УДК 630*232.43

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛИСТВЕННОГО МОЛОДНЯКА С ПРИМЕНЕНИЕМ БРИКЕТИРОВАННЫХ СЕЯНЦЕВ

[1]Пак К.А., [2]Гаврилова О.И.

[1]Карельский филиал ФГБУ «Рослесинфорг» «Кареллеспроект», Петрозаводск, e-mail: mao-zin@yandex.ru;

[2]Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, e-mail: ogavril@mail.ru

В работе рассматриваются вопросы динамики напочвенного покрова и роста лесных культур сосны 15 лет из брикетированных сеянцев по обработанной покровосдирателем почве вырубок и без обработки. Исследуемые участки лесных культур закладывались в рамках международного научно-практического проекта «Тайга – модельный лес» сотрудниками Петрозаводского государственного университета и Института леса КарНЦ РАН. Культуры сосны создавались после рубки сосняка брусничного по подзолистым иллювиально-железистым супесчаным почвам, подстилаемым мореной. Каменистость почвы очень высокая (30–50 %). Культуры закладывали однолетними брикетированными сеянцами. Биометрические показатели: средняя высота насаждений – 5,24 см, средний диаметр ствола – 8,0 см, развитие кроны 2,3–1,8 м в 15 лет наблюдались для культур, созданных по обработанной почве. Раскопки корневых систем лесных культур показали, что высаженные по неподготовленной почве растения практически не имели явно выраженного стержневого корня и было более слабое развитие корней всех порядков. Показатели напряженности роста и комплексного оценочного коэффициента также подтвердили выводы исследования. На основании наблюдений и анализа полученных результатов был сделан вывод о необходимости проведения обработки почвы при использовании брикетированных сеянцев в зеленомошных типах условий местопроизрастания.

Ключевые слова: сосна, посадка, сеянцы, обработка почвы, брикетированный посадочный материал, вырубка, Республика Карелия

RECONSTRUCTION OF YOUNG DECIDUOUS SEEDLINGS BRIQUETTED

[1]Pak K.A., [2]Gavrilova O.I.

[1]The Karelian branch of FGBE Roslesinforg, Petrozavodsk, e-mail: mao-zin@yandex.ru;

[2]Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, e-mail: ogavril@mail.ru

This article discusses the behaviour pattern of ground vegetation and growth of pine plantations established by fifteen years old planting of containerized seedlings on prepared by scarifier soil cuttings and without preparation. Experienced seedling stands were laid down in the framework of «Taiga – Model Forest» international project by employees of the Petrozavodsk State University and the Forest Research Institute of Russian Academy of Sciences. They were laid in an old overgrown logging out of fresh green moss pine forest on podzolic illuvial Fe-rich sandy loam soils. Plant biometrics: mean stend-height is 5,24 cm, mean stend-diameter is 8,0 cm, crown development 2,3–1,8 m have stands created on prepared soil. The root assemblage of trees on the unprepared soil does not have a strong major root and have a weak roots development of all kinds orders. Also indexes of growth tension (height-to-diameter ratio) and integrated estimating index (height-to-basal area ratio) validated study findings. Based on observations and analysis of the results it was concluded that the need for soil preparing on moss forest site types for reforestation by containerized seedlings.

Keywords: pine, seedlings, container planting, clear cutting, tillage, Republic of Karelia

Сегодня зачастую высказываются мысли о том, что после хвойного хозяйства рост лиственных пород может быть полезен, ибо это обогащает почву, и листва является «естественным сидератом почвы». При этом тем не менее следует помнить об удлинении срока возобновления хвойными на многие десятилетия [11, 14, 15, 16, 17, 22]. После рубки брусничников и черничников в южной Карелии в основном формируются травяно-злаковые вырубки, где наряду с сильным развитием дернины злаков наблюдается активизация порослевой способности лиственных пород [1, 2, 12, 13, 20]. В лучшем случае через 20–50 лет после рубки есть вероятность появления елового подроста при наличии источников обсеменения [4, 18]. О появлении подроста сосны в этом случае говорить не приходится. Таким образом, если не обеспечить содействия естественному возобновлению или создания культур сосны, здесь меняется коренная порода, а часто и хвойное хозяйство меняется на лиственное [7, 8, 19, 20, 21, 23, 24]. Целью исследований было выявление закономерностей роста культур сосны, созданных по обработанной и необработанной почве вырубок.

Материалы и методы исследования

Объект исследования находится на территории Республики Карелия в Пряжинском центральном лесничестве, в Матросском участковом лесничестве в 61 квартале, выдел 29. Рельеф местности холмистый, тип леса до вырубки – сосняк брусничный. Вырубка проведена в 1989 г., до момента создания культур относилась к вейниково-луговиковому типу [3, 5]. Почва – подзол иллювиально-железистый песчаный с явно выраженным подзолистым горизонтом 5–7 см. Завалуненность сильная, до 30–50%.

В 1999 г. заложено несколько участков культур, в том числе по обработанной ПДН-1 и по н обработанной почве. Культуры по обработанной почве заложены в трехкратной повторности общей площадью 1,5 га. Рубка лиственного молодняка на этом участке не проводилась из-за слабого развития поросли. Часть вырубки второго участка площадью 2,5 га, заросшая березой порослевого и семенного происхождения (56%), ольхой серой (6%), ивой козьей и ломкой (20%), рябиной (3%) и осиной (5%), была расчищена с помощью мотокустореза «Huskvarna». Поросль лиственных пород, составлявшая 7,75 тыс. шт./га и высотой 1–1,7 м после вырубки, складировалась в кучи высотой до 1 м и оставлялась на перегнивание. На всех участках были высажены однолетние сеянцы сосны обыкновенной местного происхождения с закрытой корневой системой из теплицы. Высота сеянцев на момент посадки составляла 7,5–10 см густотой 2–2,5 тыс. шт./га.

В вегетационный период 2015 г. заложено 12 ленточных проб со сплошным перечетом главной породы и определением количества подроста и подлеска, а также 120 площадок (размером 1×1 м) для определения видового состава напочвенного покрова.

Таблица 1

Характеристика распространенности живого напочвенного покрова на вырубке в процентах проективного покрытия, %

Наименование вида ЖНП	1999	2014					
		Обработанная почва			Необработанная почва		
		1	2	3	Л-2У	Ручная посадка	Био-группы
Вейник лесной или тростниковидный – *Calama-grostis arundinacea* (L.) Roth.	31 ± 2,9	32 ± 3,5	38 ± 2,7	12 ± 2,2	25 ± 2,0	25 ± 1,9	14 ± 0,8
Луговик извилистый – *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin.	20 ± 0,8	26 ± 4,8	30 ± 1,4	8 ± 0,6	18 ± 1,1	15 ± 0,9	7 ± 1,1
Брусника – *Vaccinium vitis-idaea* L.	19 ± 1,2	30 ± 5,2	72 ± 6,5	0	30 ± 1,6	37 ± 2,1	35 ± 1,1
Иван-чай – *Chamaenerion angustifolium* L.	7 ± 0,8	5 ± 0,1	2 ± 0,0	0	0	0	0
Черника – *Vaccinium myrtillosum* L.	ед	15 ± 1,2	5 ± 0,1	3 ± 0,0	8 ± 1,5	17 ± 0,9	18 ± 0,8
Вереск обыкновенный – *Calluna vulgaris* (L.) Hill	0	0	0	13 ± 1,0	0	0	0
Зеленые мхи Дикранум – *Dicranum scoparium Hedw* и Кукушкин лен – *Polytrihum commune L.*		50 ± 2,3	17 ± 1,3	6 ± 0,1	57 ± 2,3	53 ± 2,3	50 ± 2,1
Кислица *Oxális acetosélla L.*	0	0	2 ± 0,0	0	0	0	0

Таблица 2

Количество естественного возобновления на площадях реконструируемого лиственного насаждения и лесных культур сосны, тыс. шт.

Наименование	1999	2015					
		Обработанная почва			Необработанная почва		
		1	2	3	Л-2У	Ручная посадка	Био-группы
Ель	0,78	0,6	0,3	0,3	0	0	0
Береза	4,32	2,2	1,8	3,2	10,0	8,8	9,2
Осина	0,39	0,3	0	0,2	0,4	0,8	0,2
Ива	1,55	0,2	1,0	0,5	0,8	0,6	0,6
Рябина	0,23	0,2	0	0,1	0,4	0,2	0
Ольха серая	0,46	0,1	0,5	0,3	0	0	0
Культуры сосны	2,50	1,66	1,65	1,72	1,21	1,09	1,03

Результаты исследования и их обсуждение

Характеризуя развитие живого напочвенного покрова (ЖНП) за прошедшие годы, следует отметить некоторое уменьшение проективного покрытия злаками (на 6–17%) и иван-чаем площадей без обработки почвы (табл. 1). Злаки увеличили свое участие в покрытии на площадях с обработкой почвы до 32 и 38%, и только по одной пробе несколько снизили (на 5–10% вейник и 6–10% луговик). Существенно возросло проективное покрытие площади брусникой для площадей с обработкой почвы, от 11 до 49% и на 11–18% по необработанной почве вырубки. Появились зеленые мхи рода дикранум и политрихум, процент проективного покрытия площади черникой увеличился с единичных особей до 3–18%. На одном из участков отмечено появление кислицы.

Таким образом, процесс восстановления лесного напочвенного покрова после посадки сосны по реконструируемой площади развивается по-разному по обработанной почве и без ее обработки. Более эффективен этот процесс при посадке сосны по необработанной почве вырубки, что подтверждено рядом исследователей [10, 18].

На основании работы, проведенной по пересчету естественного возобновления и лесных культур, было отмечено, что после вырубки сосняка брусничного сформировался преимущественно лиственный молодняк. После проведенной реконструкции выяснилось, что через 15 лет после посадки культур сосны при однократном уходе за составом (осветление в возрасте 6 лет) сформировались разные по составу насаждения по обработанной и необработанной почве вырубки (табл. 2, рис. 1 и 2). Основную часть подроста по всем участкам составляет берёза бородавчатая. Небольшая часть представлена осиной, на участках с обработанной почвой имеется подрост ели. Состав молодняка по этим площадям можно выразить в целом как 4С1Е4Б1Ос + Ол сер.

В подлеске чаще всего встречаются ива козья и ольха серая. На участках по необработанной почве в подлеске присутствует рябина. В определении точного количества вегетативного подроста берёзы и осины возможна погрешность на участках с густым травянистым напочвенным покровом.

На участках культур по необработанной почве вырубки большое количество лиственного подроста существенно угнетает культуры сосны. На этих участках без повторного проведения рубок ухода сложно обеспечить преобладание хвойных пород. В целом в составе молодняка культуры сосны составляют 15–20% от всего количества, 7–9 единиц состава представлено березой и порослью других лиственных пород. Отмечено очень неравномерное распределение по площади культур, созданных биогруппами. На участках, где культуры создавали вручную, просматриваются ряды, и сохранность здесь существенно выше, чем на участке с механизированной поделкой лунок под лункообразователь.

После изучения основных показателей роста культур сосны было установлено, что максимальные высоты имеют культуры, созданные по необработанной почве (табл. 3). Их высота превышает высоту культур с обработкой почвы на 0,2–1,4 м. Это превышение составляет более 25% от высоты культур по обработанной почве. Точность средней высоты составила 2–3%, изменчивость в пределах 12–28% и связана преимущественно с нарушениями светового режима при затенении сосны лиственными породами на участках по необработанной почве [4, 19, 20, 21, 23, 24] (рис. 3).

Распределение числа деревьев по ступеням толщины показало, что наиболее близки к нормальному распределению посадки биогруппами и с обработкой почвы. Посадки по необработанной почве с посадкой рядами вручную и под лункообразователь имеют до сих пор левостороннюю симметрию (рис. 4).

Максимальные диаметры наблюдали преимущественно у культур сосны, созданной по обработанной почве. Ее затенение было меньше, что и сказалось на размере диаметра. Точность показателя исследования составила 2–4% при достаточно сильной изменчивости среднего диаметра (от 23 до 38%). Таким образом, в 15-летнем возрасте культуры начинают испытывать угнетение со стороны лиственного полога, что преимущественно сказалось на росте сосны по диаметру при изменчивости по площадям без обработки почвы более 35%, по обработанной – 23–25%.

Кроны растений достаточно хорошо развиты, в основном крона больше у культур, созданных по обработанной почве. Участок с обработанной почвой, где кроны меньше, чем у культур по необработанной почве, расположен относительно остальных площадей ниже по склону, здесь большое количество возобновления березы между рядами культур и достаточно сильное затенение. Точность среднего диаметра кроны от 2 до 4%, изменчивость от 17 до 28% на тех участках, где отмечено существенное преобладание лиственных.

Рис. 1. Культуры сосны по необработанной почве, созданные биогруппами (слева), и посадка культур по обработанной почве (справа)

Рис. 2. Культуры сосны по необработанной почве, созданные вручную под меч Колесова (слева), и посадка под лункообразователь Л-2У (справа)

Рис. 3. Почвенный разрез на участке лесных культур сосны обыкновенной, почва – супесчаная, подзол иллювиально-железистый (слева); корневая система 15-летних культур сосны, созданных из брикетированного посадочного материала (слева)

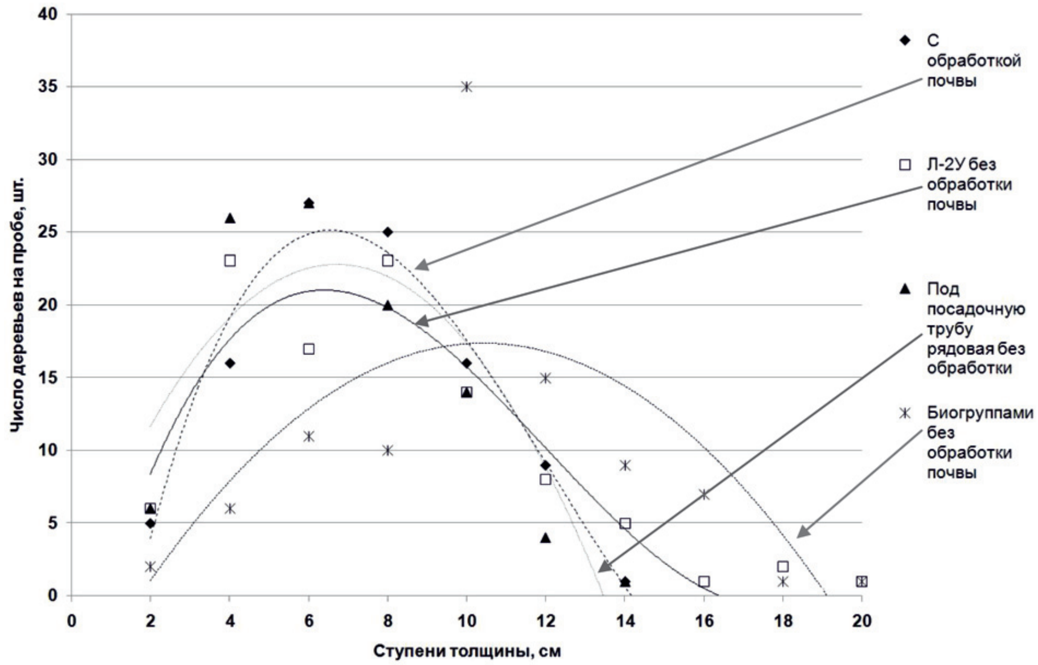

Рис. 4. Распределение деревьев сосны по ступеням толщины для посадки по необработанной и обработанной почве вырубки

Показатель энергии роста, рассчитываемый как отношение величины текущего прироста по высоте за последний год к общей высоте за два года, свидетельствует об уменьшении ее по всем рассматриваемым площадям.

Коэффициент напряженности роста, определяемый как отношение высоты в метрах к диаметру в сантиметрах, показывает нам, что для исследуемых площадей культуры сосны по обработанной почве вырубки имеют лучшее соотношение высоты и диаметра (коэффициент менее 1), и более напряженные условия складываются при росте культур по необработанной почве вырубки.

Одним из важнейших показателей, по мнению ряда авторов [5, 6, 9], характеризующих состояние древостоев, является комплексный оценочный показатель (КОП) или коэффициент напряженности роста, который выражает отношение высоты дерева к площади его поперечного сечения. Помимо характеристики состояния древостоев, КОП является важным критерием оценки достаточности их изреживания.

Данные по КОП, рассчитанному для всех исследуемых древостоев, представленные в табл. 4, свидетельствуют, что значения КОП для средних показателей древостоя находятся в пределах оптимальных значений для данного класса возраста (15–25 см/см^2). Однако приближение к крайним оптимальным значениям КОП для культур сосны, созданных без обработки почвы, указывает на снижение биологической устойчивости этих молодняков.

КОП для относительно крупных экземпляров лесных культур сосны диаметром 14–16 см составляет 5–7 см/см^2 и превышает верхний предел оптимальных значений данного показателя. КОП средних размеров 15-летних культур (диаметр 6–12 см) находится в пределах оптимальных значений коэффициента напряженности роста.

Противоположная картина наблюдается у мелких деревьев, среднее значение КОП которых в десятки раз превышает оптимальные значения. В результате проведенного анализа установлено, что со снижением крупности деревьев отмечается увеличение значения КОП. Таким образом, культуры сосны диаметром 2–4 см находятся вне оптимума и могут рассматриваться как находящиеся в напряженном состоянии. Уже в возрасте 15 лет деревья прошли первую дифференциацию по энергии роста и можно выявить сильно отстающие, которые находятся в угнетенном состоянии и, скорее всего, в будущем выпадут из состава. Из вариантов культур, рассмотренных в исследовании, КОП показывает наиболее благоприятную среду для выращивания растений, сформированную обработкой почвы либо посадкой биогруппами по необработанной почве вырубки.

Выводы

1. При обработке почвы под лесные культуры через 15 лет сохраняется брусничный тип условий произрастания; без обработки почвы, несмотря на сильное развитие лиственных пород, продолжается формирование травянистого злакового покрова с преобладанием луговика извилистого и вейника лесного, которые образуют по необработанной почве соответственно на 7 и 12 % больше процентов проективного покрытия площади.

2. На площади лесных культур без обработки почвы развитие лиственных пород способствовало затенению сосны и вызывало усиленный рост культур в высоту (в среднем на 0,7 м) в ущерб диаметру (меньше в среднем на 1,4 см).

3. При вырубке лиственных молодняков через 10 лет после рубки сосняка брусничного наблюдалось сильное развитие поросли березы, ольхи и ивы, которые без проведения специальных уходов обусловливают переход хвойного хозяйства в лиственное. При этом наблюдается весьма высокое напряжение древостоя (КОП более 100), что свидетельствует о необходимости срочного проведения мероприятий по его изреживанию.

Таблица 3

Основные показатели роста 15-летних культур сосны по обработанной и необработанной почве вырубки

Показатель	2015					
	Обработанная почва			Необработанная почва		
	1	2	3	Л-2У	Ручная посадка	Био-группы
Средняя высота, м	5,3 ± 0,07	5,3 ± 0,10	6,1 ± 0,17	6,7 ± 0,18	6,2 ± 0,10	6,7 ± 0,13
Средний диаметр, см	8 ± 0,2	8 ± 0,2	7 ± 0,2	7 ± 0,3	6 ± 0,2	6 ± 0,2
Средний диаметр кроны С-Ю	2,4 ± 0,05	1,8 ± 0,04	1,8 ± 0,03	1,7 ± 0,04	1,7 ± 0,04	1,4 ± 0,04
Средний диаметр кроны З-В	2,3 ± 0,04	1,8 ± 0,04	1,6 ± 0,04	1,6 ± 0,05	1,7 ± 0,04	1,3 ± 0,05
Текущий прирост по высоте предыдущего года, см	52 ± 0,7	50 ± 0,5	47 ± 0,5	43 ± 0,5	45 ± 0,5	42 ± 0,5
Текущий прирост по высоте последнего года, см	42 ± 0,7	40 ± 0,5	36 ± 0,6	33 ± 0,5	35 ± 0,5	33 ± 0,5
Энергия роста 2013 г., %	10,6	10,2	10,2	7,0	7,8	6,7
Энергия роста 2014 г., %	7,9	7,5	5,9	4,9	5,6	4,9
Класс бонитета	II	II	II	I	I	I
Коэффициент напряженности роста, H/D	0,66	0,66	0,87	0,96	1,03	1,12
КОП (комплексный оценочный показатель), см/см^2	10,54	10,54	15,86	17,42	21,89	23,71

Таблица 4

Показатели коэффициента напряженности роста (КОП) для 15-летних культур сосны разного диаметра, см/см^2

Ступени толщины, см	С обработкой почвы	Л-2У без обработки почвы	Под посадочную трубу рядовая без обработки	Биогруппами без обработки почвы
2	114,6	117,8	114,6	79,6
4	43,8	37,4	43	34,2
6	21,4	19,6	21,6	16,6
8	12,7	14,7	12,9	11,5
10	9,9	10,2	9,7	8,5
12	8	8,1	7,3	6,7
14	7,1	6,6	5,2	5,3
16	5,5	5,2	4,7	4,5
18	5,5	3,9		3,5

4. Коэффициент напряженности роста может быть использован для определения срочности проведения мероприятий по уходу за составом и густотой молодняков как естественного, так и искусственного происхождения и для оценки их эффективности. Наибольшими значениями КОП характеризуются культуры с минимальными диаметрами, которые скорее всего скоро перейдут в категории «сильно ослабленные» и «отмирающие». Наличие таких деревьев в древостое существенно завышает значение комплексного оценочного показателя (КОП), что, в свою очередь, является причиной снижения устойчивости насаждений.

Список литературы

1. Бельков В.П. Влияние травяного покрова на рост и продуктивность лесных насаждений [Текст]: обзор. / В.П. Бельков, А.К. Семенова. – М.: ЦБНТИлесхоз, 1973. – 23 с.

2. Беляева Н.В., Грязькин А.В., Ковалев Н.В., Фетисова А.А., Кази И.А. Сравнительная оценка структуры живого напочвенного покрова после рубок ухода и комплексного ухода за лесом в сосняках брусничных // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. – 2012. – Выпуск № 6 (89). – С. 193–198.

3. Воронова В.С. О типах вырубок Карелии // Вопросы лесоведения и лесной энтомологии в Карелии. – 1962. – С. 5–21.

4. Гаврилова О.И., Леонтьева Э.А. О соотношении средних высот культур сосны и примеси березы на вырубках Карелии // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2011. № 4 (117). – С. 64–67.

5. Густова А.И., Терехина Д.К. Оценка гидрофизических характеристик древесины для обоснования лесоводственных уходов в защитном лесоразведении // Аграрный вестник Урала. – 2007. – № 5(41). – С. 55–59.

6. Данчева А.В., Залесов С.В. Использование комплексного оценочного показателя при оценке состояния сосняков государственного лесного природного резервата «СЕМЕЙ ОРМАНЫ // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2016. – Вып. 215. – С. 41–54.

7. Жигунов А.В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой [Текст] / А.В. Жигунов. – СПб.: СПбНИИЛХ, 2000. – 294 с.

8. Извекова И.М. Особенности развития корневой системы сосны в культурах, созданных сеянцами с закрытой корневой системой // Технология создания и экономические аспекты выращивания лесных культур. – СПб.: СПбНИИЛХ, 1992. – С. 139–143.

9. Искаков С.И., Жорабекова Ж.Т., Елемесов М.М. Современное состояние искусственных сосновых насаждений в ленточных борах Прииртышья // Развитие «зеленой экономики» и сохранение биологического разнообразия: матер. Междунар. науч.-практ. конф. (г. Щучинск, 8–10 октября 2013 г.). – 2013. – С. 117–123.

10. Крышень А.М. Растительные сообщества вырубок Карелии [Текст] / Крышень А.М. Ин-т леса КарНЦ РАН. – М.: Наука, 2006. – 262 с.

11. Морозова И.В., Гаврилова О.И. Закономерности роста лесных культур сосны на начальных стадиях роста (1–5 год) на вырубках Южной Карелии // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2011. – № 2 (115). – С. 75–78.

12. Набатов Н.М. Динамика живого напочвенного покрова и его влияние на рост культур сосны // Ботанический журнал. – 1964. – Т. 49, № 5. – С. 669–677.

13. Ронконен Н.И. Вырубки и естественное возобновление на них // Лесовосстановление в Карельской АССР и Мурманской области. – Петрозаводск, 1965. – С. 36–65.

14. Хлюстов В.К. Комплексная оценка и управление древесными ресурсами. Книга I. [Текст] / В.К. Хлюстов. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. – 389 с.

15. Хлюстов В.К., Гаврилова О.И. Лесные культуры от семян до древостоев: [Текст] / В.К. Хлюстов, О.И. Гаврилова. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. – 233 с.

16. Хлюстов В.К., Гаврилова О.И., Морозова И.В. Лесные культуры Карелии (Этапы раннего возраста). – М.: ФГОУ ВПО РНАУ – МСХА им. Тимирязева, 2007. – 223 с.

17. Хлюстов В.К., Гаврилова О.И., Морозова И.В. Рост культур сосны в конкурентных отношениях с живым напочвенным покровом вырубок // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – Вып. 2. – С. 27–34.

18. Цветков В.Ф. Лесовозобновление. : природа, закономерности, оценка, прогноз: монография. [Текст] / В.Ф. Цветков. – Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2008. – 212 с.

19. Юрьева А.Л. Рост и развитие лесных культур в экосистеме вейниково-луговиковых вырубок Карелии. [Текст]: автореф. дис. канд. биол. наук (06.03.01). / Анна Леонидовна Юрьева. – Петрозаводск: Петрозаводский гос. ун-т, 2007. – 16 с.

20. Юрьева А.Л., Гаврилова О.И., Хлюстов В.К. Динамика формирования надземной части культур сосны в период ранней диагностики // Resources and Technology. – 2008. – № 7. – С. 149–151.

21. Burdett A.N. New methods of measuring root growth capacity: their value in assessing lodge pole pine stock quality // Canadian Journal of Forest Research. – 1979. – Т. 9. – Р. 63–67.

22. Heiskanen J., Rikala R. Influence of different nursery container media on rooting of Scots pine and silver birch seedling after transplanting // New Forests. – 1998. – Т. 16, № 1. – Р. 27–42.

23. Mattsson A. Root Growth Capacity and Field Performance of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* Seedlings // Scandinavian Journal of Forest Research. – 1991. – Т. 6, № 1–4. – Р. 105–112.

24. Partanen J., Beuker E. Effects of photoperiod and thermal time on the growth rhythm of *Pinus sylvestris* seedlings // Scandinavian Journal of Forest Research. – 1999. – Т. 14, № 6. – Р. 487–497.