

ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ

FOREST REGENERATION AND FOREST GROWING

УДК 630*232.4:631.543.2

В. К. Гвоздев, А. П. Волкович

Белорусский государственный технологический университет

ЛЕСОВОДСТВЕННОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГУСТОТЫ ПОСАДКИ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ

Исследования проведены в лесных культурах ели европейской, созданных в 1985 г. саженцами 4-летнего возраста с разной густотой посадки – 3 300, 5 000, 6 700 и 15 600 шт./га. Приведено обоснование использования в качестве показателей объективной оценки успешности роста насаждений при выполнении различных лесохозяйственных мероприятий величины радиального прироста, а также запасов и структуры надземной фитомассы.

Установлено, что величина радиального прироста на всех возрастных этапах формирования насаждений значительно выше в лесных культурах с первоначальной густотой 3 300 шт./га. В среднем по сравнению с густыми культурами (15 600 шт./га) этот показатель выше на 30–50%, а в отдельные годы – более чем в 2 раза. За весь период роста лесных культур в зависимости от тенденций изменения годичного прироста выделено три периода изменения радиального прироста, для которых характерны свои особенности формирования.

Приведены данные о запасах и структуре фитомассы по всем вариантам опыта. Установлено, что на стадии обострения внутривидовой конкуренции и интенсивного отпада запасы надземной фитомассы, в том числе и стволовой древесины, значительно выше в редких культурах (3 300 шт./га) и составляют 340,5 т/га, что в 2,3 раза превышает аналогичный показатель для густых культур. В качестве результирующих показателей успешности роста лесных культур ели разной густоты посадки проанализированы основные таксационные показатели древостоев.

Ключевые слова: ель европейская, густота посадки, радиальный прирост, запасы фитомассы, таксационные показатели, успешность роста.

Для цитирования: 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.

V. K. Gvozdev, A. P. Volkovich

Belarusian State Technological University

FORESTRY INVESTIGATION OF OPTIMAL PLANTING DENSITY OF FOREST CULTURES OF EUROPEAN SPRUCE

The research was carried out in forest cultures of European spruce, created in 1985 by 4-year-old seedlings with different planting density – 3 300, 5 000, 6 700 and 15 600 pcs/ha. The research grounding is given for using the value of radial growth, as well as the growing stock and structure of aboveground phytomass, as an indicator of an objective assessment of the success of plant growth during various forestry activities.

It was found that the value of radial growth at all age stages of the formation of plantings is significantly higher in forest cultures with an initial density of 3300 pcs/ha. On average, in comparison with dense cultures (15 600 pcs/ha), this indicator is higher by 30–50%, and in some years – more than 2 times. For the entire period of growth of forest cultures, depending on the trends of changes in annual growth, three periods of changes in annual growth in diameter are distinguished, which are characterized by their own trends in formation.

Data on the growing stock and structure of phytomass for all variants of the experiment are given. It was found that at the stage of exacerbation of intraspecific competition and intensive tree mortality, the growing stock of aboveground phytomass, including stem wood, are significantly higher in rare cultures (3 300 pcs/ha) and amount to 340.5 t/ha, which is 2.3 times higher than the same indicator for dense cultures. As the resulting indicators of the success of the growth of spruce forest cultures of different planting densities, the main forest mensuration indexes of forest stands have been analyzed.

Key words: European spruce, planting density, radial growth, phytomass growing stock, forest mensuration indexes, growth success.

For citation: Gvozdev V. K., Volkovich A. P. Forestry investigation of optimal planting density of forest cultures of European spruce. *Proceeding of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2021, no. 2 (246), pp. 66–72 (In Russian).

Введение. Основным направлением лесовосстановления в Республике Беларусь является искусственное лесовосстановление путем создания лесных культур посадкой и посевом. В 2020 г. в системе лесного хозяйства Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь создано 38,87 тыс. га лесных культур, что составляет 83,3% от общей площади проведенных работ по лесовосстановлению и лесоразведению [1]. Эффективность искусственного лесовосстановления в значительной степени определяется густотой культур и характером размещения посадочных мест на лесокультурной площади (схемой посадки). Густота посадки оказывает свое влияние на протяжении всех фаз искусственного возобновительного процесса. Многочисленными исследованиями установлено, что густота посадки лесных культур и характер размещения посадочных мест предопределяют сроки смыкания растений в рядах и междурядиях, а следовательно, характер и количество уходов за ними; дифференциацию деревьев и естественное изреживание насаждений и сроки начала проведения лесоводственных уходов; ход роста по высоте, диаметру, запасу, а также биологическую продуктивность насаждений; общую продуктивность и размер промежуточного пользования, устойчивость насаждений к неблагоприятным факторам внешней среды [2–4 и др.]. Поэтому, принимая во внимание эти обстоятельства, необходимо при создании и выращивании лесных культур добиваться оптимальной густоты и равномерного размещения посадочных мест на лесокультурной площади. В таком случае создаются благоприятные предпосылки для оптимизации почвенного и светового питания, которые позволяют культурам в процессе роста полностью реализовать свой генетически обусловленный потенциал [2]. Общеизвестно, что только при оптимальной густоте достигается максимальная продуктивность насаждений. Любое отклонение от оптимальной густоты ведет к явно выраженному снижению текущего прироста и общей продуктивности насаждений [5].

Для установления оптимальных схем размещения посадочных мест при создании лесных культур ВНИИЛМ и Союзгипролесхоз в свое время разработали критерии оценки оптимальной площади питания растений в несомкнувшихся сосновых и еловых культурах. Для этого они предложили применять коэффициент использования

площади питания (КИПП) выращиваемым древостоем, определяемый по формуле:

$$\text{КИПП} = \frac{10 \cdot A}{N \cdot B},$$

где A – расстояние между растениями в рядах, м; N – густота посадки семян или саженцев, тыс. шт./га; B – ширина междурядий, м.

Установлено, что при величине КИПП от 0,6 до 1,2 структура древостоя обеспечивает оптимальные условия для интенсивного роста всех растений от посадки до смыкания и позволяет сформировать высокопродуктивные насаждения. Величина КИПП меньше 0,5 свидетельствует о том, что площадь питания древостоем используется полностью и после смыкания крон следует провести рубки ухода. При величине КИПП более 1,3 густота посадки не обеспечивает полного использования древостоем площади питания. Предложенная методика рекомендована для применения в зоне смешанных лесов на дерново-подзолистых суглинистых свежих и влажных почвах [2].

Многочисленными исследованиями установлено, что оптимальная густота – понятие динамическое. В возрастной динамике с увеличением возраста наблюдается изменение величины оптимальной густоты в сторону уменьшения [2, 3, 5]. В связи с этим разработаны рекомендации по оптимальной густоте культур основных лесобразующих пород на разных возрастных этапах. Для условий Беларуси подобные исследования проведены О. В. Герасимовичем, который детально обосновал показатели оптимальной густоты лесных культур сосны и ели в начальной фазе формирования насаждений – до 10-летнего возраста. Им установлено, что наиболее интенсивный естественный отпад в культурах со средней исходной густотой 6,5 тыс. шт./га наблюдается в первые два года жизни в фазе приживания растений. В культурах сосны обыкновенной он достигает 20, а ели европейской – 18%. К 10 годам отпад увеличивается и составляет в среднем 1/3 от количества первоначально высаженных растений [6].

Проблема установления оптимальной густоты посадки основных лесобразующих пород при искусственном лесовосстановлении была и остается объектом исследований и дискуссий как в научном мире, так и в практике лесного хозяйства. Однако до настоящего времени

нет единого мнения в этой области, что, вероятно, следует объяснить целым рядом причин: разнообразными условиями местопроизрастания, целевым назначением насаждений, возможностью проведения качественных и своевременных агротехнических и лесоводственных уходов, а также переработки и реализации мелкотоварной древесины и др.

Целью работы является лесоводственное обоснование оптимальной густоты посадки лесных культур ели европейской саженцами на основе длительных 35-летних исследований на стационарном опытном объекте.

Основная часть. Стационарный опытный объект был создан в 1985 г. в Негорельском учебно-опытном лесхозе в типе лесорастительных условий В₂. Почва на участке дерново-подзолистая рыхлосупесчаная. Лесные культуры ели европейской создавались вручную четырехлетними саженцами по сплошь обработанной почве, которой предшествовала корчевка и уборка пней после вырубki елового насаждения с примесью березы и осины, по четырем вариантам опыта: густота посадки 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. Для получения достоверных данных при размещении эксперимента на участке были использованы рекомендации по планированию эксперимента. Все варианты опыта в трехкратной повторности (размер секций 30×20 м) были размещены методом латинского прямоугольника [7]. В течение последующих 5 лет за посадками проводились своевременные агротехнические уходы. За весь период выращивания лесных культур в насаждении периодически (по мере образования) убирались усохшие, снеголомные и буреломные деревья.

В качестве критериев обоснования различий в формировании насаждений разной густоты посадки авторами были определены различные показатели, которые рекомендованы многими исследователями к использованию для оценки эффективности лесохозяйственных мероприятий (в данном случае густоты посадки): динамика радиального прироста, структура и запас надземной фитомассы, изменение основных таксационных показателей древостоев.

Результаты проведенных многочисленных исследований позволяют сделать вывод о том, что радиальный прирост деревьев является точным и объективным показателем, отражающим реакцию деревьев на изменение факторов окружающей среды и на проведенные лесохозяйственные мероприятия (рубки ухода, внесение минеральных удобрений, биологическая мелиорация и др.) [9–12]. Особенно часто этот показатель используется в дендроклиматологии и

дендрохронологии. Так, Л. А. Кайрюкшис и А. И. Юодвалькис установили, что при исследованиях взаимосвязи прироста деревьев с климатическими условиями необходим дифференцированный подход к факторам климата (температура, влага, свет) и их учет лишь в те периоды вегетации, в которые они непосредственно оказывают влияние на образование годичного прироста. На основании 13-летних исследований динамики и продолжительности сезонного роста установлена зависимость величины радиального прироста и продолжительность сезонного роста от факторов внешней среды в отдельные этапы вегетационного периода [8].

Й. А. Карпавичюсом была изучена индивидуальная и групповая изменчивость радиального прироста сосны обыкновенной в подзоне смешанных лесов. Получена достоверная информация об индивидуальной и групповой изменчивости годичных слоев и их составляющих ранней и поздней древесины. Установлены различия в воздействии элементов климата на радиальный прирост ранней и поздней древесины. Выяснено, что одним из главных факторов, от которого зависит радиальный прирост сосны, является температурный режим текущего года [9].

В. М. Горячевым были проведены исследования по изучению формирования годичного кольца деревьев разных пород на Среднем Урале. Были установлены сроки начала и окончания деятельности камбия, формирования поздней древесины, а также периода максимального прироста и скорости нарастания годичного слоя древесины у ели сибирской, пихты сибирской, кедра сибирского и березы повислой при их совместном произрастании в разных лесорастительных условиях. Произведена оценка влияния фитоценологических и климатических факторов на динамику сезонного прироста древесины [10].

В. В. Сарнацким изучены зависимости ширины годичного кольца деревьев от количества атмосферных осадков и температуры воздуха в различные годы: с повышенной температурой воздуха и дефицитом атмосферных осадков; пониженной температурой воздуха и дефицитом атмосферных осадков; пониженной среднемесячной температурой воздуха вегетационных периодов различных лет и типов леса. Установлена обусловленность годичного радиального прироста для сосны обыкновенной, ели европейской, березы повислой и ольхи черной, произрастающих в условиях Беларуси [11].

Е. В. Дегтяревой и А. А. Болботуновым радиальный прирост по диаметру был использован как количественный показатель оценки состояния древостоев на территории санитарно-защитной зоны г. Новополоцка. Исследователями

были выявлены реакции ширины годичного кольца деревьев хвойных пород на аэротехногенное загрязнение, гидромелиорацию, внесение удобрений. Установлено уменьшение ежегодного радиального прироста у деревьев хвойных пород в период наибольших промышленных выбросов. Исследователи делают вывод о том, что динамика радиального прироста может служить реальным обоснованием для текущего и среднесрочного планирования лесохозяйственных мероприятий. Согласно выполненным исследованиям и сделанным прогнозам, в 20-е гг. текущего столетия ожидается спад прироста у сосны, особенно на верхних элементах рельефа [12].

Проведенный выше обзор основных направлений использования в научных исследованиях такого показателя, как радиальный прирост деревьев, убедительно показывает его универсальность и точность при оценке различных воздействий на древесной, в том числе при выявлении результативности проведенных лесохозяйственных мероприятий. В связи с этим мы использовали данный показатель для обоснования оптимальной густоты посадки при производстве лесных культур ели европейской саженцами. Выявление особенностей формирования радиального прироста и накопления надземной фитомассы в 35-летних культурах ели произведено по методике, разработанной А. А. Молчановым и В. В. Смирновым [13]. При этом в каждом варианте опыта отбирали 3 модельных дерева, срезали их и раскряжевывали на 2-метровые отрезки. Затем брали выпилены для последующих измерений, которые предварительно отшлифовывались и при помощи сканера заносились

в компьютер. Их изображения обрабатывались в программе Photoshop: производилась разметка срезов и их измерение. На основании полученных данных была построена диаграмма изменений годичного прироста по диаметру модельных деревьев за 35 лет по четырем вариантам опыта (рис. 1).

Результаты исследований показывают, что в динамике изменений радиального прироста можно выделить три периода:

1-й период – до биологического возраста лесных культур 15 лет (1995 г. на графике) отслеживается тенденция постепенного уменьшения ширины годичных слоев независимо от густоты посадки. В отдельные годы наблюдаются отклонения от этой закономерности, что связано, видимо, с количеством осадков и температурным режимом во время вегетации. Во все годы этого периода наблюдений наибольший радиальный прирост прослеживается в редких культурах с густотой посадки 3 300 шт./га, который варьирует от 0,3 до 0,65 см, в отличие от других вариантов густоты, в которых он значительно ниже. Следует отметить, что по величине радиального прироста наиболее близок данным показателям вариант с первоначальной густотой 5000 шт./га;

2-й период – продолжительность 12 лет (от 15 до до 27 лет, на графике 2007 г.). Для этого периода характерна относительная стабилизация годичного прироста по годам во всех вариантах опыта, ширина годичных колец в среднем составляет 0,1–0,3 см. Однако следует отметить, что в 2003–2007 гг. наблюдается увеличение радиального прироста в культурах с густотой посадки 15 600 шт./га.

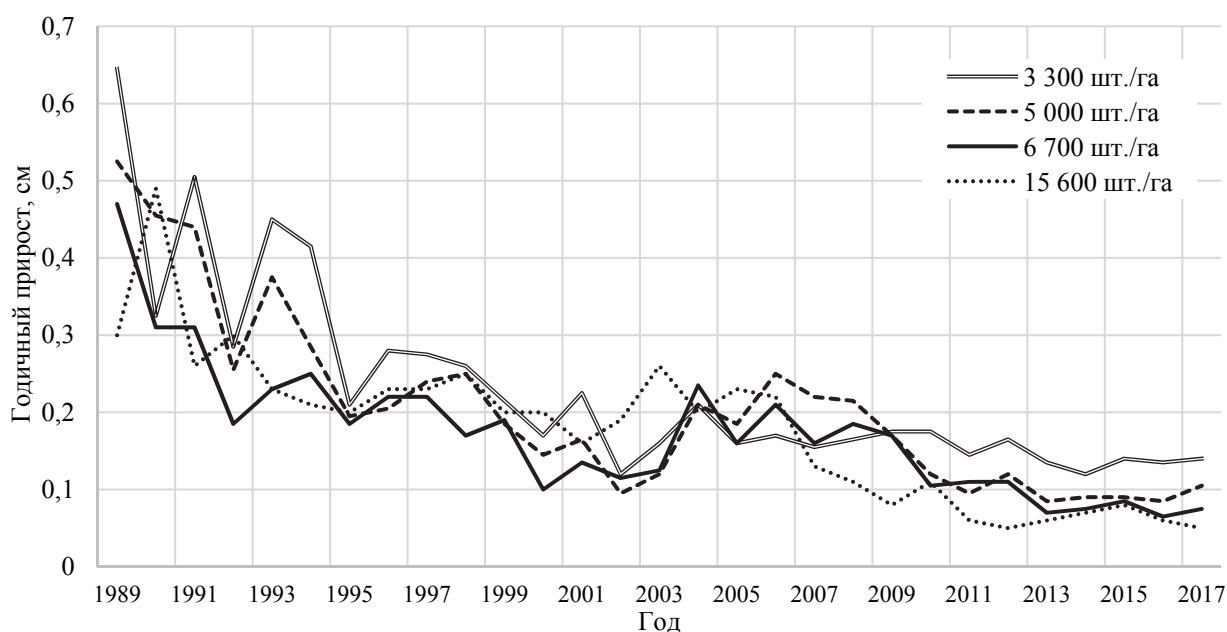


Рис. 1. Изменение радиального прироста в культурах разной густоты

Это следует объяснить тем, что весной 2002 г. на всех участках была произведена выборка сухостойных, а на секциях со схемой посадки 0,8×0,8 м были вырублены снеголомные и буреломные деревья. Следовательно, увеличение радиального прироста в очень густых культурах является реакцией древостоя на изменение светового режима в насаждении;

3-й период – 2007–2018 гг. Характеризуется относительной стабилизацией величины годичного прироста по всем вариантам густоты посадки. Отчетливо прослеживается тенденция увеличения данного показателя с уменьшением густоты посадки. В редких культурах с первоначальной густотой 3 300 шт./га ширина годичных колец в этот период составляет 0,13–0,17 см, а в очень густых культурах 0,06–0,10 см.

Таким образом, анализ динамики величины радиального прироста в насаждениях разной густоты посадки за 35 лет показывает, что наиболее успешно произрастают редкие культуры с густотой посадки саженцами 3 300 шт./га.

Также нами проведены исследования по динамике объема среднего дерева в культурах разной густоты посадки (рис. 2).

Следует отметить, что на протяжении всего периода исследований значительное преимущество по интенсивности накопления стволовой древесины имеет вариант с редкой густотой посадки (3 300 шт./га). При этой густоте объем одного ствола в 0,05 м³ достигается в возрасте 20 лет, в то время как на секциях с густотой посадки 5 000 шт./га в 23 года, а на остальных вариантах – только в 28-летнем возрасте. Показателя объема ствола 0,15 м³ достигли только два варианта – с густотой посадки 3 300 шт./га (в 31 год) и 5 000 шт./га (в 35 лет). В оставшихся двух вариантах опыта объем ствола среднего дерева в 35-летнем возрасте менее 0,1 м³. Обращает на себя внимание

значительное увеличение данного показателя в последние годы в редких культурах.

Для оценки интенсивности продуцирования органического вещества нами была произведена оценка запасов надземной фитомассы в культурах разной густоты посадки. Методика исследований и результаты исследований в разных возрастных периодах лесных культур нами были изложены ранее [14, 15]. Следует отметить, что в возрасте насаждений 35 лет общие запасы надземной фитомассы значительно выше в редких культурах и составляют 340,5 т/га. Этот показатель ниже на 33–38% в культурах с густотой посадки 5 000 шт./га, а в густых культурах меньше в 2,3 раза. Долевое участие стволовой древесины в общих запасах надземной фитомассы самое высокое в культурах редкой и средней густоты и составляет 80–82%, в то время как в густых культурах этот показатель ниже – 78,8%. Анализируя структуру фитомассы по вариантам опыта, следует отметить более высокое долевое участие охвоенных живых ветвей в редких культурах (11,2%), в то время как в остальных вариантах опыта этот показатель ниже – 9,2–9,6% от общей массы.

В качестве результирующих показателей успешности роста лесных культур ели европейской разной густоты посадки нами были определены и проанализированы таксационные показатели древостоев в возрасте 35 лет (таблица).

Установлено, что сохранность лесных культур 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. В связи с большим отпадом деревьев в густых культурах более высокая полнота наблюдается в культурах средней густоты посадки. Запасы стволовой древесины в 2,1 раза выше в редких культурах по сравнению с густыми.

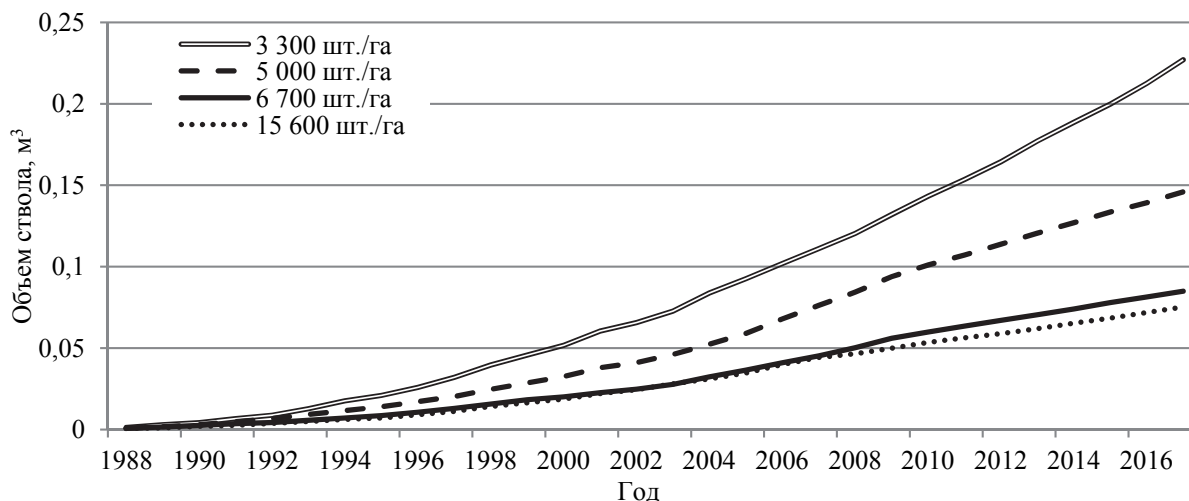


Рис. 2. Изменение объема среднего дерева в культурах разной густоты посадки

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

Вариант опыта	Сх. посадки, м густота, шт./га	Число деревьев, шт./га	Сохранность, %	Средние		Класс бонитета	Сумма площадей поперечного сечения, м ² /га	Полнота	Запас стволовой древесины, м ³ /га
				D, см	H, м				
1	$\frac{3 \times 1}{3\ 300}$	2 480	75	16,5	17,1	I	53,1	1,54	462
2	$\frac{2 \times 1}{5\ 000}$	3 280	66	14,3	15,5	I	52,7	1,61	432
3	$\frac{1,5 \times 1}{6\ 700}$	4 130	62	12,0	13,5	I	46,7	1,60	334
4	$\frac{0,8 \times 0,8}{15\ 600}$	3 130	20	11,4	12,8	II	31,8	1,13	221

Заключение. Результаты исследований в лесных культурах ели европейской разной густоты посадки позволяют сделать вывод о том, что радиальный прирост деревьев, запасы надземной фитомассы и таксационные показатели древостоев являются объективными критериями, отражающими успешность роста и особенности формирования насаждений. Установлено, что несмотря на общую тенденцию изменения ширины годичных колец с возрастом, на всех этапах выращивания этот показатель значительно выше в редких культурах с густотой посадки 3 300 шт./га. Величина радиального прироста между крайними вариантами опыта (первоначальная густота 3 300 и 15 600 шт./га) в отдельные годы в редких культурах в 2 раза выше, чем в густых. Аналогичная зависимость проявляется

в накоплении запасов надземной фитомассы древостоев. В редких культурах общие запасы наиболее высокие и составляют 340,5 т/га абсолютно сухого вещества, в то время как в густых культурах только 150,8 т/га. Такая же закономерность наблюдается в изменении таксационных показателей древостоев. Средний диаметр в 1,4 раза выше в редких культурах по сравнению с густыми. Запас стволовой древесины при густоте посадки 3 300 шт./га составляет 462 м³/га, что в 2,1 раза выше, чем в густых культурах. Следовательно, на основании анализа полученных результатов исследований оптимальной густотой посадки лесных культур ели европейской 4–5-летними саженцами следует считать 3 300 шт./га со схемой посадки 3×1 м.

Список литературы

1. Об итогах воспроизводства лесов в 2020 году и задачах на 2021 год: постановление коллегии М-ва лесного хоз-ва Респ. Беларусь от 29 декаб. 2020 г. Минск: Минлесхоз, 2020. 17 с.
2. Родин А. Р. Лесные культуры: учебник. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. 318 с.
3. Лесные культуры и защитное лесоразведение: учеб. пособие / Редько Г. И. [и др.]. СПб.: СПбЛТА, 1999. 418 с.
4. Якимов Н. И., Гвоздев В. К., Носников В. В. Лесные культуры и защитное лесоразведение: учеб. пособие. В 2 ч. Минск: БГТУ, 2019. Ч. 2. 222 с.
5. Кайрюкшис Л. А., Юодвалькис А. И. Оптимальная густота еловых молодняков // Лесное хоз-во. 1975. № 2. С. 18–22.
6. Герасимович О. В. Лесоводственные критерии перевода лесных культур в покрытую лесом площадь: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01. Минск, 1984. 18 с.
7. Бейли Н. Статистические методы в биологии. М.: Мир, 1973. 319 с.
8. Кайрюкшис Л. А., Юодвалькис А. И. Особенности сезонного роста деревьев в свете дендрохронологических и дендроклиматических исследований // Лесоведение. 1970. № 3. С. 29–34.
9. Карпавичюс Й. А. Индивидуальная и групповая изменчивость радиального прироста сосны обыкновенной в подзоне смешанных лесов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. Минск, 1984. 20 с.
10. Горячев В. М. Формирование годичного кольца деревьев разных пород на Среднем Урале // Лесоведение. 1990. № 4. С. 39–48.
11. Сарнацкий В. В. Обусловленность ширины годичного кольца деревьев в насаждениях различных типов леса в связи с динамикой атмосферных осадков и температуры воздуха // Труды БГТУ. 2012. № 1: Лесное хоз-во. С. 118–120.
12. Дегтярева Е. В., Болботунов А. А. Дендрохронологический мониторинг хвойных пород на территории санитарно-защитной зоны города Новополоцка. Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. № 1. 2020. С. 12–17.
13. Молчанов А. А., Смирнов В. В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 100 с.

14. Гвоздев В. К., Волкович А. П. 30-летний опыт выращивания лесных культур ели европейской разной густоты посадки в центральной части Беларуси // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Том 1. СПб.: СПбГЛТУ, 2017. С. 49–52.
15. Гвоздев В. К., Волкович А. П. Структура и запасы надземной фитомассы в еловых культурфитоценозах разной густоты. Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2019. № 1. С. 48–53.

References

1. *Ob itogakh vosproizvodstva lesov v 2020 godu i zadachakh na 2021 god* [On the results of forest reproduction in 2020 and tasks for 2021]. Minsk, Minleskhov Publ., 2020. 17 p.
2. Rodin A.R. *Lesnyye kul'tury* [Forest cultures]. Moscow, GOU WPO MGUL Publ., 2006. 318 p.
3. Red'ko G. I., Merzlenko M. D., Babich N. A., Treshchevsky I. V. *Lesnyye kul'tury i zashchitnoye lesorazvedeniye* [Forest cultures and protective afforestation]. St. Petersburg, SPbLTA Publ., 1999. 418 p.
4. Yakimov N. I., Gvozdev V. K., Nosnikov V. V. *Lesnyye kul'tury i zashchitnoye lesorazvedeniye* [Forest cultures and protective afforestation]. Minsk, BGTU Publ., 2019. 222 p.
5. Kayrykshitis L. A., Uodval'kis A. I. Optimal density of spruce young forests. *Lesnoye khozyaystvo* [Forest Management], 1975, no. 2, pp. 18–22 (In Russian).
6. Gerasimovich O. V. *Lesovodstvennyye kriterii perevoda lesnykh kul'tur v pokrytyyu lesom ploshchad'*. Avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk [Silvicultural criteria for the conversion of forest crops to forested area. Abstract of thesis PhD (Agriculture Science)]. Minsk, 1984. 18 p.
7. Bejli N. *Statisticheskiye metody v biologii* [Statistical Methods in Biology]. Moscow, Mir Publ., 1973. 319 p.
8. Kajryukshitis L. A., Yuodval'kis A. I. Features of seasonal tree growth in the light of dendrochronological and dendroclimatic studies. *Lesovedeniye* [Forestry], 1970, no. 3, pp. 29–34 (In Russian).
9. Karpavichyus J. A. *Individual'naya i grupповaya izmenchivost' radial'nogo prirosta sosny obyknovennoy v podzone smeshannykh lesov*. Avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk [Individual and group variability of the radial growth of pine in the mixed forest subzone. Abstract of thesis PhD (Agriculture Science)]. Minsk, 1984. 20 p.
10. Goryachev V. M. Formation of an annual ring of trees of different species in the Middle Urals. *Lesovedeniye* [Forestry], 1990, no. 4, pp. 39–48 (In Russian).
11. Sarnatskiy V. V. Dependence of the tree ring width in plantations of various types of forest in connection with the dynamics of precipitation and air temperature. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2012, no. 1, Forestry, pp. 118–120 (In Russian).
12. Degtyareva E. V., Bobotunov A. A. Dendrochronological monitoring of conifers on the territory of the sanitary protection zone of the city of Novopolotsk. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2020, no. 1, pp. 12–17 (In Russian).
13. Molchanov A. A., Smirnov V. V. *Metodika izucheniya prirosta drevesnykh rasteniy* [Methods of studying the growth of woody plants]. Moscow, Nauka Publ., 1967. 100 p.
14. Gvozdev V. K., Volkovich A. P. 30 years of experience in growing forest cultures of European spruce of various planting densities in the central part of Belarus. *Materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. "Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovaniye"* [Materials of the International scientific and technical conference "Forests of Russia: politics, industry, science, education"]. St. Petersburg, 2017, pp. 49–52 (In Russian).
15. Gvozdev V. K., Volkovich A. P. Structure and reserves of above-ground phytomass in spruce culture phytocenoses of different density. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2019, no. 1, pp. 48–53 (In Russian).

Информация об авторах

Гвоздев Валерий Кириллович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: gvozdev@belstu.by

Волкович Александр Петрович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: volkovich@belstu.by

Information about the authors

Gvozdev Valery Kirillovich – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Cultures and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gvozdev@belstu.by

Volkovich Aleksandr Petrovich – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Cultures and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: volkovich@belstu.by

Поступила 15.03.2021