

ПОКАЗАТЕЛИ МАКРОСТРУКТУРЫ И ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ РАЗНОЙ ГУСТОТЫ ПОСАДКИ

Козел А.В., Гвоздев В.К.

Белорусский государственный технологический университет, (Минск, Беларусь)

Приведены данные исследований по изучению основных показателей макроструктуры (количество годовичных слоев в 1 см, средняя ширина годовичного слоя, содержание поздней древесины в годовичном слое) и плотности древесины (в абсолютно сухом состоянии, во влажном состоянии, при 12 %-ной влажности) ели европейской в лесных культурах разной густоты посадки: 3300, 5000, 6700, 15600 шт./га в возрасте 35 лет. Установлено, что количество годовичных слоев в 1 см увеличивается по мере возрастания густоты посадки и составляет от 5,6 в редких культурах до 7,4 в очень густых. Средняя ширина годовичного слоя колеблется от 1,9 мм в редких культурах до 1,4 мм в очень густых. Содержание поздней древесины в годовичном слое по вариантам густоты практически не отличается. Наибольшей плотностью обладает древесина ели с густотой посадки 3300 шт./га – 500 кг/м³. В остальных вариантах опыта данный показатель варьирует в пределах 479–496 кг/м³.

Ключевые слова: ель европейская; лесные культуры; густота посадки; макроструктура древесины; годовичный слой; поздняя древесина, плотность древесины

INDICATORS OF MACROSTRUCTURE AND DENSITY OF WOOD IN EUROPEAN SPRUCE STANDS OF DIFFERENT PLANTING DENSITY

Kozel A.V., Gvozdev V.K.

The data of research on the main indicators of the macrostructure (the number of annual layers in 1 cm, the average width of the annual layer, the content of late wood in the annual layer) and the density of wood (in an absolutely dry state, in a wet state, at 12 % humidity) of European spruce stands of different planting density: 3300, 5000, 6700, 15600 pcs./ha at the age of 35 years. It was found that the number of annual layers in 1 cm increases with increasing planting density and ranges from 5.6 in rare stands to 7.4 in very dense stands. The average width of the annual layer ranges from 1.9 mm in rare stands to 1.4 mm in very dense stands. The content of late wood in the annual layer practically does not differ in density options. Spruce wood has the highest density with a planting density of 3300 pcs./ha – 500 kg/m³. In other variants of the experiment this indicator varies between 479–496 kg/m³.

Keywords: European spruce; forest crops; planting density; macrostructure of wood; annual layer; late wood, wood density

Одной из важнейших задач лесного хозяйства является разработка и внедрение в лесохозяйственную практику интенсивных технологий создания и выращивания высокопродуктивных насаждений ценных лесообразующих видов. Основными мероприятиями, позволяющими существенно повысить продуктивность древостоев, являются внесение минеральных удобрений, биологическая мелиорация, рубки ухода, обрезка сучьев, комплексный уход и др. При этом в связи с улучшением светового и питательного режимов растений наблюдается более интенсивный рост деревьев. Однако при этом в зависимости от условий местопроизрастания и режимов ухода происходят изменения в строении древесины главных пород, причем влияние лесохозяйственных мероприятий на качество древесины часто имеет неоднозначный характер. При изменении структуры древостоя на количественном уровне наблюдаются также трансформации на качественном уровне, т.е. в макроструктуре и физико-механических свойствах древесины [1, 2].

В лесокультурном производстве для успешного роста лесных культур и формирования высокопродуктивных насаждений определяющее значение имеет выбор оптимальной густоты посадки. Как показывают многочисленные исследования, начиная с 30-летнего возраста лесных культур сосны обыкновенной и ели европейской, в насаждениях разной густоты посадки значительно различаются продуктивность, показатели роста по диаметру и высоте, а также размерно-качественные показатели древесного сырья. В связи с этим возникает вопрос о качестве древесины и возможности ее использования в различных отраслях промышленности. По мнению многих исследователей показатели макроструктуры и плотность древесины являются эффективными и универсальными показателями ее качества. Зная эти показатели можно с достаточной степенью точности предопределить физико-механические и технические свойства древесины [3, 4]. Целью наших исследований явилось изучение влияния густоты посадки лесных культур ели европейской на макроструктуру и плотность древесины.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

На основании этого в данной статье приводятся результаты определения и анализ показателей макроструктуры и плотности древесины еловых культур с густотой посадки 3300, 5000, 6700, 15600 шт./га в возрасте 35 лет. Исследования были проведены на стационарном опытном объекте, созданным в 1985 г. в Негорельском учебно-опытном лесхозе в типе лесорастительных условий В₂. Почва на участке дерново-подзолистая слабоподзоленная супесчаная, на супеси рыхлой, сменяемой песком связным, подстилаемом суглинком легким с глубины до 1 м. Лесные культуры ели европейской создавались чистыми по составу вручную четырехлетними саженцами по сплошь обработанной почве. Густота посадки составляла 3,3; 5,0; 6,7; 15,6 тыс. шт./га с соответствующим размещением посадочных мест 3×1 м, 2×1 м, 1,5×1 м, 0,8×0,8 м. Секции размером 20×30 м в трехкратной повторности по вариантам опыта бы-

ли размещены методом латинского прямоугольника. Более подробная характеристика объекта исследований приведена нами ранее [5]. На второй год после создания в междурядья лесных культур был введен многолетний люпин, активное мелиорирующее действие которого продолжалось до смыкания крон в междурядьях. На секциях с густотой посадки 3,3 тыс. шт./га этот период составил 10–12 лет, в то время как на участках с густотой 15,6 тыс. шт./га люпин выпал через 3–4 года.

Отбор модельных деревьев и кряжей, образцов и определение вышеназванных показателей осуществлялись по общепринятым в лесоведении методикам [6–8]. Модельные деревья подбирались в трехкратной повторности от каждого варианта опыта. Кряжи длиной 1,5 м заготавливались с модельных деревьев на высоте 1 м от поверхности почвы. По каждому варианту опыта анализировалось по 30 образцов древесины, которые согласно общепринятым методикам подбирались из периферийной части ствола. В качестве основных показателей макроструктуры древесины нами определялись число годичных слоев в 1 см, средняя ширина годичного слоя, содержание поздней древесины в годичном слое. Плотность древесины определялась стереометрическим способом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение особенностей формирования лесных культур ели европейской разной густоты посадки показало, что 35-летние насаждения имеют значительные различия в накоплении древесного запаса, в т. ч. существенно различаются показатели роста по диаметру, что связано с различиями в формировании годичных слоев (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели роста и продуктивности лесных культур ели европейской разной густоты посадки в 35-летнем возрасте

Схема посадки, м густота, шт./га	Сохранность, %	Средние		Класс бонитета	Сумма площадей поперечных сечений, м ² /га	Полнота	Запас стволовой древесины, м ³ /га
		Д, см	Н, м				
$\frac{3 \times 1}{3300}$	75	16,5	17,1	I	53,1	1,54	462
$\frac{2 \times 1}{5000}$	66	14,3	15,5	I	52,7	1,61	432
$\frac{1,5 \times 1}{6700}$	62	12,0	13,5	I	46,7	1,60	334
$\frac{0,8 \times 0,8}{15600}$	20	11,4	12,8	II	31,8	1,13	221

Установлено, что сохранность лесных культур в возрасте 35 лет варьирует в широком диапазоне – от 75 % в редких культурах до 20 % в густых. Средний диаметр в редких культурах в 1,4 раза выше, чем в густых. Запасы стволовой древесины в 2,1 раза выше в редких культурах по сравнению с гу-

стыми. Средний объем одного ствола в редких культурах равен 186,3 дм³, а в густых всего 70,6 дм³. Столь значительные различия показателей запаса древесины на корню и роста по диаметру по вариантам густоты являются основанием для изучения качественных характеристик древесины ели, и в первую очередь показателей макроструктуры и плотности, которые, как указывалось ранее, являются универсальными показателями качества древесины и во многом определяют ее физико-механические свойства.

Многочисленными исследованиями установлено, что ширина годичного слоя зависит от породы, условий произрастания, климатических влияний и других факторов. По величине этого показателя можно судить об эффективности проведенных лесохозяйственных мероприятий. Установлено, что для каждой древесной породы существует свой минимум и максимум числа годичных слоев в 1 см, за пределами которых свойства древесины снижаются. Для высококачественной древесины ели европейской необходимо, чтобы этот показатель был не менее 3 и не более 20 [3].

Из элементов макростроения на свойства древесины большое влияние оказывает доленое содержание поздней древесины в годичном слое. У древесных пород с четким делением годичного слоя на раннюю и позднюю зоны плотность и прочность значительно повышаются с увеличением процента содержания поздней зоны, т.к. последняя несет в основном механическую функцию и ее прочность в 2,5–3 раза превосходит прочность ранней древесины. Это положение обосновывается особенностями микроскопического строения древесины. Ранние трахеиды выполняют водопроводящие функции от корней к хвое, имеют тонкие стенки и большие внутренние полости, крупнее по сравнению с поздними трахеидами. Поздние трахеиды выполняют механическую функцию и на поперечном разрезе выглядят как сжатые в радиальном направлении многоугольники. Их стенки в 2–4 раза толще, чем у ранних трахеид. Поэтому большая толщина стенок поздних трахеид и их малая полость обуславливают высокую плотность и прочность поздней древесины годичного слоя [3].

Анализ показателей макроструктуры древесины ели показывает, что количество годичных слоев в 1 см увеличивается по мере возрастания густоты посадки и составляет от 5,6 в редких культурах до 7,4 в очень густых. Средняя ширина годичного слоя закономерно уменьшается и колеблется от 1,9 мм в редких культурах до 1,4 мм в очень густых. Вместе с тем содержание поздней древесины в годичном слое по вариантам густоты различается незначительно, за исключением участков редких культур, где этот показатель выше на 5–10 % (таблица 2). Вероятно, это следует объяснить тем, что формирование годичного слоя во всех вариантах опыта происходит на протяжении длительного времени с момента создания насаждений. При этом у растений вырабатывается определенный режим формирования годичного слоя на протяжении вегетационного сезона.

Таблица 2 – Макроструктура древесины ели при разной густоте выращивания

Показатель	Вариант густоты, шт./га			
	3300	5000	6700	15600
Количество годовичных слоев в 1 см, шт.	5,6	6,4	7,5	7,4
Средняя ширина годовичного слоя, мм	1,9	1,6	1,3	1,4
Содержание поздней древесины, %	30±1,3	27±1,3	29±0,5	27±0,8

При оценке влияния густоты посадки лесных культур ели на физические свойства древесины ели необходимо анализировать плотность древесины как универсального показателя ее качества. Этот показатель дает весовую характеристику древесины и сам является фактором качества древесных материалов. Плотность влияет на многие физические свойства древесины и дает представления о ее механических свойствах. С помощью показателей плотности древесины можно дать объективную оценку эффективности лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение продуктивности насаждений [9]. Последнее положение особенно актуально в наших исследованиях при оценке влияния густоты посадки лесных культур ели на качество древесины.

Для сравнительного анализа нами определены три вида плотности: плотность древесины в абсолютно сухом состоянии ρ_0 , плотность во влажном состоянии ρ_w , плотность при стандартной 12 %-ной влажности ρ_{12} (таблица 3).

Таблица 3 – Плотность древесины ели европейской в культурах разной густоты

Сх. посадки, м Густота, шт./га	Средние показатели плотности древесины, кг/м ³		
	ρ_0	ρ_w	ρ_{12}
3×1 3300	475	496	500
2×1 5000	463	487	489
$1,5 \times 1$ 6700	455	472	479
$0,8 \times 0,8$ 15600	471	488	496

Проведенные исследования показали, что наибольшей плотностью обладает древесина ели с густотой посадки 3300 шт./га. По остальным вариантам опыта различия по этому показателю незначительные. Значение ρ_0 по вариантам опыта варьирует от 455 до 475 кг/м³, при среднем значении данного вида плотности для древесины ели в 420 кг/м³. Средние показатели ρ_{12} в зависимости от густоты лесных культур находятся в пределах 479–500 кг/м³ (среднее значение ρ_{12} для древесины ели из справочной литературы 445 кг/м³) [10].

Следовательно, несмотря на ускоренный рост по диаметру деревьев ели, при редкой густоте посадки 3300 шт./га не происходит по сравнению с другими вариантами снижения содержания поздней древесины в годовичном слое и плотности древесины. Аналогичные результаты получены и другими исследователями. Так, Даниловым Д.А. было выявлено, что под влиянием комплексного ухода (изреживание насаждений и внесение минеральных удобрений) в ельниках происходит увеличение доли поздней древесины в приросте древесины у деревьев разных ступеней толщины за счет количественного наращивания клеток поздней древесины в годовичном приросте. Исследователем было также установлено, что при комплексном уходе повышается базисная плотность древесины и что этот показатель коррелирует с шириной годовичного кольца и долей поздней древесины [4]. Тюрин Д.С. и Данилов Д.А. при исследовании 40-летних плантационных культур ели пришли к выводу, что под воздействием проведенных лесохозяйственных мероприятий (внесение минеральных удобрений и гербицидов) средние показатели базисной плотности древесины выше на секциях с уходом по сравнению с контролем [11]. Вместе с тем некоторыми исследователями выявлены иные тенденции в изменении свойств древесины при проведении лесохозяйственных мероприятий. Так, Штукиным С.С. с коллегами было установлено, что в лесных плантациях ели на секциях с применением химической и биологической мелиорации по сравнению с контролем наблюдалось незначительное снижение базовой плотности древесины [12]. Исследования влияния разреживания (проходная рубка) и внесения минеральных удобрений на мелиорируемых землях в насаждениях сосны обыкновенной позволили установить, что при проведении этих мероприятий не происходит достоверного снижения плотности древесины [13].

Поскольку в древесиноведении общепринятым является проведение сравнительной оценки плотности древесины при стандартной 12 %-ной влажности, нами выполнена статистическая обработка полученных значений плотности древесины ели европейской при такой влажности по вариантам густоты (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты статистической обработки значений плотности древесины при 12 %-ной влажности

Показатель	Плотность древесины ели при 12%-ной влажности (кг/м ³) по вариантам густоты (шт./га)			
	3300	5000	6700	15600
$\bar{X}$	499,70	489,49	478,78	495,71
$S_{\bar{X}}$	7,43	7,51	4,47	3,97
S	42,01	41,12	25,28	22,81
Min	425,54	428,68	428,44	452,77
Max	560,83	582,34	539,17	530,23
$t_{0,5} S_{\bar{X}}$	15,15	15,35	9,11	8,09

Продолжение таблицы 4

P, %	1,49	1,53	0,93	0,80
V, %	8,41	8,40	5,28	4,60

Из приведенных данных видно, что средняя плотность по вариантам густоты находится в пределах 479–500 кг/м³, т. е. вариация немногим более 20 кг/м³. Изменчивость рассматриваемого показателя незначительна и не превосходит 9%. Величина относительной ошибки не превышает 2 %.

Статистическая обработка данных показала, что во всех случаях доверительные интервалы одной совокупности (густоты) перекрываются доверительными интервалами другой совокупности. Это допускает гипотезу о том, что средние относятся к одной и той же совокупности. Для проверки данной гипотезы рассчитан критерий существенности разности [14]:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S_{\bar{x}_1}^2 + S_{\bar{x}_2}^2}} = \frac{d}{S_d}$$

Расчеты показали, что при 5%-ном уровне значимости различия средних показателей плотности древесины по вариантам опыта существенны между вариантами с изначальной густотой 3300 и 6700 шт./га, а также 6700 и 15600 шт./га. Фактическое значение t составило 2,41 и 2,83 соответственно против $t_{теор.}=2,01$.

К аналогичному выводу приходим в случае проверки упомянутой ранее гипотезы по величине наименьшей существенной разности ($HCP_{05}=t_{05} \times S_d$). Когда разность между средними $d \geq HCP$ она считается существенной [7]. В первом случае $HCP_{05}=17,43$ при разнице между средними $d=20,92$, во втором $HCP_{05}=12,02$ при разнице между средними $d=16,93$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований показывают, что в лесных культурах ели европейской разной густоты посадки в возрасте 35 лет показатели макроструктуры различаются в определенной закономерности. Средняя ширина годовичных слоев больше в редких культурах и составляет 1,9 мм, в то время как в густых культурах этот показатель равен 1,4 мм.

Обратная тенденция наблюдается в количестве годовичных слоев в 1 см – от 5,6 шт. в редких культурах до 7,4 шт. в густых. Содержание поздней древесины по всем вариантам различается незначительно и даже несколько выше в редких культурах (соответственно 30,03 % и 27,14 % в густых). Аналогичная тенденция наблюдается в изменении плотности древесины, которая при разной густоте посадки различается несущественно и составляет

от 499,7 кг/м³ в редких культурах до 495,71 кг/м³ в густых. Следовательно, при ускоренном росте лесных культур ели редкой густоты посадки не происходит ухудшения качества древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов, Д.А. Влияние лесохозяйственных воздействий и состава насаждений на анатомические показатели и плотность древесины сосны и ели / Д.А. Данилов // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2016. – Т. 20, № 4. – С.15–19.
2. Тамби, А.А. Оценка соответствия плотности древесины требованиям к продукции деревообрабатывающих производств / А.А. Тамби, А.Н. Чубинский // Известия высших учебных заведений – Лесной журнал. – 2016. – № 3/351. – С. 124–131.
3. Уголев, Б. Н. Древесиноведение и лесное товароведение/ Б. Н. Уголев: учебник. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. – 351 с.
4. Данилов, Д.А. Закономерности структурных изменений в сосновых и еловых древостоях на объектах комплексного ухода за лесом / Д.А. Данилов // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата с.-х. наук. – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2011. – 21 с.
5. Гвоздев В. К., Волкович А. П. Лесоводственное обоснование оптимальной густоты посадки лесных культур ели европейской // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (246). С. 66–72.
6. ГОСТ 16483.6–80 Древесина. Метод отбора модельных деревьев и кряжей для определения физико-механических свойств древесины насаждений. – М.: Изд-во стандартов. – 1985. – 6 с.
7. ГОСТ 16483.18–72 Древесина. Метод определения числа годовичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годовичном слое. – М.: Изд-во стандартов. – 1985. – 4 с.
8. ГОСТ 16483.1–84 Древесина. Метод определения плотности. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 6 с.
9. Полубояринов, О. И. Плотность древесины. – М.: Лесн. пром-ть. – 1976. – 160 с.
10. Пауль, Э. Э., Звягинцев, В. Б. Древесиноведение с основами лесного товароведения. – Минск: БГТУ, 2015. – 315 с.
11. Тюрин Д. С., Данилов Д. А. Показатели плотности древесины в 40 летних плантационных культурах ели различной густоты // Актуальные проблемы лесного комплекса / Под общей редакцией Е. А. Памфилова. Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. Выпуск 38. – Брянск: БГИТА, 2014. – С. 52–54.
12. Штукин, С.С. Изменение качества древесины на лесных плантациях сосны и ели / С.С. Штукин, Э.Э. Пауль, П.И. Волович // Труды БГТУ. № 1. Лесное хозяйство, 2013. – С. 129–131.

13. Козлов, В.А. Влияние лесохозяйственных мероприятий на плотность и химический состав древесины сосны обыкновенной / В.А. Козлов, М.В. Кистерная, Я.А. Неронова // ИВУЗ. «Лесной журнал», 2009. – С. 7–13.
14. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

Статья поступила в редколлегию 12.04.2024 г.



УДК 630*232.32

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПОЛУЧЕНИЮ И ПРИМЕНЕНИЮ НОВЫХ ВИДОВ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФА

Копытков В.В., Кулик А.А.

ГНУ «Институт леса НАН Беларуси» (г. Гомель, Беларусь)
e-mail: korvo@mail.ru

В статье представлены технологии получения органических удобрений буртовым способом с использованием отходов лесохозяйственного производства без применения торфа. Установлено, что микробиологический препарат «Экобактер» оказывает существенное влияние на степень готовности органических удобрений. Проведенные исследования по влиянию новых видов органических удобрений на рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной показали, что высота надземной части сеянцев сосны увеличивается на 18–25 %, а выход стандартных сеянцев на 12–20 %.

Ключевые слова: органические удобрения, компостирование, степень готовности, сеянцы, биометрические показатели.

SCIENTIFIC AND PRACTICAL ASPECTS OF RESEARCH ON THE PRODUCTION AND APPLICATION OF NEW TYPES OF ORGANIC FERTILIZERS WITHOUT THE USE OF PEAT

Kopytkov V.V., Kulik A.A.

The article presents technologies for obtaining organic fertilizers by the burt method using waste from forestry production without the use of peat. It has been established that the microbiological preparation "Ecobacter" has a significant effect on the degree of readiness of organic fertilizers. Studies conducted on the effect of new types of organic fertilizers on the growth and development of scots pine

seedlings have shown that the height of the aboveground part of pine seedlings increases by 18–25 %, and the yield of standard seedlings by 12–20 %.

Key words: organic fertilizers, composting, degree of readiness, seedlings, biometric indicators

ВВЕДЕНИЕ

Одной из главных причин низкой эффективности лесного питомнического хозяйства является недостаточное обеспечение верхнего слоя почв элементами питания, и прежде всего гумусом. Для повышения содержания гумуса в почве важную роль играют органические удобрения. Систематическое применение органических удобрений увеличивает запас питательных веществ в почве, повышает влагоемкость и водопроницаемость, обогащает почву микрофлорой, усиливает ее биологическую активность. При этом создаются оптимальные условия для выращивания стандартного посадочного материала с хорошо развитой корневой системой и надземной частью растений. Интенсификация питомнического хозяйства может быть достигнута на основе совершенствования технологии, обеспечивающей интенсивное и целенаправленное выращивание сеянцев с высокой степенью микоризности корней.

В Беларуси имеется большое количество отходов деревообработки в виде древесных опилок и хвойной коры, которые целесообразно использовать для получения органоминерального субстрата при выращивании лесного посадочного материала. Ежегодное количество отходов в виде хвойных опилок составляет 800 тыс. м³, а древесной коры в 12 раз больше.

В настоящее время во всем мире существуют два способа получения органических удобрений: траншейный и буртовой. Траншейный способ получения органических удобрений подробно дан в «Наставлении по выращиванию посадочного материала деревьев и кустарников в лесных питомниках Белоруссии» [1], а в последующем «Наставлении по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых видов в лесных питомниках Республики Беларусь», технологиям получения органических удобрений не уделено внимание [2].

Траншейный способ получения органических удобрений требует значительных финансовых и материальных затрат, так как необходимо подготовить траншею, уложить железобетонные плиты и т.д.

Процесс компостирования древесной коры и опилок – это частичное разложение органического вещества, накопление азотосодержащих веществ и, следовательно, уменьшение соотношения углерода к азоту (C:N). В результате получается органоминеральный продукт с более стабильными свойствами, обогащенный полезными микробами и ферментами, удобный для использования его в виде удобрений и стимулирующий развитие микоризы на корнях сеянцев многих растений [3].

В технических условиях торфяно-перлитного субстрата Республиканского лесного селекционно-семеноводческого центра введены шесть микро-