' i korrelacijja morfometricheskikh pokazatelej klonov pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj na lesosemennoj plantacii vo Vladimirskej oblasti / N. N. Besschetnova, V. P. Besschetnov, A. V. Mihaljuk, A. N. Gorelov, A. N. Ornatskij // Conifers of the boreal area. 2022. Vol. 40, No. 4. Pp. 259–268. (In Russ.)
4. Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Tjutin A. Ju. Izmenchivost' kolichestva bokovyh pobegov v mutovkah pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj // Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy. 2020. No. 3 (27). Pp. 33–41. (In Russ.)
5. Bratilova N. P., Fedorova V. I. Izmenchivost' semenoshenija sosny obyknovennoj na PLSU Gremuchenskogo leshoza Krasnojarskogo kraja // Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukcija drevesnyh rastenij : materialy VII Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. Krasnojarsk : SibGTU, 2004. Pp. 31–33. (In Russ.)
6. Dinamika biometricheskikh i uglerodnyh pokazatelej sosnovykh nasazhdenej na zaleznyh zemljah Krasnojarskoj lesostepi / A. A. Vajs, G. S. Varaksin, S. K. Mametova, A. A. Andronova // Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal. 2024, No. 6. Pp. 35–49. (In Russ.). DOI: 10.37482/0536-1036-2024-6-35-49 (In Russ.)
7. Golubeva L. V., Nakvasina E. N., Minin N. S. Продуктивность и качество древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в постагрегенных насаждениях // Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii. 2016, No. 215. Pp. 19–29. DOI: 10.21266/2079-4304.2016.215.19-29 (In Russ.)
8. Gostimskiy S. A., Kokaeva Z. G., Konovalov F. A. Izuchenie organizacii i izmenchivosti genoma rastenij s pomoshch'ju molekuljarnyh markerov // Genetika = Russian Journal of Genetics. 2005. Vol. 41, Is. 4, Pp. 378–388. DOI: 10.1007/s11177-005-0101-1 (In Russ.)
9. Soderzhanie i balans zapasnyh veshhestv v pobegah listvennicy sibirskoj v uslovjah reintrodukcii v Nizhegorodskuju oblast' / A. O. Yesichev, N. N. Besschetnova, V. P. Besschetnov, A. N. Babich, E. Zh. Kentbaev, B. A. Kentbayeva // Lesnoj vestnik / Forestry Bulletin. 2022. Vol. 26, No. 1, Pp. 17–27. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-1-17-27 (In Russ.)
10. Efimov Yu. P. Semennye plantacii v selekcii i semenovodstve sosny obyknovennoj. Voronezh : Istoki Publ., 2010. 253 p. (In Russ.)
11. Il'inskij V. V. Biomassa sosny v nasazhdenejah razlichnyh bonitetov // Lesnoe khozyajstvo=Forestry management. 1968, No. 3, P. 34. (In Russ.)
12. Opyt sozdaniya lesnyh kul'tur na mikropovyshenijah pri jekskavatornoj obrabotke pochvy / A. S., Il'incev E. N. Nakvasina, A. P. Bogdanov, A. A. Paramonov // Lesnoj vestnik / Forestry Bulletin. 2024. Vol. 28, No. 2, Pp. 5–16. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-2-5-16 (In Russ.)
13. Kalchenko L. I., Tarakanov V. V. Pojetapnaja pasportizacija derev'ev na klonovyh plantacijah sosny obyknovennoj: ispol'zovanie metoda fenetiki // Khvoinye borealnoi zony = Conifers of the Boreal Area. 2010. Vol. XXVII, No. 1-2. Pp. 87–90. (In Russ.)
14. Osobennosti geneticheskoy struktury populjacii *Pinus sylvestris* L. v stepnoj zone Evropejskoj Rossii / I. I. Kamalova, M. Yu. Peturenko, A. P. Degtyareva, N. F. Kuznetsova, N. I. Vnukova // Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal. 2024. No. 2. Pp. 49–64. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-2-49-64 (In Russ.)
15. Fenotipicheskaja ocenka klonov pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj (*Pinus sylvestris* L.) v lesostepnoj zone Bashkirskogo Predural'ja / V. F. Konovalov, A. A. Gabitova, A. K. Gabdelkhakov, D. A. Rafikova, E. R. Khanova // Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal. 2024. No. 4. Pp. 9–25. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-4-9-25 (In Russ.)
16. Konovalov V. F., Rafikova D. A. Ocenna geneticheskoy izmenchivosti pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj na lesosemennyh plantacijah v Bashkirskom Predural'e // Khvoinye borealnoi zony = Conifers of the Boreal Area. 2024. T. XLII. № 6. Pp. 34–43. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-6-34-43 (In Russ.)
17. Korshikov I. I., Demkovich A. E. Geneticeskij polimorfizm klonov i ih semennogo potomstva v arhivno-klonovoj plantacii pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj // Cytology and Genetics. 2010. Vol. 44, No. 1, Pp. 36–45 (In Russ.)
18. Krekova Ja. A., Chebot'ko N. K. Analiz pokazatelej rosta klonov sosny obyknovennoj v arhivah Severnogo Kazahstana // Nauka i obrazovanie= Science and education. 2022. № 3-2 (68). Pp. 193–203. DOI: 10.52578/2305-9397-2022-3-2-193-203 (In Russ.)
19. Krekova Ja. A., Chebot'ko N. K. Issledovanija potomstva pljusovyh derev'ev *Pinus sylvestris* L. v ispytatel'nyh kul'turah pervoj generacii // Prirodobustrojstvo. 2023. № 3. Pp. 130–136. DOI: 10.26897/1997-6011-2023-3-130-136 (In Russ.)
20. Krekova Ja. A., Chebot'ko N. K., Kagan D. I. Selektionnaja ocenka i genotipirovanie klonov pljusovyh derev'ev *Rinus sylvestris* L. v Severnom Kazahstane // Lesohozjajstvennaja informacija=Forestry information. 2023. № 2. Pp. 115–126. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.2.09 (In Russ.)
21. Krivorotova T. N., Prohorova E. V., Shejkina O. V., Novikov P. S. Ocenna klonovogo potomstva pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj na kollekcionno-matochnom uchastke Respubliki Marij Jel // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2013. № 1(39). Pp. 18–20. (In Russ.)
22. Krivorotova T. N., Shejkina O. V. Geneticeskaja struktura lesosemennyh plantacij i nasazhdenej sosny

- obyknovennoj v Srednem Povolzh'e // Vestnik Povolzh'skogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie. 2014. № 1(21). Pp. 77–86. (In Russ.)
23. Laur N. V., Tsarev A. P., Tsarev V. A., Tsareva R. P. Arhivy klonov pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj v Respublike Karelija // Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal. 2024. No. 2, Pp. 76–89. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-2-76-89 (In Russ.)
24. Mamaev S. A. O problemah i metodah vnutrividovoj sistematiki drevesnyh rastenij. II. Amplituda izmenchivosti // Zakonomernosti formoobrazovaniya i differenciacii vida u drevesnyh rastenij : Trudy Instituta jekologii rastenij i zhivotnyh. Sverdlovsk, 1969. Pp. 3–38. (In Russ.)
25. Mollaeva M. Z., Tembotova F. A. Morfologicheskaja izmenchivost' assimiljacionnogo apparata *Pinus sylvestris* L. v predelah Teberdinskogo nacional'nogo parka // Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal, 2024, No. 1, Pp. 91–100. (In Russ.). DOI: 10.37482/0536-1036-2024-1-91-100 (In Russ.)
26. Nenjuhin V. N. Selekcionnaja ocenka klonov sosny obyknovennoj po rostu na plantacii pervogo porjadka // Otbor i ego ispol'zovanie v uluchshenii lesnyh porod : Sbornik nauchnyh trudov. Voronezh : NIILGiS, 1994. Pp. 41–54. (In Russ.)
27. Nenjuhin V. N., Kamalov P. M. Genotipicheskaja izmenchivost' sosny obyknovennoj po hozajstvennovazhnym priznakam // Biologicheskoe raznoobrazie lesnyh jekosistem. Sbornik tezisov soveshhanija, g. Moskva, 12–15 nojabrja 1995 g. Moskva : Tipografija Rossel'hozakademii, 1995. Pp. 86–88. (In Russ.)
28. Osipenko A. E., Zalesov S. V. Formirovanie morfologii derev'ev kul'tiviruemyh sosnovyh drevostoev // Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal. 2024. No. 2. Pp. 105–117. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-2105-117 (In Russ.)
29. Pastuhova A. M. Ocenka polimorfnosti po rostu polusibsovogo potomstva sosny kedrovoj sibirskoj 19-letnego biologicheskogo vozrasta // Agrarnaja nauka=Agrarian science. 2024. № 12. S. 133–139. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-133-139 (In Russ.)
30. Pridacha V. B., Pekkoev A. N., Neronova Ya. A. Osobennosti rosta i struktury drevesiny sosny na vyrubke i pod pologom drevostoja u uslovijah Respubliki Karelii // Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal. 2024. No. 4. Pp. 92–105. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-4-92-105 (In Russ.)
31. Pshegusov R. Kh., Chadaeva V. A. Prostranstvennoe raspredelenie sosnovyh lesov Kavkaza // Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal. 2025. No. 2. Pp. 92–111. DOI: 10.37482/0536-1036-2025-2-92-111 (In Russ.)
32. Raevskij B. V., Kuklina K. K., Shhurova M. L. Selekcionno-geneticheskaja ocenka pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj v Karelii // Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN. 2020. No. 3. Pp. 45–59. DOI: 10.17076/eb1163 (In Russ.)
33. Rogozin M. V. Selekcija sosny obyknovennoj dlja plantacionnogo vyrashhivanija [Jelektronnyj resurs] : monografija. Perm' : Permskij gosudarstvennyj nacion'nyj issledovatel'skij universitet. 2013. 200 p. URL: <http://www.psu.ru> (In Russ.)
34. Rogozin M. V. Obshhaja kombinacionnaja sposobnost' *Pinus sylvestris* L. na semennyh uchastkah // Sibirskij lesnoj zhurnal = Siberian Journal of Forest Scienc. 2014. № 2. Pp. 53–61. (In Russ.)
35. Semechkina M. G. Struktura fitomassy sosnjakov. Novosibirsk : Nauka Publ. (Sib. Branch), 1978. 165 p. (In Russ.)
36. Stakanov V. D. Raspredelenie organicheskogo veshhestva v razlichnyh chastjah derev'ev sosny obyknovennoj. Lesovedenie = Russian Journal of Forest Science. 1990. No. 4, Pp. 25–33. (In Russ.)
37. Tarkhanov S. N., Aganina Yu. E., Pakhov A. S. Sezonnaja izmenchivost' biohimicheskikh pokazatelej i povrezhdennost' raznyh form sosny obyknovennoj u uslovijah postojannogo izbytochnogo uvlazhnjenija pochv severnoj tajgi // Lesnoy vestnik = Forestry Bulletin. 2018. Vol. 22. No. 1. Pp. 5–12. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-1-5-12 (In Russ.)
38. Tarkhanov S. N., Pinaevskaya E. A., Aganina Yu. E., Pakhov A. S. Adaptacija form *Pinus sylvestris* s raznym cvetom semjan na izbytochno uvlazhnennyh pochvah // Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal. 2024. No. 5. Pp. 9–26. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-5-9-26 (In Russ.)
39. Usoltsev V. A. Modeli konversionno-ob#emnyh kojefficientov biomassy elovyh drevostoev v geograficheskikh gradientah Evrazii // Hvojnye boreal'noj zony = Coniferous boreal zones. 2025. Vol. 43. No. 1. Pp. 7–12. DOI: 10.53374/1993-0135-2025-1-7-12 (In Russ.)
40. Usoltsev V. A., Plyukha N. I., Tseporey I. S. Otnoshenie diametra krony k diametru stvola: vseobshchie modeli lesobrazujushhih vidov Evrazii // Hvojnye boreal'noj zony = Coniferous boreal zones. 2024. Vol. Xlii. No. 1, Pp. 36–42. (In Russ.). DOI: 10.53374/1993-0135-2024-1-36-42 (In Russ.)
41. Tarkhanov Osobennosti nakoplenija mineral'nyh jelementov i azota v assimiljacionnom apparaite sosny obyknovennoj / P. A. Feklistov, O. N. Tyukavina, N. R. Sungurova, S. S. Makarov, I. N. Bolotov, S. N. // Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal. 2024. No. 3. Pp. 118–129. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-3-118-129 (In Russ.)
42. Feklistov P. A., Khabarova E. P. Assimiljacionnyj apparat derev'ev sosny na osushennyh i izbytochno uvlazhnennyh pochvah. Arkhangelsk : NArFU, 2017. 141 p. (In Russ.)
43. Shejkina O. V., Lebedeva Je. P. Opyt sozdaniya lesosemennoj plantacii povyshennoj geneticheskoy cennosti v Chuvashskoj Respublike // Izvestija vuzov. Lesnoj zhurnal. 2010. № 3. Pp. 34–40. (In Russ.)
44. Dinamika rosta podrosta sosny obyknovennoj na neosvaivaemyh zemljah / Yu. A. Yanbaev, V. V. Tagirov, S. Yu. Bakhtina, A. A. Tagirova // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University 2018. No. 4(72). Pp. 150–151. (In Russ.)
45. Fitomassa 10-letnih nasazhdennij sosny na zaleznyh zemljah Leningradskoj oblasti / S. Yu. Yanush, D. A. Danilov, A. N. Krasnovidov, A. A. Ivanov // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. 2018. No. 53, Pp. 55–57. (In Russ.)

46. Differentiation of the plus trees of Scots pine on the physiological status of xylem / N. N. Besschetnova, V. P. Besschetnov, N. A. Babich, V. A. Bryntcev // Lesnoy Zhurnal [Russian Forestry Journal]. 2023. No. 4. Pp. 9–25. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-4-9-25
47. Analysis of phenotypic- and Estimated Breeding Values (EBV) to dissect the genetic architecture of complex traits in a Scots pine three-generation pedigree design / A. Calleja-Rodriguez, Z. Li, H. Hallingbäck, M. Sillanpää, H. Wu, S. Abrahamsson, M. R. García-Gil // Journal of Theoretical Biology. 2018. Vol. 462, Is. 2. Pp. 283–292. DOI:10.1016/j.jtbi.2018.11.007
48. Dawkins H. C. Crown diameters: their relation to bole diameter in tropical forest trees // The Commonwealth Forestry Review, 1963, vol. 42, no. 4(114), pp. 318–333. <https://www.jstor.org/stable/42603453>
49. Khanova E. R., Konovalov V. F., Timeryanov A. Sh., Isyanyulova R. R., Rafikova D. A. Genetic and selection assessment of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in forest seed orchards // Wood Research. 2020. Vol. 65, No. 2. P. 283–292. DOI:10.37763/wr.1336-4561/65.2.283292
50. Wang B., Bu Y., Tao G. Yan C., Zhou X., Li W., Zhao P., Yang Y., Gou R. Quantifying the effect of crown vertical position on individual tree competition: total overlap index and its application in sustainable forest management // Sustainability, 2020, vol. 12, article number 7498, total pages 18, pp. 1–18. DOI: 10.3390/su12187498

© Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П.,
Михалюк А. В., 2025

Поступила в редакцию 30.05.2025
Принята к печати 20.10.2025