



17. Hytönen J., Beuker E., Viherä-Aarnio A. Clonal Variation in Basic Density, Moisture Content and Heating Value of Wood, Bark and Branches in Hybrid Aspen. *Silva Fennica*, 2018, vol. 52, no. 2, art. 9938. DOI: 10.14214/sf.9938.
18. Hytönen J., Beuker E., Viherä-Aarnio A. Biomass allocation and nutrient content of hybrid aspen clones grown on former agricultural land in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2020, vol. 10, no. 11, pp. 147–155.
19. Karacic A., Adler A., Weih M., Christersson L. An Analysis of Poplar Growth and Quality Traits to Facilitate Identification of Climate-Adapted Plant Material for Sweden. *Bioenerg. Res.* 2021, vol. 14, no. 7, pp. 409–425. <https://doi.org/10.1007/s12155-020-10210-y>.
20. Liesebach, Mirko, Volker Schneck. Clone test with hybrid aspen (As130). *Thünen Report*, 2018, no. 62, pp. 127–130.
21. Niemczyk M., Hu Y., Thomas B.R. Selection of Poplar Genotypes for Adapting to Climate Change. *Forests*, 2019, vol. 10, no. 11, p. 1041. <https://doi.org/10.3390/f10111041>.
22. Niemczyk M., Przybysz P., Przybysz K., Karwański M., Kaliszewski A., Wojda T. Productivity, growth patterns, and cellulosic pulp properties of hybrid aspen clones. *Forests*, 2019, vol. 10, no. 5, p. 450.
23. Stener L.-G., Westin J. Early Growth and Phenology of Hybrid Aspen and Poplar in Clonal Field Tests in Scandinavia. *Silva Fennica*, 2017, vol. 51, no. 3, art. 5656. DOI: 10.14214/sf.5656.
24. Tullus A., Lukason O., Vares A., Padari A., Lutter R., Tullus T., Karoles K., Tullus H. Economics of Hybrid Aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) and Silver Birch (*Betula pendula* Roth.) Plantations on Abandoned Agricultural Lands in Estonia. *Baltic Forestry*, 2012, vol. 18, no. 2, pp. 288–298.
25. Žiauka J., Striganavičiūtė G., Szyz-Borowska I., Kuusienė S., Niemczyk M. Differences in Environmental and Hormonal Regulation of Growth Responses in Two Highly Productive Hybrid Populus Genotypes. *Forests*, 2022, no. 13, p. 183. <https://doi.org/10.3390/f13020183>.

Статья поступила в редакцию 12.05.2023

DOI 10.21178/2079-6080.2023.3.53
УДК 630*232.12:582.475.4

Варьирование и взаимосвязь таксационных показателей плюсовых деревьев ели европейской в архиве клонов на территории Нижегородской области

© Р.А. Воробьев¹, Н.Н. Бессчетнова², В.П. Бессчетнов², А.Ю. Тютин²

Variation and interrelation of taxation indicators of European spruce plus trees in the clone archive in the Nizhny Novgorod region

R.A. Vorobyev, N.N. Besschetnova, V.P. Besschetnov, A.Yu. Tyutin (Ministry of Forestry and Protection of Wildlife Objects of the Nizhny Novgorod region; Nizhny Novgorod State Agricultural Academy)

We studied the variability and correlation of phenotypic manifestations of the taxation indicators of European spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) plus trees represented by their vegetative offspring in the clone archive no. 3 on the territory of the Semenovskiy District Forestry of the Nizhny Novgorod region, which was established in 1984. Planting was carried out with grafted seedlings at the age of 2 years, the source of the graft for which were plus trees growing in natural plantings of the same region with types of forest growing conditions B₂ and B₃. At the time of selection, their age reached 60–140 years, and the taxation indicators were: height – 24–70 m; diameter – 24–35 cm. The seating arrangement was 3 × 3 m, the clone mixing scheme was ordinary with the initial repeatability of each orchard by 3–12 ramets. The initial area was 0.4 hectares, the type of forest conditions on it corresponded to category B₂. The relief of the selected area is flat with gray forest soils. The object is assigned to the area of coniferous-deciduous (mixed) forests of the European part of the Russian Federation and is included in the zone of coniferous-deciduous forests. The purpose of the study is to assess the nature and form of manifestation of variability and correlation of taxation indicators of European spruce plus trees. The actual material was collected by a stationary field method with a continuous enumeration of 154 trees in compliance with the principle of the only logical difference, typicality, suitability, reliability and expediency of the experiment. The heterogeneity of the vegetative offspring of plus-sized spruce trees in terms of taxation indicators was noted, which manifested itself both at the level of differences between groups of clones of the same name and within each of them. A correlation was recorded between the analyzed parameters of the stem part of the accounting trees placed in the clone archive no. 3.

Keywords: European spruce, plus trees, clone archive, taxation indicators, variability, correlation, regression

Варьирование и взаимосвязь таксационных показателей плюсовых деревьев ели европейской в архиве клонов на территории Нижегородской области

Р.А. Воробьев, Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов, А.Ю. Тютин

Проводилось изучение изменчивости и корреляции фенотипических проявлений таксационных показателей плюсовых деревьев ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.), представленных своими вегетативными потомствами в архиве клонов № 3 на территории Семеновского районного лесничества Нижегородской области, который был создан в 1984 году. Посадка проведена привитыми саженцами в возрасте 2 лет, источником привоя служили плюсовые деревья, произрастающие в естественных насаждениях того же региона с типами лесорастительных условий V_2 и V_3 . На момент отбора их возраст достиг 60–140 лет, высота составляла 24–70 м; диаметр – 24–35 см. Размещение посадочных мест 3 м, схема смещения клонов – рядовая при исходной повторяемости каждого ортета 3–12 раметами. Первоначальная площадь составила 0,4 га, тип лесорастительных условий на ней соответствовал категории V_2 . Рельеф выбранного участка равнинный с серыми лесными почвами. Объект относится к району хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации и входит в зону хвойно-широколиственных лесов. Цель исследования – оценка характера и формы проявления изменчивости и корреляции таксационных показателей плюсовых деревьев ели европейской. Фактический материал собран полевым стационарным методом при сплошном перечете 154 деревьев с соблюдением принципа единственного логического различия, типичности, пригодности, надежности и целесообразности опыта. Отмечена неоднородность вегетативного потомства плюсовых деревьев ели по таксационным показателям, которая проявилась как на уровне различий между группами одноименных клонов, так и в пределах каждой из них. Зафиксирована корреляция между анализируемыми параметрами ствольной части учетных деревьев, размещенных в архиве клонов № 3.

Ключевые слова: ель европейская, плюсовые деревья, архив клонов, таксационные показатели, изменчивость, корреляция, регрессия

Воробьев Роман Алексеевич – Министр лесного хозяйства и охраны объектов животного мира Нижегородской области, канд. биол. наук
E-mail: official@les.kreml.nnov.ru

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

Тютин Андрей Юрьевич – магистрант кафедры лесных культур
E-mail: me@shatok.ru

¹Министерство лесного хозяйства и охраны объектов животного мира Нижегородской области
603134, г. Нижний Новгород, ул. Костина, 2
Телефон: 8 (831) 433-69-85.

²ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»
603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97
Телефон: 8 (831) 214-33-49 (доб. 305)

Введение

К перечню главных древесных пород Российской Федерации с полным основанием причислена ель европейская (*Picea abies* (L.) Karsten) [3, 4, 5, 10, 16]. Имея достаточно широкое распространение в Северном полушарии, она активно вовлекается в хозяйственный оборот в Скандинавии [30, 31], странах центральной Европы [33], Болгарии [25], Румынии [43] и в ряде других европейских государств [29, 32, 41]. Интерес к ней как к интродуценту проявляют в Канаде [28] и Японии [36], где используют в плантационном лесоводстве. Обладая уникальным комплексом полезных признаков и свойств, этот вид неизменно выступает объектом разноплановых исследований отечественных [6, 7, 10, 14, 16, 19] и зарубежных [28–32, 35–37, 43, 46, 48] ученых. Важнейшими направлениями при этом являются семеноводство [24, 48], лесные культуры [11, 15, 16, 23, 38] и плантации [33], фотосинтез, пигментный состав и другие характеристики хвои [3, 4, 5, 7, 19, 36], биотехнологии [37] и физиология [14, 25, 35]. Значительный объем публикаций освещает изменчивость, селекционный потенциал и перспективы создания лесосеменных плантаций данного вида, раскрывает актуальность формирования резервов его генетического материала [8, 10, 12, 29, 32, 43, 46]. Важность и своевременность подобных работ нашли отражение в Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 г., материалами которой предусмотрено непрерывное повышение ресурсного, экологического и рекреационного потенциала отечественных лесов, в том числе посредством их селекционного улучшения. В Нижегородской области представители рода Ель (*Picea A. Dietr.*) входят в состав аборигенной дендрофлоры и занимают обширные площади [1, 2, 18, 22, 40, 43]. На территории региона представлены естественные насаждения ели европейской (*Picea abies* (L.) H. Karst.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.). При этом в зоне трансгрессии их ареалов спонтанно возникают фертильные межвидовые гибриды, получившие название ель финская (*Picea fennica* (Regel) Kom.) [21, 34, 44, 47]. Помимо этого, с участием ели европейской здесь созданы значительные площади лесных культур,

защитных насаждений, объектов постоянной лесосеменной базы и единого генетико-селекционного комплекса, а также озеленительных посадок различного целевого назначения и конструкций. Однако детальных и многоплановых исследований, касающихся имеющихся плюсовых деревьев указанной породы в регионе пока еще крайне мало.

Цель проведенного нами исследования – оценить характер и форму проявления изменчивости и корреляции таксационных показателей и морфометрических параметров плюсовых деревьев ели европейской в архиве клонов на территории Нижегородской области.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования выступало вегетативное потомство 21 плюсового дерева ели европейской, вошедшее в состав архива клонов № 3 Семеновского районного лесничества Нижегородской области (кв. 139, выд. 9). Указанный объект единого генетико-селекционного комплекса создан в 1984 году двухлетними привитыми саженцами, в соответствии с актуальными на тот момент нормативами. Источником привойного материала для их производства служили плюсовые деревья, выделенные в процессе селекционной инвентаризации естественных насаждений того же региона в типах лесорастительных условий V_2 и V_3 . Их отбор осуществлялся по фенотипу – согласно действовавшим в указанный период времени инструктивно-нормативным документам. Таксационные показатели плюсовых деревьев на момент отбора составляли: по высоте – от 24 до 70 м; по диаметру – от 24 до 35 см., а их возраст колебался от 60 до 140 лет, что отвечало существовавшим требованиям: превышение по высоте 20 % и более, по диаметру – 30 %. Указанные критерии, по сути, служили заданными уровнями селекционного дифференциала, выраженного в процентах от средней популяционной величины.

Участок, занимаемый архивом (0,4 га), имеет прямоугольную форму, его географические координаты: 56.74161° с. ш. и 44.35436° в. д. Территориально он расположен в границах Семеновского участкового лесничества Семеновского районного лес-

ничества Министерства лесного хозяйства и охраны объектов животного мира Нижегородской области и входит в район хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации (зона хвойно-широколиственных лесов), а по лесосеменному районированию включен в третий лесосеменной район ели. Здесь сложились вполне благоприятные для произрастания и семенования данной породы климатические и почвенные условия [1, 2, 18, 22], о чем свидетельствуют успешно проводимые работы по созданию лесных культур [18] и многочисленных объектов постоянной лесосеменной базы и единого генетико-селекционного комплекса [3, 4, 5, 7, 32]. Проектная густота первоначальной посадки на участке – 1111 шт./га, схема смещения клонов – рядовая при исходной повторяемости каждого ортета 3–12 раметами, посадка производилась с размещением 3×3 м. Все растения достигли состояния репродуктивной фазы онтогенеза, и потенциальный ресурс ежегодной заготовки черенков каждого из них в среднем достигает 100 шт./год. При натурном обследовании в травянистом покрове на поверхности архива клонов обнаружена преимущественно злаковая растительность с примесью земляники, зверобоя, душицы и некоторых других травянистых видов, что соответствует типу лесорастительных условий В₂ и коренному типу леса – сосняк брусничной.

Первичную лесоводственную информацию получали полевым стационарным методом. В его реализации соблюдали принцип единственного логического различия, а также требования к типичности, пригодности, надежности и целесообразности опыта. Высоту в ходе натурной таксации измеряли высотомером Suunto PM-5/360 РС с точностью шкалы 0,1 м, диаметр ствола на высоте 1,3 м – мерной вилкой с точностью 1 см, диаметр проекции кроны в двух направлениях и расстояние до первого сучка – мерной рейкой с

точностью 1 см. Выполнен сплошной перебор 154 деревьев.

Кроме морфометрических показателей, фиксируемых при непосредственном учете, использовали производные признаки, применение которых в лесоводственных и биологических исследованиях широкого спектра видов традиционно и весьма продуктивно [13, 42]. Они с успехом используются в различных селекционных программах, в том числе, при изучении ели европейской [3–5, 7]. Статистическая обработка данных, включая корреляционный и регрессионный анализ, выполнена по действующим рекомендациям [9, 39, 40, 45, 49]. Степень изменчивости признаков оценивали по шкале С.А. Мамаева [20], тесноту связи – по шкале Чеддока [17, 26, 27], индекс напряженности роста – согласно представлениям К.К. Высоцкого [13].

Результаты и их обсуждение

Неоднородность морфометрических характеристик обследованных клонов плюсовых деревьев ели европейской обнаружена по всем анализируемым таксационным показателям и другим параметрам надземной части, обозначенным как признаки (табл. 1): признак 1 – диаметр ствола на высоте 1,3 м, см; признак 2 – высота дерева, м; признак 3 – диаметр шейки корня, см; признак 4 – расстояние до первого сучка, м; признак 5 – расстояние до первого живого сучка, м; признак 6 – среднее расстояние между мутовками, см; признак 7 – диаметр проекции кроны в направлении север-юг, м; признак 8 – диаметр проекции кроны в направлении восток-запад, м; признак 9 – площадь поперечного сечения ствола на высоте 1,3 м, см²; признак 10 – сбеги ствола, см/м; признак 11 – отношение высоты ствола к его диаметру, м/см; признак 12 – индекс напряженности роста дерева, м/см²; признак 13 – объем видового цилиндра, м³; признак 14 – средний диаметр проекции кроны, м; признак 15 – коэффициент асимметрии кроны.

Таблица 1

Изменчивость таксационных показателей плюсовых деревьев I

Признаки	$M \pm m$	max	min	Δlim	СКО	$Cv, \%$
Признак 1	17,92 ± 0,568	38,00	5,00	33,00	7,05	39,35

Признаки	$M \pm m$	max	min	Δlim	СКО	$Cv, \%$
Признак 2	14,71 ± 0,337	23,00	3,50	19,50	4,18	28,41
Признак 3	22,10 ± 0,670	44,00	6,00	38,00	8,32	37,62
Признак 4	22,20 ± 1,356	137,00	3,00	134,00	16,83	75,81
Признак 5	2,45 ± 0,142	10,00	0,08	9,92	1,77	72,07
Признак 6	37,57 ± 1,393	191,00	10,50	180,50	17,29	46,01
Признак 7	4,34 ± 0,098	7,00	1,70	5,30	1,22	28,00
Признак 8	4,31 ± 0,095	6,70	1,70	5,00	1,17	27,22
Признак 9	290,87 ± 17,397	1134,11	19,63	1114,48	215,89	74,22
Признак 10	0,12 ± 0,002	0,24	0,06	0,18	0,03	23,91
Признак 11	8,74 ± 0,177	17,00	4,21	12,79	2,19	25,07
Признак 12	0,08 ± 0,004	0,28	0,01	0,27	0,05	65,31
Признак 13	0,49 ± 0,036	2,00	0,01	1,99	0,44	89,71
Признак 14	4,32 ± 0,087	6,60	1,75	4,85	1,08	25,9
Признак 15	1,03 ± 0,018	1,84	0,57	1,27	0,23	22,1

Примечание. Статистики в обобщенном массиве данных: M – среднее арифметическое; $\pm m$ – ошибка репрезентативности выборочного среднего; max – абсолютный максимум значений; min – абсолютный минимум значений; Δlim – диапазон абсолютных значений; СКО – среднеквадратическое отклонение; Cv – коэффициент вариации, %.

Наиболее часто используемым в таксационных процедурах показателем, на который в лесной селекции ориентирован массовый отбор плюсовых деревьев, является диаметр ствола на высоте 1,3 м (признак 1). Он обладал отчетливо выраженной неоднородностью оценок вошедших в состав архива клонов ортетов. Его наибольшее среднее значение (24,20 ± 1,597 см), отмеченное у клонов плюсового дерева № 58, превысило наименьшую соответствующую оценку (12,50 ± 2,217 см) плюсового дерева № 57 в 1,9 раза или на 11,7 см. Коэффициенты вариации данного параметра надземной части деревьев ($Cv = 17,89–60,47 \%$) указывают на неустойчивый характер индивидуальной изменчивости вегетативного потомства отдельного плюсового дерева, соответствующей по своим значениям уровням шкалы Мамаева от среднего до очень высокого. При этом его обобщенная по всему массиву данных величина ($Cv = 39,35 \%$) относится к высокому уровню указанной шкалы качественной оценки варьирования признаков. Среднее в масштабах всего массива данных значение составило 17,92 ± 0,568 см при соотношении между его лимита-

ми ($max = 38$ см, $min = 5$ см) как 7,60 и абсолютном диапазоне 33 см.

Вторым, не менее значимым, таксационным показателем, используемым как основной критерий при массовом отборе плюсовых деревьев, признана высота ствола (признак 2), которая на обследованном объекте также была подвержена фенотипической изменчивости, хотя и несколько менее заметно (см. табл. 1). При этом в тестируемой совокупности клонов плюсовых деревьев она проявлялась как на уровне межгрупповой дисперсии, которая в данном случае представляла собой несходство вегетативных потомств плюсовых деревьев (ортетов), составивших ассортимент рассматриваемого архива, так и в форме индивидуальных различий между раметами, создававших общий вариационный фон. Расхождения в проявлениях указанного признака клоновых групп были вполне отчетливыми: наибольшее среднее значение 19,83 ± 1,138 м (клон № 102) превосходило наименьшую величину 10,50 ± 1,848 м (клон № 100) и 11,16 ± 1,539 м (клон № 122) в 1,88 раза или на 9,33 м и в 1,78 раза или на 8,67 соответственно. На фоне обобщенного

для всех клонов среднего значения ($14,71 \pm 0,337$ м) отношение абсолютных лимитов ($max. = 23,0$ м, $min. = 3,5$ м) достигло 6,57 при их диапазоне 19,50 м. В оценках по коэффициенту вариации ($Cv = 11,02-46,58$ %) изменчивость рамет в пределах отдельного ортета нестабильна и занимает позиции от низкого до высокого уровня по шкале Мамаева, при том, что её обобщенная величина ($Cv = 28,41$ %) соответствует повышенному уровню той же шкалы.

Изменчивость еще одной из ключевых характеристик успешности развития дерева – диаметра ствола у шейки корня (признак 3) – имела сопоставимые с предыдущим признаком оценки. Его наибольшее среднее значение ($31,83 \pm 3,351$ см), отмеченное у рамет плюсового дерева № 99, превосходило наименьший аналогичный показатель ($15,00 \pm 2,380$ см), зафиксированный у клонов плюсового дерева № 57, в 2,12 раза или на 16,83 см. С учетом величин коэффициентов вариации ($Cv = 16,03-48,28$ %) индивидуальная изменчивость рамет в пределах отдельного ортета также может быть признана не выровненной и соответствующей уровням шкалы Мамаева от среднего до очень высокого, притом что её обобщенная величина ($Cv = 37,62$ %) несколько больше и соответствует высокому уровню той же шкалы. Среднее значение этого параметра при обобщении по полной совокупности учетных деревьев достигло $22,10 \pm 0,670$ см при соотношении между его абсолютными пределами ($max. = 44$ см, $min. = 6$ см) как 7,33 и абсолютном диапазоне, равном 38 см.

Варьирование площади поперечного сечения ствола на высоте 1,3 м, (признак 9), которая традиционно рассматривается в качестве весьма значимого в таксации про-

изводного признака, определяющего объем стволовой части дерева, выражено в большей мере в сравнении с изменчивостью линейных параметров. Его наибольшее среднее значение ($477,99 \pm 65,240$ см²), обнаруженное, как и по диаметру ствола на высоте 1,3 м, у плюсового дерева № 58, превысило соответствующую наименьшую величину ($134,30 \pm 45,641$ см²), зафиксированную в группе прививок плюсового дерева № 57, в 3,56 раза или на $343,69$ см². Установленная величина коэффициентов вариации указанного таксационного параметра учетных деревьев ($Cv = 20,25-96,88$ %) позволила рассматривать индивидуальную изменчивость вегетативного потомства отдельного плюсового дерева как лабильный показатель, относящийся согласно представленным величинам к среднему, повышенному, высокому и очень высокому уровням шкалы Мамаева. При этом его обобщенная в пределах всего массива данных величина ($Cv = 30,45$ %), как и по ряду предыдущих характеристик, относится к повышенному уровню принятой в работе шкалы качественной оценки варьирования признаков. На сложившемся фоне изменчивости обобщенное для всего архива клонов № 3 среднее составило $290,87 \pm 17,397$ см², а соотношение между её лимитами ($max. = 1134,11$ см², $min. = 19,63$ см²) – 56,7, при абсолютном диапазоне, равном $1114,48$ см². В статистическом плане полученные оценки вполне надежны.

Направленность и силу проявления взаимосвязи между исследуемыми показателями надземной части плюсовых деревьев ели европейской, представленных своими клонами в составе архива клонов, позволил выявить парный корреляционный анализ (табл. 2).

Таблица 2
Коэффициенты корреляции параметров надземной части плюсовых деревьев сосны в архиве клонов № 3

Показатель	Признаки														
	Признак 1	Признак 2	Признак 3	Признак 4	Признак 5	Признак 6	Признак 7	Признак 8	Признак 9	Признак 10	Признак 11	Признак 12	Признак 13	Признак 14	Признак 15
Признак 1 – диаметр ствола на высоте 1,3 м															
<i>r</i>	1,000	0,795	0,933	-0,026	0,111	0,134	0,469	0,302	0,977	0,651	-0,619	-0,846	0,950	0,426	0,209
$\pm mr$	0,000	0,049	0,029	0,081	0,081	0,080	0,072	0,077	0,017	0,062	0,064	0,043	0,025	0,073	0,079
Признак 2 – высота дерева															
<i>r</i>	0,795	1,000	0,775	0,061	0,287	0,105	0,600	0,426	0,723	0,081	-0,083	-0,615	0,771	0,567	0,254
$\pm mr$	0,049	0,000	0,051	0,081	0,078	0,081	0,065	0,073	0,056	0,081	0,081	0,064	0,052	0,067	0,078
Признак 3 – диаметр ствола у шейки корня															
<i>r</i>	0,933	0,775	1,000	-0,039	0,203	0,165	0,451	0,286	0,906	0,564	-0,547	-0,791	0,887	0,407	0,213
$\pm mr$	0,029	0,051	0,000	0,081	0,079	0,080	0,072	0,078	0,034	0,067	0,068	0,050	0,037	0,074	0,079
Признак 4 – расстояние до первого сучка															
<i>r</i>	-0,026	0,061	-0,039	1,000	0,088	0,034	0,023	0,083	-0,033	-0,098	0,107	0,047	-0,017	0,058	0,079
$\pm mr$	0,081	0,081	0,081	0,000	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081
Признак 5 – расстояние до первого живого сучка															
<i>r</i>	0,111	0,287	0,203	0,088	1,000	-0,023	0,145	0,166	0,092	-0,126	0,203	-0,024	0,118	0,171	0,021
$\pm mr$	0,081	0,078	0,079	0,081	0,000	0,081	0,080	0,080	0,081	0,080	0,079	0,081	0,081	0,080	0,081
Признак 6 – среднее расстояние между мутовками															
<i>r</i>	0,134	0,105	0,165	0,034	-0,023	1,000	0,083	0,079	0,133	0,092	-0,115	-0,125	0,148	0,090	0,001
$\pm mr$	0,080	0,081	0,080	0,081	0,081	0,000	0,081	0,081	0,080	0,081	0,081	0,080	0,080	0,081	0,081
Признак 7 – диаметр кроны в направлении север-юг															
<i>r</i>	0,469	0,600	0,451	0,023	0,145	0,083	1,000	0,651	0,428	0,018	0,001	-0,326	0,453	0,912	0,468
$\pm mr$	0,072	0,065	0,072	0,081	0,080	0,081	0,000	0,062	0,073	0,081	0,081	0,077	0,072	0,033	0,072

Показатель	Признаки														
	Признак 1	Признак 2	Признак 3	Признак 4	Признак 5	Признак 6	Признак 7	Признак 8	Признак 9	Признак 10	Признак 11	Признак 12	Признак 13	Признак 14	Признак 15
r	0,302	0,426	0,286	0,083	0,166	0,079	0,651	1,000	0,255	0,022	0,046	0,210	0,265	0,905	0,344
	0,077	0,073	0,078	0,081	0,080	0,081	0,062	0,000	0,078	0,081	0,081	0,079	0,078	0,034	0,076
$\pm mr$	0,977	0,723	0,906	0,033	0,092	0,133	0,428	0,255	1,000	0,680	0,616	0,751	0,980	0,377	0,211
	0,017	0,056	0,034	0,081	0,081	0,080	0,073	0,078	0,000	0,059	0,064	0,054	0,016	0,075	0,079
r	0,651	0,081	0,564	0,098	0,126	0,092	0,018	0,022	0,680	1,000	0,932	0,684	0,567	0,002	0,002
	0,062	0,081	0,067	0,081	0,080	0,081	0,081	0,081	0,059	0,000	0,029	0,059	0,067	0,081	0,081
$\pm mr$	0,619	0,083	0,547	0,107	0,203	0,115	0,001	0,046	0,616	0,932	1,000	0,757	0,528	0,026	0,014
	0,064	0,081	0,068	0,081	0,079	0,081	0,081	0,081	0,064	0,029	0,000	0,053	0,069	0,081	0,081
r	0,846	0,615	0,791	0,047	0,024	0,125	0,326	0,210	0,751	0,684	0,757	1,000	0,689	0,296	0,136
	0,043	0,064	0,050	0,081	0,081	0,080	0,077	0,079	0,054	0,059	0,053	0,000	0,059	0,077	0,080
$\pm mr$	0,950	0,771	0,887	0,017	0,118	0,148	0,453	0,265	0,980	0,567	0,528	0,689	1,000	0,396	0,235
	0,025	0,052	0,037	0,081	0,081	0,080	0,072	0,078	0,016	0,067	0,069	0,059	0,000	0,074	0,079
r	0,426	0,567	0,407	0,058	0,171	0,090	0,912	0,905	0,377	0,002	0,026	0,296	0,396	1,000	0,076
	0,073	0,067	0,074	0,081	0,080	0,081	0,033	0,034	0,075	0,081	0,081	0,077	0,074	0,000	0,081
$\pm mr$	0,209	0,254	0,213	0,079	0,021	0,001	0,468	0,344	0,211	0,002	0,014	0,136	0,235	0,076	1,000
	0,079	0,078	0,079	0,081	0,081	0,081	0,072	0,076	0,079	0,081	0,081	0,080	0,079	0,081	0,000

Примечание. Показатели: r – парный коэффициент корреляции Пирсона; $\pm mr$ – ошибка коэффициента корреляции; $t_{0,05} = 1,976$ – предельное значение критерия достоверности на 5-процентном уровне значимости; $t_{0,01} = 2,609$ – предельное значение критерия достоверности на 1-процентном уровне значимости.

Согласно приведенным данным, коэффициенты корреляций при попарном сопоставлении эмпирических значений признаков стволовой части дерева демонстрировали значения в достаточно широком диапазоне. Положительная по знаку, достоверная и очень высокая в оценках по шкале Чеддока связь диаметра ствола на высоте 1,3 м (признак 1) установлена с диаметром корневой шейки (признак 3): $r \pm mr = 0,933 \pm 0,029$; площадью поперечного сечения ствола на высоте 1,3 м (признак 9): $r \pm mr = 0,977 \pm 0,017$; объемом видового цилиндра (признак 13): $r \pm mr = 0,950 \pm 0,025$. Корреляция с высотой (признак 2) имела ту же направленность, была также достоверной, но чуть менее выраженной – сильной по принятой в анализе шкале: $r \pm mr = 0,795 \pm 0,049$. Аналогичной по силе и обратной по направленности оказалась взаимосвязимость с индексом напряженности роста дерева (признак 12): $r \pm mr = -0,846 \pm 0,043$. Статистически достоверная, средняя по силе проявления связь отмечена со сбегом ствола (признак 10) и отношением высоты дерева к площади поперечного сечения ствола на высоте 1,3 м (признак 11): $r \pm mr = 0,651 \pm 0,062$ и $r \pm mr = -0,619 \pm 0,064$. Она определялась как положительная в первом и отрицательная во втором случае соответственно.

Парные коэффициенты корреляций Пирсона при последовательном сравнении рядов значений наиболее информативных морфометрических признаков получили оценки в достаточно широком диапазоне (варианты обратной корреляции не рассматривались). Связь высоты ствола (признак 2), оцениваемая как высокая по шкале Чеддока и положительная по знаку, зафиксирована с диаметром корневой шейки (признак 3): $r \pm mr = 0,775 \pm 0,051$ при $tr = 15,20$, с площадью поперечного сечения на высоте 1,3 м (признак 9): $r \pm mr = 0,723 \pm 0,056$ при $tr = 12,91$ и с объемом видового цилиндра (признак 13): $r \pm mr = 0,771 \pm 0,052$ при $tr = 14,83$. С частью других параметров ствола его высота (признак 2) взаимодействует в меньшей степени, образуя достоверную и заметную по силе проявления корреляцию. При этом по диаметру проекции кроны в направлении север-юг (признак 7): $r \pm mr = 0,600 \pm 0,056$ ($tr = 10,71$) и

её среднему диаметру (признак 14): $r \pm mr = 0,567 \pm 0,067$ ($tr = 8,46$) направленность связи положительная, а по индексу напряженности роста дерева (признак 12): $r \pm mr = -0,615 \pm 0,064$ ($tr = 9,61$) – отрицательная. Показатели очищаемости ствола от сучьев (признаки 4 и 5) демонстрировали слабую тесноту связи с остальными признаками, преимущественно недостоверную и разнонаправленную.

Характеризующий сбалансированность и темпы развития надземной части индекс напряженности роста дерева (признак 12) в подавляющем большинстве случаев проявлял отрицательное значение коэффициентов корреляции. Их величина в связях с диаметром шейки корня (признак 3) и площадью поперечного сечения ствола на высоте 1,3 м (признак 9) оценивалась как сильная отрицательная: $r \pm mr = -0,791 \pm 0,050$ ($tr = 15,82$) и $r \pm mr = -0,751 \pm 0,054$ ($tr = 13,91$) соответственно. В то же время корреляция с отношением высоты ствола к его диаметру (признак 11) при её такой же силе являлась положительной: $r \pm mr = 0,757 \pm 0,053$ ($tr = 14,28$). Достоверная отрицательная при заметном уровне тесноты связь индекса напряженности роста наблюдалась в отношении сбega ствола (признак 10) и объема видового цилиндра (признак 13): $r \pm mr = -0,684 \pm 0,059$ ($tr = 11,59$) и $r \pm mr = -0,689 \pm 0,059$ ($tr = 11,68$) соответственно. В остальных случаях оценки ошутимо меньше и, как правило, отрицательны и недостоверны.

Отчетливо заметной индифферентностью во взаимодействии с другими признаками обладал коэффициент асимметрии кроны (признак 15). При этом практически все оценки его корреляций лежали в границах слабой по шкале Чеддока тесноты связи, как положительной, например: $r \pm mr = 0,002 \pm 0,081$ при $tr = 0,02$ (признак 10) и $r \pm mr = 0,076 \pm 0,081$ при $tr = 1,41$ (признак 14), так и отрицательной, например: $r \pm mr = -0,021 \pm 0,081$ при $tr = 0,26$ (признак 5) и $r \pm mr = -0,014 \pm 0,081$ при $tr = 0,17$ (признак 1) направленности при недостоверности их значений в основной массе. Только в двух случаях отмечена умеренная по своей силе связь: положительная – с диаметром кроны в направлении север-юг (признак 7) и отрицательная – с диаметром кро-

ны в направлении восток-запад (признак 8): $r \pm mr = 0,468 \pm 0,072$ при $tr = 6,50$ и $r \pm mr = -0,344 \pm 0,076$ при $tr = 4,53$.

Регрессионный анализ, выполненный для полного перечня задействованных в опыте таксационных показателей и морфометрических характеристик представителей

ассортимента архива клонов № 3, позволил построить уравнения прямой линии, которые вполне удовлетворительно описывают зависимость изменений того или иного признака ели европейской от варьирования других количественных параметров надземной части исследуемых растений (табл. 3).

Таблица 3

Зависимость диаметра и высоты ствола от других таксационных показателей плюсовых деревьев

Признаки	Уравнения	R^2	t -статистика коэффициентов		F_{05}	Значимость
			a	b		
Признак 1 – Диаметр ствола на высоте 1,3 м						
Признак 2	$y = 1,341x - 1,819$	0,6325	16,175	-1,434	261,62	7,357E-35
Признак 3	$y = 0,791x + 0,432$	0,8707	31,993	0,740	1023,57	2,095E-69
Признак 4	$y = -0,010x + 18,158$	0,0261	-0,322	19,213	0,10	7,482E-01
Признак 5	$y = 0,445x + 16,825$	0,0124	1,383	17,331	1,91	1,688E-01
Признак 6	$y = 0,055x + 15,862$	0,0180	1,668	11,707	2,78	9,742E-02
Признак 7	$y = 2,721x + 6,109$	0,2199	6,546	3,263	42,86	8,540E-10
Признак 8	$y = 1,813x + 10,102$	0,0910	3,901	4,868	15,22	1,433E-04
Признак 9	$y = 3,191x + 8,633$	0,9551	56,884	42,532	3235,83	2,324E-104
Признак 10	$y = 158,473x - 1,276$	0,4237	10,572	-0,684	111,77	6,303E-20
Признак 11	$y = -1,990x + 35,315$	0,3829	-9,711	19,122	94,31	1,209E-17
Признак 12	$y = -1,152x + 27,049$	0,7160	-19,576	48,584	383,21	2,159E-43
Признак 13	$y = 1514,44x + 10,453$	0,9017	37,337	38,989	1394,09	1,866E-78
Признак 14	$y = 2,766x + 5,954$	0,1812	5,801	2,801	33,65	3,709E-08
Признак 15	$y = 6,480x + 11,252$	0,0438	2,639	4,351	6,96	9,188E-03
Признак 2 – Высота ствола						
Признак 1	$y = 0,472x + 6,265$	0,6325	16,175	11,165	261,618	7,357E-35
Признак 3	$y = 0,390x + 6,101$	0,6009	15,127	10,034	228,832	4,012E-32
Признак 4	$y = 0,015x + 14,379$	0,0037	0,748	25,698	0,560	4,555E-01
Признак 5	$y = 0,680x + 13,046$	0,0826	3,699	23,515	13,681	3,022E-04
Признак 6	$y = 0,025x + 13,762$	0,0109	1,296	17,070	1,681	1,968E-01
Признак 7	$y = 2,064x + 5,753$	0,3603	9,252	5,722	85,597	1,920E-16
Признак 8	$y = 1,519x + 8,168$	0,1816	5,808	6,996	33,732	3,577E-08
Признак 9	$y = 1,399x + 10,643$	0,5223	12,892	27,101	166,207	3,655E-26
Признак 10	$y = 11,729x + 13,292$	0,0066	1,005	9,150	1,010	3,164E-01
Признак 11	$y = -0,157x + 16,089$	0,0068	-1,021	11,582	1,042	3,089E-01
Признак 12	$y = -0,496x + 18,647$	0,3778	-9,607	38,162	92,296	2,268E-17

Признаки	Уравнения	R^2	t -статистика коэффициентов		F_{05}	Значимость
			a	b		
Признак 13	$y = 729,518x + 11,118$	0,5951	14,947	34,463	223,417	1,197E-31
Признак 14	$y = 2,183x + 5,275$	0,3209	8,476	4,595	71,835	1,892E-14
Признак 15	$y = 4,672x + 9,908$	0,0648	3,244	6,534	10,526	1,448E-03

Связь диаметра ствола на высоте 1,3 м (признак 1) с высотой (признак 2): $y = 1,341x - 1,819$ ($R^2 = 0,6325$), диаметром ствола у шейки корня (признак 3): $y = 0,791x + 0,432$ ($R^2 = 0,8707$), площадью поперечного сечения на высоте 1,3 м (признак 9): $y = 3,191x + 8,633$ ($R^2 = 0,9551$), а также с объемом видового цилиндра (признак 13): $y = 1514,44x + 10,453$ ($R^2 = 0,9017$) является положительно направленной и может быть признана статистически надежной (см. табл. 3). Столь же надежной при отрицательной направленности является связь с индексом напряженности роста дерева (признак 12): $y = -1,152x + 27,049$ ($R^2 = 0,7160$). Коэффициенты при аргументе (a) и свободных членах (b), как правило, достоверны.

В то же время взаимозависимость указанного таксационного показателя с рядом других (признаки 4–8, 14, 15), сформированных клонами плюсовых деревьев в условиях их архива, не столь очевидна и не рассматривается как значимая.

Регрессия высоты ствола (признак 2) на фоне динамики других показателей сформировала свою картину уравнений прямой линии и статистических оценок достоверности её аппроксимации (см. табл. 3).

Наиболее адекватно отразить рассматриваемые взаимозависимости удалось в отношении диаметра на высоте 1,3 м (признак 1) и диаметра у шейки корня (признак 3), что нашло отражение в соответствующих уравнениях: $y = 0,472x + 6,265$ ($R^2 = 0,6325$) и $y = 0,390x + 6,101$ ($R^2 = 0,6009$). В обоих случаях регрессия положительная и может быть признана достаточно надежной, судя по показателю достоверности её аппроксимации, а также по оценкам t -критерия коэффициентов перед аргументом и свободных членов. Вполне удовлетворительная точность в описании уравнениями прямой линии достигнута по связям высоты

(признак 2) с площадью поперечного сечения ствола на уровне 1,3 м (признак 9) и объемом видового цилиндра (признак 13): $y = 1,399x + 10,643$ ($R^2 = 0,5223$) и $y = 729,518x + 11,118$ ($R^2 = 0,5951$). Величины t -критерия коэффициентов перед аргументом и свободных членов также подтвердили статистическую надежность построенных математических моделей. По остальным характеристикам, включенным в схему опыта (признаки 4–8, 10–12, 14–15), результаты оказались менее убедительными (см. табл. 3). В целом, результаты регрессионного анализа совпали с итогами вычисления корреляций важнейших характеристик надземной части исследованного состава клонов плюсовых деревьев в их архиве на территории Семеновского лесничества Нижегородской области (см. табл. 2). Также можно констатировать принципиальное соответствие полученных данных сведениям о взаимосвязи между таксационными показателями деревьев ели европейской, опубликованным ранее другими исследователями. При том, что массовый отбор плюсовых деревьев в естественных насаждениях проведен по одинаковым критериям (единый селекционный дифференциал по высоте и диаметру ствола), характеристики их вегетативного потомства в составе архива клонов были подвержены индивидуальной изменчивости. Указанные фенотипические различия проявились на общем для всех учетных растений экологическом фоне, что позволяет рассматривать в качестве основной причины их возникновения специфику генотипов, участвующих в сравнительных испытаниях плюсовых деревьев.

В то же время, зафиксированная изменчивость фенотипических проявлений многочисленных параметров надземной части тестируемых растений указывает на их чувствительность к влиянию внешних факторов. Последнее обстоятельство дает основания

предполагать и повышенную отзывчивость на изменения условий произрастания, что весьма важно при создании лесных культур и в плантационном лесовыращивании, ориентированном на активное применение удобрений и других средств интенсификации производства.

Выводы

1. Плюсовые деревья ели европейской в составе архива клонов на территории Семёновского районного лесничества Нижегородской области, представленные вегетативными потомствами, вступившими в репродуктивную фазу онтогенеза, заметно различались между собой по основным таксационным показателям: высоте ствола, диаметру на высоте 1,3 м и у шейки корня, сбегу, а также по отношению высоты ствола к площади его поперечного сечения, которое является показателем напряженности роста деревьев. Изменчивость разных признаков неодинакова и по некоторым из них достигает высокого и очень высокого уровня по шкале Мамаева.

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

может служить основанием для признания наследственного характера установленной изменчивости. Данное обстоятельство указывает на эффективность проведенной селекции и корректность формирования состава рассматриваемого архива клонов.

3. Полученные оценки корреляций и регрессии анализируемых показателей, соответствующие базовым тенденциям в формировании связей между ними, в целом, указывают на сбалансированный характер развития надземной части деревьев при их выращивании в условиях архива клонов на территории Семёновского лесничества Нижегородской области. При этом наиболее тесная связь установлена между линейными параметрами ствола.

4. Изменчивость параметров надземной части вошедших в схему опыта растений указывает на их чувствительность к влиянию факторов внешней среды, что дает основания предполагать и повышенную отзывчивость на изменения условий произрастания. Последнее обстоятельство весьма важно учитывать при создании защитных насаждений, лесных культур и в плантационном лесовыращивании, ориентированном на реализацию интенсивных технологий, включая активное применение искусственного орошения, удобрений и других средств повышения эффективности производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Аверкиев, Д.С. История развития растительного покрова Горьковской области и ее ботанико-географическое деление / Д.С. Аверкиев // Ученые записки Горьковского университета. – Вып. XXXV. – Горький, 1954. – С. 119–136.
- Алехин, В.В. Объяснительная записка к геоботаническим картам (современной и восстановленной) бывшей Нижегородской губернии (в масштабе 1:500.000) / В.В. Алехин. – Ленинград – Горький: Горьковский государственный университет – 1 картографическая фабрика ВКТ (типография 1 картографической фабрики ВКТ), 1935. – 67 с.
- Бессчетнов, В.П. Популяционная структура географических культур ели европейской в оценках пигментного состава хвои / В.П. Бессчетнов, Н.Н. Бессчетнова, А.Ю. Щербаков // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2021. – Вып. 237. – С. 113–134. – DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.113-134.
- Бессчетнова, Н.Н. Генотипическая обусловленность пигментного состава хвои плюсовых деревьев ели европейской / Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов, П.В. Ершов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2019. – № 1. – С. 63–76. – DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.63.
- Бессчетнова, Н.Н. Корреляция показателей пигментного состава хвои ели европейской в географических культурах / Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов, А.Н. Орнатский, А.Ю. Щербаков // Хвойные бореальной зоны. – 2022. – Т. XXXX, № 1. – С. 9–17.
- Бессчетнова, Н.Н. Стимулирующий эффект препарата ЭкоФус в предпосевной обработке семян ели европейской (*Picea abies* (L.) Н. Karst.) / Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов, О.Ю. Храмова, Л.А. Дорожкина // Агробиохимический вестник. – 2017. – № 2. – С. 41–44.
- Бессчетнова, Н.Н. Пигментный состав хвои ели европейской (*Picea abies*) в географических культурах / Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов, А.Ю. Щербаков // Хвойные бореальной зоны. – 2021. – Т. XXXIX, № 3. – С. 161–166.
- Бондаренко, А.С. Взаимосвязь сохранности растений с уровнем генетического разнообразия по основным количественным признакам в насаждениях сосны обыкновенной и ели европейской / А.С. Бондаренко // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2019. – № 3. – С. 38–50. – DOI 10.21178/2079-6080.2019.3.38.
- Бондаренко, А.С. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований: Учебное пособие / А.С. Бондаренко, А.В. Жигунов. – Санкт Петербург: Издательство Политехнического университета, 2016. – 125 с.
- Бондаренко, А.С. Влияние селекционных мероприятий на фенотипическое и генетическое разнообразие семенного потомства плюсовых деревьев ели европейской и сосны обыкновенной / А.С. Бондаренко, А.В. Жигунов, Э.А. Левков // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2016. – Вып. 216. – С. 6–17. – DOI: 10.21266/2079-4304.2016.216.6-17.
- Бондаренко, А.С. Сравнение скорости роста семенного и автовегетативного потомства ели европейской / А.С. Бондаренко, А.В. Жигунов, Я.Е. Можерин // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – Вып. 239. – С. 37–54. – DOI: 10.21266/2079-4304.2022.239.37-54.
- Волков, В.А. Анализ полиморфизма микросателлитных локусов в популяциях *Picea abies* (L.) Н. Karst. и *Picea obovata* Ledeb. / В.А. Волков, Г.В. Калько // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2021. – Вып. 237. – С. 97–108. – DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.97-108.
- Высоцкий, К.К. Закономерности строения смешанных древостоев / К.К. Высоцкий. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 178 с.
- Гричар, Дж. Влияние засухи на сезонную динамику образования флоэмы и ксилемы у пихты белой и ели обыкновенной / Дж. Гричар, К. Чуфар // Физиология растений. – 2008. – Т. 55, № 4. – С. 597–603.
- Егоров, А.Б. Выращивание культур ели с применением современных гербицидов, не требующее проведения агротехнических уходов / А.Б. Егоров, А.М. Постников, А.А. Бубнов, Л.Н. Павлюченкова, А.Н. Партолина // Известия вузов. Лесной журнал. – 2021. – № 3. – С. 9–23. – DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-9-23.
- Жигунов, А.В. Лесные культуры сосны и ели из посадочного материала, выращенного комбинированным методом / А.В. Жигунов, С.В. Шевчук // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2006. – № 6. – С. 14–20.
- Котеров, А.Н. Сила связи. Сообщение 2. Градации величины корреляции / А.Н. Котеров, Л.Н. Ушенкова, Э.С. Зубенкова, М.В. Калинина, А.П. Бирюков, Е.М. Ласточкина, Д.В. Молодцова, А.А. Вайнсон // Медицинская радиология и радиационная безопасность: Радиационная биология. – 2019. – Т. 64, № 6. – С. 12–24. – DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-6-12-24.
- Куприянов, Н.В. Леса и лесное хозяйство Нижегородской области / Н.В. Куприянов, С.С. Веретеников, В.В. Шишов. – Нижний Новгород: Волго-Вятское книжное издательство, 1995. – 349 с.
- Лебедев, В.М. Корневое питание, фотосинтез и чистая первичная продукция у древостоев рода *Picea* на уровне организма в пределах российского ареала / В.М. Лебедев, Е.В. Лебедев, В.Н. Сорокопудов, М.В. Ларионов // Известия вузов. Лесной журнал. – 2023. № 1. – С. 38–50. – DOI: 10.37482/0536-1036-2023-1-38-50.
- Мамаев, С.А. О проблемах и методах внутривидовой систематики древесных растений. II. Амплитуда изменчивости / С.А. Мамаев // Закономерности формообразования и дифференциации вида у древесных растений / Труды Института экологии растений и животных. – Свердловск, 1969. – С. 3–38.
- Наквасина, Е.Н. Оценка отклика на изменение климата в опытах с происхождениями *Picea abies* (L.) Karst. × *P. obovata* (Ledeb.) на севере Русской равнины / Е.Н. Наквасина, Н.А. Прожерина // Известия вузов. Лесной журнал. – 2023. – № 1. – С. 22–37. – DOI: 10.37482/0536-1036-2023-1-22-37.
- Полюяхтов, К.К. Лесорастительное районирование Горьковской области / К.К. Полюяхтов // Биологические основы повышения продуктивности и охраны лесных, луговых и водных фитоценозов Горьковского Поволжья. – Горький: ГГУ, 1974. – С. 4–20.

23. Смирнов, А.И., Использование низкочастотного электромагнитного поля и гидрогеля для увеличения приживаемости и роста сеянцев ели европейской (*Picea abies* L.) / А.И. Смирнов, Ф.С. Орлов, П.А. Аксенов, В.Ф. Никитин // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2021. – Т. 25, № 1. – С. 45–52. – DOI: 10.18698/2542-1468-2021-1-45-52.
24. Тюкавина, О.Н. Практика повышения посевных качеств семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели европейской (*Picea abies* L.) / О.Н. Тюкавина, Н.А. Демина // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2022. – Т. 26, № 6. – С. 75–91. – DOI: 10.18698/2542-1468-2022-6-75-91.
25. Alexandrov, A. Structure of the populations and growth of the progeny of representative populations of *Picea abies* (L.) Karsten in the Rila Mountain / A. Alexandrov // Forest Science. 2006. – Vol. 55, Is. 60. – P. 190–191.
26. Bruce, D. Correlation alignment charts in forest research. A method of solving problems in curvilinear multiple correlation / D. Bruce, L.H. Reineke // USA Department of Agriculture, Washington. Technical Bulletin. – № 210. February, 1931. – 88 p. – URL: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT86200204/PDF>.
27. Chaddock, R.E. Principles and methods of statistics / R.E. Chaddock. – Boston, New York: Houghton Mifflin Company, 1925. – 471 p. – URL: https://openlibrary.org/works/OL7141582W/Principles_and_methods_of_statistics.
28. Chui, Y.H. Grade yields and wood properties of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) from the Maritimes / Y.H. Chui // The Forestry Chronicle. – 1995. – Vol. 71, no. 4. – P. 473–478. – DOI: 10.5558/tfc71473-4.
29. Collignon, A.M. Contribution to the Postglacial History at the Western Margin of *Picea abies* Natural Area Using RAPD Markers / A.M. Collignon, J.M. Favre // Annals of Botany. – 2000. – Vol. 85, is. 6. – P. 713–722. – DOI:10.1006/anbo.2000.1119.
30. Egbäck, S. Modeling early height growth in trials of genetically improved Norway spruce and Scots pine in southern Sweden / S. Egbäck, U. Nilsson, K. Nyström, K.-A. Högborg, N. Fahlvik // Silva Fennica. – 2017. – Vol. 51, no. 3, article id. 5662. – P. 1–19. – DOI: 10.14214/sf.5662.
31. Eerikäinen, K. Ingrowth, survival and height growth of small trees in uneven-aged *Picea abies* stands in southern Finland / K. Eerikäinen, S. Valkonen, T. Saksala // Forest Ecosystems. – 2014. – Vol. 1, is. 5. – P. 1–10. – DOI: 10.1186/2197-5620-1-5.
32. Gutkowska, J. Genetic variability and health of Norway spruce stands in the Regional Directorate of the State Forests in Krosno / J. Gutkowska, M. Borys, A. Tereba, M. Tkaczyk, T. Oszak, J.A. Nowakowska // Forest Research Papers. – 2017. – Vol. 78, is. 1. – P. 56–66. – DOI: 10.1515/frp-2017-0006.
33. Hérald, B. Assessing the potential of natural woody species regeneration for the conversion of Norway spruce plantations on alluvial soils / B. Hérald, D. Thoen, O. Honnay // Annals of Forest Science. – 2004. – Vol. 61, no. 7. – P. 711–719. – DOI: 10.1051/forest:2004057.
34. Hodgetts, R.B. Development of microsatellite markers for white spruce (*Picea glauca*) and related species / R.B. Hodgetts, M.A. Aleksiak, A. Brown, C. Clarke, E. Macdonald, S. Nadeem, D.P. Khasa // Theoretical and Applied Genetics. – 2001. – Vol. 102, is. 8. – P. 1252–1258. – DOI: 10.1007/s00122-001-0546-0.
35. Hudec, L. Norway spruce embryogenesis: changes in carbohydrate profile, structural development and response to polyethylene glycol / L. Hudec, H. Konrádová, A. Hašková, H. Lipavská // Tree Physiology. – 2016. – Vol. 36, is. 5. – P. 548–561. – DOI: 10.1093/treephys/tpw016.
36. Kayama, M. Needle life span, photosynthetic rate and nutrient concentration of *Picea glehnii*, *P. jezoensis* and *P. abies* planted on serpentine soil in northern Japan / M. Kayama, K. Sasa, T. Koike // Tree Physiology. – 2002. – Vol. 22, no. 10. – P. 707–716. – DOI:10.1093/treephys/22.10.707.
37. Koutaniemi, S. Norway spruce (*Picea abies*) laccases: Characterization of a laccase in a lignin-forming tissue culture / S. Koutaniemi // Journal of Integrative Plant Biology. – 2015. – Vol. 57, is. 4. – P. 341–348. – DOI: 10.1111/jipb.12333.
38. Lähde, E. Silvicultural alternatives in an uneven-sized forest dominated by *Picea abies* / E. Lähde, S. Koutaniemi, H.A. Malmberg, L.K. Simola, T.H. Teeri, A. Kärkönen // Journal of Forest Research. – 2010. – Vol. 15, is. 1. – P. 14–20. – DOI: 10.1007/s10310-009-0154-4.
39. Mason, R.L. Statistical Design and Analysis of Experiments: With Applications to Engineering and Science. 2nd Edition. / R.L. Mason, R.F. Gunst, J.L. Hess. – Hoboken, New Jersey (Printed in the USA): Wiley-Interscience, Wiley Series in Probability and Statistics, 2003. – 752 p.
40. Mead, R. Statistical Methods in Agriculture and Experimental Biology, 3rd ed. / R. Mead, R.N. Curnow, A.M. Hasted. – New York: Chapman and Hall/CRC, 2003. – 488 p.
41. Miletić, B. The Potential Impact of Climate Change on the Distribution of Norway Spruce (*Picea abies* Karst.) in Bosnia and Herzegovina / B. Miletić, B. Drašković, T. Dorem, S. Bojić, B. Matović, D.B. Stojanović //

- Lesnoy Zhurnal [Russian Forestry Journal]. – 2022. – № 2. – P. 73–83. – DOI: 10.37482/0536-1036-2022-2-73-83.
42. Noll, F. A novel method for manually falling trees / F. Noll, C.K. Lyons // The Forestry Chronicle. – 2010. – Vol. 86, no. 5. – P. 608–613. – DOI: 10.5558/tfc86608-5.
43. Radu, R. Genetic diversity of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Romanian Carpathians / R. Radu, A.L. Curtu, Gh. Spârchez, N. Șofletea // Annals of Forest Research. – 2014. – Vol. 57, is. 1. – P. 19–29. – DOI: 10.15287/afr.2014.178.
44. Scotti, I. Trinucleotide microsatellites in Norway spruce (*Picea abies*): their features and the development of molecular markers / I. Scotti, F. Magni, G. Paglia, M. Morgante // Theoretical and Applied Genetics. – 2002. – Vol. 106, is. 1. – P. 40–50. – DOI: 10.1007/s00122-002-0986-1.
45. Srinagesh, K. The Principles of Experimental Research / K. Srinagesh. – Waltham, Massachusetts (United States): Butterworth-Heinemann, 2005. – 432 p.
46. Steffenrema, A. Variation in wood properties among five full-sib families of Norway spruce (*Picea abies*) / A. Steffenrema, P. Saranpää, S.-O. Lundqvist, T. Skroppaa // Annals of Forest Science. – 2007. – Vol. 64, no. 8. – P. 799–806. – DOI: 10.1051/forest:2007062.
47. Stojnić, S. Assessment of genetic diversity and population genetic structure of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) at its southern lineage in Europe. Implications for conservation of forest genetic resources / S. Stojnić, E.V. Avramidou, B. Fussi, M. Westergren, S. Orlović, B. Matović, B. Trudić, H. Kraigher, F.A. Arvanopoulos, M. Konnerth // Forests. – 2019. – Vol. 10, is. 3, article number 258. – P. 1–15. – DOI: 10.3390/f10030258.
48. Suszka, B. How long can seeds of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) be stored? / B. Suszka, P. Chmielarz, R. Walkenhorst // Annals of Forest Science. – 2005. – Vol. 62, no. 1. – P. 73–78. – DOI: 10.1051/forest:2004082.
49. Zar, J.H. Biostatistical Analysis: Fifth Edition / J.H. Zar. – Edinburg Gate: Pearson New International edition – Pearson Education Limited, 2014 – 756 p.

REFERENCES

1. Averkiev D.S. Istoriya razvitiya rastitel'nogo pokrova Gor'kovskoy oblasti i ee botaniko-geograficheskoe delenie. *Uchenye zapiski Gor'kovskogo universiteta*. Gor'kij, 1954, vyp. XXXV, pp. 119–136. (In Russian).
2. Alekhin V.V. Ob'yasnitel'naya zapiska k geobotanicheskim kartam (sovremennoj i vosstanovlennoj) byvshej Nizhegorodskoj gubernii (v masshtabe 1:500.000). Leningrad – Gor'kij, 1935, 67 p. (In Russian).
3. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Shherbakov A.Ju. Populjacionnaja struktura geograficheskikh kul'tur eli evropejskoj v ocenkah pigmentnogo sostava hvoi. *Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskij akademii*, 2021, vyp. 237, pp. 113–134. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.113-134. (In Russian).
4. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Ershov P.V. Genotipicheskaja obuslovlennost' pigmentnogo sostava hvoi pljusovyh derev'ev eli evropejskoj. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*, 2019, no. 1, pp. 63–76. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.63. (In Russian).
5. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Oratskij A.N., Shherbakov A.Ju. Korreljacija pokazatelej pigmentnogo sostava hvoi eli evropejskoj v geograficheskikh kul'turakh. *Hvojnye boreal'noj zony*, 2022, t. XXXX, no. 1, pp. 9–17. (In Russian).
6. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Hramova O.Ju., Dorozhkina L.A. Stimulirujushhij jeffekt preparata JekoFus v predpesevnoj obrabotke semjan eli evropejskoj (*Picea abies* (L.) H. Karst.). *Agrohimicheskij vestnik*, 2017, no. 2, pp. 41–44. (In Russian).
7. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Shherbakov A.Ju. Pigmentnyj sostav hvoi eli evropejskoj (*Picea abies*) v geograficheskikh kul'turakh. *Hvojnye boreal'noj zony*, 2021, t. XXXIX, no. 3, pp. 161–166. (In Russian).
8. Bondarenko A.S. Vzaimosvjaz' sohrannosti rastenij s urovnem geneticheskogo raznoobrazija po osnovnym kolichestvennym priznakam v nasazhdenijah sosny obyknovЕННОj i eli evropejskoj. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozjajstva*, 2019, no. 3, pp. 38–50. DOI 10.21178/2079-6080.2019.3.38. (In Russian).
9. Bondarenko A.S., Zhigunov A.V. Statisticheskaja obrabotka materialov lesovodstvennyh issledovanij. *Uchebnoe posobie*. Saint Petersburg, 2016, 125 p. (In Russian).
10. Bondarenko A.S., Zhigunov A.V., Levkoev Je.A. Vlijanie selekcionnyh meroprijatij na fenotipicheskoe i geneticheskoe raznoobrazje semennogo potomstva pljusovyh derev'ev eli evropejskoj i sosny obyknovЕННОj.

- Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*, 2016, vyp. 216, pp. 6–17. DOI: 10.21266/2079-4304.2016.216.6-17. (In Russian).
11. Bondarenko A.S., Zhigunov A.V., Mozzherin Ja.E. Sravnenie skorosti rosta semennogo i avtovegetativnogo potomstva eli evropejskoj. *Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*, 2022, vyp. 239, pp. 37–54. DOI: 10.21266/2079-4304.2022.239.37-54. (In Russian).
 12. Volkov V.A., Kal'ko G.V. Analiz polimorfizma mikrosatelitnyh lokusov v populacijah *Picea abies* (L.) H. Karst. i *Picea obovata* Ledeb. *Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*, 2021, vyp. 237, pp. 97–108. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.237.97-108. (In Russian).
 13. Vysockij K.K. Zakonomernosti stroenija smeshannyh drevostoev. Moscow, 1962, 178 p. (In Russian).
 14. Grichar Dzh., Chufar K. Vlijanie zasuhi na sezonnuju dinamiku obrazovanija floyemy i ksilemy u pihty beloju eli obyknovvennoj. *Fiziologija rastenij*, 2008, t. 55, no. 4, pp. 597–603. (In Russian).
 15. Egorov A.B., Postnikov A.M., Bubnov A.A., Pavljuchenkova L.N., Partolina A.N. Vyrashhivanie kul'tur eli s primeneniem sovremennyh gerbicidov, ne trebujushhee provedenija agrotehnicheskikh uhodov. *Izvestija vuzov. Lesnoj zhurnal*, 2021, no. 3, pp. 9–23. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-3-9-23. (In Russian).
 16. Zhigunov A.V., Shevchuk S.V. Lesnye kul'tury sosny i eli iz posadochnogo materiala, vyrashhennogo kombinirovannym metodom. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*, 2006, no. 6, pp. 14–20. (In Russian).
 17. Koterov A.N., Ushenkova L.N., Zubenkova Je.S., Kalinina M.V., Birjukov A.P., Lastochkina E.M., Molodcova D.V., Vajson A.A. Sila svyazi. Soobshhenie 2. Gradacii velichiny korrelyacii. *Medicinskaja radiologija i radiacionnaja bezopasnost': Radiacionnaja biologija*, 2019, t. 64, no. 6, pp. 12–24. DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-6-12-24. (In Russian).
 18. Kuprijanov N.V., Veretennikov S.S., Shishov V.V. Lesa i lesnoe hozjajstvo Nizhegorodskoj oblasti. Nizhnij Novgorod, 1995, 349 p. (In Russian).
 19. Lebedev V.M., Lebedev E.V., Sorokopudov V.N., Larionov M.V. Kornevoe pitanie, fotosintez i chistaja pervichnaja produkcija u drevostoev roda *Picea* na urovne organizma v predelah rossijskogo areala. *Izvestija vuzov. Lesnoj zhurnal*, 2023, no. 1, pp. 38–50. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-1-38-50. (In Russian).
 20. Mamaev S.A. O problemah i metodah vnutrividovoj sistematiki drevesnyh rastenij. II. Amplituda izmenchivosti. *Zakonomernosti formoobrazovanija i differenciacii vida u drevesnyh rastenij. Trudy Instituta jekologii rastenij i zhivotnyh. Sverdlovsk*, 1969, pp. 3–38. (In Russian).
 21. Nakvasina E.N., Prozherina N.A. Ocenka otklika na izmenenie klimata v opytah s proishozhdenijami *Picea abies* (L.) Karst. × *P. obovata* (Ledeb.) na severe Russkoj ravniny. *Izvestija vuzov. Lesnoj zhurnal*, 2023, no. 1, pp. 22–37. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-1-22-37. (In Russian).
 22. Polujahtov K.K. Lesorastitel'noe rajonirovanie Gor'kovskoj oblasti. *Biologicheskie osnovy povyshenija produktivnosti i ohrany lesnyh, lugovyh i vodnyh fitocenozov Gor'kovskogo Povolzh'ja. Gor'kij*, 1974, pp. 4–20. (In Russian).
 23. Smirnov A.I., Orlov F.S., Aksenov P.A., Nikitin V.F. Ispol'zovanie nizkochastotnogo jelektromagnitnogo polja i gidrogelja dlja uvelichenija prizhivaemosti i rosta sejancev eli evropejskoj (*Picea abies* L.). *Lesnoj vestnik, Forestry Bulletin*, 2021, t. 25, no. 1, pp. 45–52. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-1-45-52. (In Russian).
 24. Tjukavina O.N., Demina N.A. Praktika povyshenija posevnyh kachestv semjan sosny obyknovvennoj (*Pinus sylvestris* L.) i eli evropejskoj (*Picea abies* L.). *Lesnoj vestnik, Forestry Bulletin*, 2022, t. 26, no. 6, pp. 75–91. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-6-75-91. (In Russian).
 25. Alexandrov A. Structure of the populations and growth of the progeny of representative populations of *Picea abies* (L.) Karsten in the Rila Mountain. *Forest Science*, 2006, vol. 55, is. 60, pp. 190–191.
 26. Bruce D., Reineke L.H. Correlation alinement charts in forest research. A method of solving problems in curvilinear multiple correlation. *USA Department of Agriculture, Washington. Technical Bulletin*, no. 210, February 1931, 88 p. URL: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT86200204/PDF>.
 27. Chaddock R.E. Principles and methods of statistics. Boston, New York, Houghton Mifflin Company, 1925, 471 p. URL: https://openlibrary.org/works/OL7141582W/Principles_and_methods_of_statistics.
 28. Chui Y.H. Grade yields and wood properties of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) from the Maritimes. *The Forestry Chronicle*, 1995, vol. 71, no. 4, pp. 473–478. DOI: 10.5558/tfc71473-4.
 29. Collignon A.M., Favre J.M. Contribution to the Postglacial History at the Western Margin of *Picea abies* ' Natural Area Using RAPD Markers. *Annals of Botany*, 2000, vol. 85, is. 6, pp. 713–722. DOI: 10.1006/ambo.2000.1119.
 30. Egbäck S., Nilsson U., Nyström K., Högborg K.-A., Fahlvik N. Modeling early height growth in trials of genetically improved Norway spruce and Scots pine in southern Sweden. *Silva Fennica*, 2017, vol. 51, no. 3, article id. 5662, pp. 1–19. DOI: 10.14214/sf.5662.
 31. Eerikäinen K., Valkonen S., Saksa T. Ingrowth, survival and height growth of small trees in uneven-aged *Picea abies* stands in southern Finland. *Forest Ecosystems*, 2014, vol. 1, is. 5, pp. 1–10. DOI: 10.1186/2197-5620-1-5.
 32. Gutkowska J., Borys M., Tereba A., Tkaczyk M., Oszako T., Nowakowska J.A. Genetic variability and health of Norway spruce stands in the Regional Directorate of the State Forests in Krosno. *Forest Research Papers*, 2017, vol. 78, is. 1, pp. 56–66. DOI: 10.1515/frp-2017-0006.
 33. Héralt B., Thoen D., Honnay O. Assessing the potential of natural woody species regeneration for the conversion of Norway spruce plantations on alluvial soils. *Annals of Forest Science*, 2004, vol. 61, no. 7, pp. 711–719. DOI: 10.1051/forest:2004057.
 34. Hodgetts R.B., Aleksiak M.A., Brown A., Clarke C., Macdonald E., Nadeem S., Khasa D.P. Development of microsatellite markers for white spruce (*Picea glauca*) and related species. *Theoretical and Applied Genetics*, 2001, vol. 102, is. 8, pp. 1252–1258. DOI: 10.1007/s00122-001-0546-0.
 35. Hudec L., Konrádová H., Hašková A., Lipavská H. Norway spruce embryogenesis: changes in carbohydrate profile, structural development and response to polyethylene glycol. *Tree Physiology*, 2016, vol. 36, is. 5, pp. 548–561. DOI: 10.1093/treephys/tpw016.
 36. Kayama M., Sasa K., Koike T. Needle life span, photosynthetic rate and nutrient concentration of *Picea glehnii*, *P. jezoensis* and *P. abies* planted on serpentine soil in northern Japan. *Tree Physiology*, 2002, vol. 22, no. 10, pp. 707–716. DOI: 10.1093/treephys/22.10.707.
 37. Koutaniemi S. Norway spruce (*Picea abies*) laccases: Characterization of a laccase in a lignin-forming tissue culture. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2015, vol. 57, is. 4, pp. 341–348. DOI: 10.1111/jipb.12333.
 38. Lähde E., Koutaniemi S., Malmberg H.A., Simola L.K., Teeri T.H., Kärkönen A. Silvicultural alternatives in an uneven-sized forest dominated by *Picea abies*. *Journal of Forest Research*, 2010, vol. 15, is. 1, pp. 14–20. DOI: 10.1007/s10310-009-0154-4.
 39. Mason R.L., Gunst R.F., Hess J.L. Statistical Design and Analysis of Experiments: With Applications to Engineering and Science. 2nd Edition. Hoboken, New Jersey (Printed in the USA): Wiley-Interscience, Wiley Series in Probability and Statistics, 2003, 752 p.
 40. Mead R., Curnow R.N., Hasted A.M. Statistical Methods in Agriculture and Experimental Biology. 3rd ed. New York, 2003, 488 p.
 41. Miletić B., Drašković B., Đorek T., Bojić S., Matović B., Stojanović D.B. The Potential Impact of Climate Change on the Distribution of Norway Spruce (*Picea abies* Karst.) in Bosnia and Herzegovina. *Lesnoj Zhurnal, Russian Forestry Journal*, 2022, no. 2, pp. 73–83. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-2-73-83.
 42. Noll F., Lyons C.K. A novel method for manually falling trees. *The Forestry Chronicle*, 2010, vol. 86, no. 5, pp. 608–613. DOI: 10.5558/tfc86608-5.
 43. Radu R., ACurtu.L., Spârchez Gh., Șofitea N. Genetic diversity of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Romanian Carpathians. *Annals of Forest Research*, 2014, vol. 57, is. 1, pp. 19–29. DOI: 10.15287/afr.2014.178.
 44. Scotti I., Magni F., Paglia G., Morgante M. Trinucleotide microsatellites in Norway spruce (*Picea abies*): their features and the development of molecular markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 2002, vol. 106, is. 1, pp. 40–50. DOI: 10.1007/s00122-002-0986-1.
 45. Srinagesh K. The Principles of Experimental Research. Waltham, Massachusetts (United States): Butterworth-Heinemann, 2005, 432 p.
 46. Steffenrema A., Saranpää P., Lundqviste S.-O., Skräppaa T. Variation in wood properties among five full-sib families of Norway spruce (*Picea abies*). *Annals of Forest Science*, 2007, vol. 64, no. 8, pp. 799–806. DOI: 10.1051/forest:2007062.
 47. Stojnić S., Avramidou E.V., Fussi B., Westergren M., Orlović S., Matović B., Trudić B., Kraigher H., Aravanopoulos F.A., Konner M. Assessment of genetic diversity and population genetic structure of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) at its southern lineage in Europe. Implications for conservation of forest genetic resources. *Forests*, 2019, vol. 10, is. 3. Article number 258, pp. 1–15. DOI: 10.3390/f10030258.
 48. Suszka B., Chmielarz P., Walkenhorst R. How long can seeds of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) be stored? *Annals of Forest Science*, 2005, vol. 62, no. 1, pp. 73–78. DOI: 10.1051/forest:2004082.
 49. Zar J.H. Biostatistical Analysis: Fifth Edition. Edinburg Gate, Pearson New International edition – Pearson Education Limited, 2014, 756 p.

Статья поступила в редакцию 16.03.2023