

УДК 637.133.3

DOI: 10.15393/j2.art.2015. 3081

Обзор

Опыт разработки и использования контейнерных субстратов для лесных питомников. Альтернативы торфу.

Елена В. Робонен^{1*}, Мария И. Зайцева², Надежда П. Чернобровкина¹, Оксана В. Чернышенко³, Сергей Б. Васильев²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт леса Карельского научного центра Российской академии наук, Лаборатория лесных биотехнологий; e-mail: er51@bk.ru; Tel.: +7 (8142) 76-95-00, 76-81-60

² Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина 33, 185910, Петрозаводск, Россия; e-mail: 2003bk@bk.ru (М.И.З.).

³ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет леса» (ФГБОУ ВПО «МГУЛ»), e-mail: mgul@mgul.ac.ru, Tel.: 8 (495) 583-64-90

* Автор, с которым следует вести переписку; e-mail: er51@bk.ru;

Получена: 15 февраля 2015 / Принята 10 марта 2015: / Опубликовано: 10 июля 2015

Аннотация: Для широкого внедрения технологии выращивания посадочного материала хвойных пород с закрытой корневой системой, обеспечивающей процесс создания лесных культур качественным посадочным материалом, необходимо производство контейнерного субстрата с оптимизированными физико-химическими характеристиками, гарантирующими нормальное развитие корневой системы и полноценное питание растений. Рассмотрены критерии оценки качества контейнерных субстратов, некоторые области их использования, этапы их разработки в историческом аспекте. Лучшим для выращивания сеянцев в лесопитомниках традиционно считался субстрат из верхового сфагнового торфа, однако в течение последних лет было вложено много средств и усилий в разработку и испытание альтернативных торфу вариантов компонентов субстратов в связи с экологическими проблемами, возникающими в результате торфодобычи. Любой потенциальный заменитель торфа должен иметь подходящие характеристики, быть доступным в значительных количествах, унифицированным и экономически совместимым с потенциальным рынком. Из множества альтернатив торфу в качестве компонентов субстратов наиболее

прочно утвердились некоторые компостируемые биоотходы, кора и компост из коры, древесно-волокнистые материалы и кокосовые отходы. Показана пригодность древесных субстратов в качестве альтернативы торфу, но дополнительное внесение удобрений требуется, если торф не включен, по крайней мере, в количестве 40 процентов. Существующее на ЦБК оборудование позволяет перерабатывать круглые лесоматериалы, тонкомерную древесину, а также порубочные остатки с получением в качестве конечного продукта щепы различного назначения. Испытано доизмельчение щепы в компонент субстрата с использованием мельницы дискового типа.

Ключевые слова: контейнерные субстраты; посадочный материал; хвойные породы; сеянцы с закрытой корневой системой; торф, древесно-волокнистые материалы; древесные субстраты; лесопитомники

DOI: 10.15393/j2.art.2015. 3081

Revy

An experience of designing and applying non-peat substrates for forest nursery containers. Peat alternatives.

Elena V. Robonen¹, and Maria Zaitseva², Nadegda P. Chernobrovkina¹ and Oksana V. Tshernychenko³, Sergey B. Vasil'ev²

¹ Forest Research Institute of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences (FRI KarRC RAS) e-mail: forest@krc.karelia.ru; Tel.: +7 (8142) 76-95-00, 76-81-60

² Petrozavodsk State University, Lenin av. 33, 185910 Petrozavodsk, Russia;
e - mail: 2003bk@bk.ru (M. I.Z.);

³ Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Forest University", e-mail: mgul@mgul.ac.ru, Tel.: 8 (495) 583-64-90

* Author to whom correspondence should be addressed; e-mail: er51@bk.ru;

Tel.: +7 (8142) 76-95-00, 76-81-60

Received: 15 February 2015/ Accepted: 10 March 2015 /Published: 10 July 2015

Abstract: To widely introduce the technology of container nursery of coniferous stocking material, which provides for establishment of forest crops using high-quality plants, one needs to produce container substrates with optimized physicochemical properties, which guarantee normal development of the root system and relevant nutrition for the plants. Criteria for assessing the quality of such substrates, some of their applications, stages of their development history are considered. A substrate of raised bog sphagnum peat has traditionally been regarded as the best option for growing seedlings in forest nurseries. Lately however great funds and efforts have been invested in designing and testing alternative substrate components in the attempt to reduce transport costs and avoid the environmental consequences of peat harvesting. Any potential substitute for peat must have certain characteristics, be available in substantial amounts, standardized and economically compatible with the intended market. Of the many alternatives to peat, the most firmly adopted are some composted biowastes, bark and composted bark, wood fibers and coconut wastes. Applicability of woody substrates as an alternative to peat has been demonstrated, but in that case fertilizers need to be added. If peat is not included in the substrate, the fertilizer supplementation should be at least 40 percent. Pulp-and-paper mills have the equipment for processing logs, small-

diameter trees and logging residues into chips for various purposes. Regrinding chips for nursery substrates using disc mills was tested.

Keywords: container substrates; planting material; conifers; seedlings with closed root system; peat, wood-fiber materials; woody substrates; forest nurseries

1. Введение

Необходимость восстановления ресурсного потенциала таежных лесов является актуальной задачей лесного комплекса [39, 42]. В мировой экономике интерес к искусственному возобновлению лесов продолжает расти. Изучая тенденции изменения элементов биоразнообразия в таежных лесах в связи с хозяйственной деятельностью, А. Д. Волков и соавторы отмечают, что «лесные культуры хвойных пород способствуют сохранению свойственного коренным лесам формационного, ценотического и видового разнообразия растений и животных, а также популяционного и генотипического разнообразия млекопитающих и птиц» [5]. Лесовосстановительные мероприятия сокращают цикл выращивания спелой древесины (оборот рубки) [5]. Показана возможность ускоренного выращивания в условиях средней тайги культур сосны и ели целевого назначения, по продуктивности не уступающих плантационным культурам, но более экономичных и экологически безопасных [41, 42]. Обоснована целесообразность создания культур на вырубках кисличных и черничных ельников и сосняков средней тайги посадкой. Использование качественного посадочного материала при создании лесных культур позволяет снизить густоту посадки, уменьшить затраты на разреживание и уменьшить повреждаемость стволов и корней деревьев при его проведении [42]. Производство контейнерного субстрата с оптимизированными физико-химическими характеристиками, гарантирующими нормальное развитие корневой системы и полноценное питание растений необходимо для широкого внедрения технологии выращивания посадочного материала хвойных пород с закрытой корневой системой (ПМЗКС), обеспечивающей процесс создания лесных культур качественным посадочным материалом. В питомниках для этих целей используется преимущественно верховой сфагновый торфа с комплексом минеральных удобрений. Однако в настоящее время в мире активно пропагандируется использование различных альтернативных органических и минерально-органических материалов для контейнерного растениеводства в связи с экологическими проблемами, возникающими в результате механизированной торфодобычи. Этот процесс разрушает четко сбалансированную гидрологию болот, наносит ущерб местам обитания диких животных. В результате осушения и разработки торфяников происходит рост эмиссии углерода, накопленного в торфе. В последнее время вкладываются большие средства в разработку и испытание различных альтернативных торфу вариантов субстратов и компонентов субстратов.

Контейнерный способ выращивания

Посадочный материал древесных растений с закрытой корневой системой

Внедрение посадочного материала с закрытой корневой системой (ПМЗКС) способствует рациональному расходованию семян, сокращению сроков выращивания сеянцев, наращиванию объемов посадок сосны и ели [40]. ПМЗКС легче адаптируется к условиям вырубке, обладает лучшей сохранностью и ростом [12, 40]. Вопросам, связанным с разработкой технологии выращивания ПМЗКС и их использования в культурах посвящены многие исследования, имеется практический опыт [3, 12, 28, 30, 43]. При разработке современной технологии выращивания посадочного материала учитывался опыт, накопленный в ходе эколого-физиологических исследований по влиянию условий выращивания (минерального питания, освещенности, влажности, аэрируемости почвы и др.) на рост и развитие сеянцев.

Растительные среды для малообъемного выращивания (контейнерные субстраты)

Основными физическими функциями контейнерного субстрата является крепление корневой системы, что обеспечивает устойчивость растения, и регулирование подачи воды, кислорода, элементов питания к корням [71]. Существует множество материалов с небольшой объемной плотностью, которые могут быть использованы, как единственный компонент, или в различных комбинациях, для приготовления контейнерных субстратов. Растительные среды (growing media) это материалы, кроме почв *in situ*, в которых выращиваются растения [72]. Это все материалы, присутствующие на рынке, как для профессионального, так и любительского растениеводства, продукты и промышленного, и кустарного производства. Сюда включены растительные среды для всех видов растений, в том числе древесных, выращиваемых, как правило, в контейнерах, а также почвы для грибов. Термин "субстраты" ("Substrate") часто используется как синоним «растительная среда», хотя это определение не так точно [95].

При использовании малообъемных технологий выращивания требования, предъявляемые к среде выращивания значительно более жесткие, чем в открытом грунте, где имеются возможности для роста корней в неограниченном объеме почвы [22, 71]. Ограниченный объем искусственно созданной корнеобитаемой среды контейнеров диктует необходимость оптимизации ее физико-химических характеристик, обеспечивающих нормальное развитие корневой системы и полноценное питание тепличных растений [22]. Субстрат должен обладать высокой влагоёмкостью, малой насыпной плотностью, аэрируемостью, буферностью, высокой сорбционной способностью. При выращивании семян хвойных пород необходимо, чтобы субстрат обладал устойчивой структурой, которая в течение двух – трех лет не поддавалась бы существенно действию микробиологического разложения. Отсутствие контакта с почвой препятствует нормальному дренажу, что может приводить к переувлажнению после полива или иссушению в условиях высокого испарения [71].

Компоненты и основные свойства контейнерных субстратов

Выбор того или иного материала для приготовления контейнерных субстратов, как правило, определяется его доступностью, стоимостью и наличием местного опыта его использования. Составляющие или основные компоненты субстрата представляют значительную часть и, как правило, выражены в процентах от объема. Лучшим субстратом для выращивания семян сосны, ели и лиственницы в питомниках традиционно считался верховой торф с комплексом минеральных удобрений [31]. Использовался также торф низинных болот, а в районах расположения лесоперерабатывающих и лесохимических предприятий – компостированная кора хвойных пород в чистом виде или в смеси с торфом, компостированный гидролизный лигнин [31]. Многочисленными исследованиями было показано, что использование различных видов отходов коммунального хозяйства, лесоперерабатывающей, целлюлозно-бумажной, горнодобывающей промышленности в виде компостов и смесей в лесных питомниках позволяет повысить почвенное плодородие или качество контейнерных субстратов, увеличить выход и качество стандартного посадочного материала [14, 15, 16, 21, 33, 35, 44, 45, 46]. Для сокращения количества отходов требуется комплексная переработка лесных ресурсов, развитие технологий максимально полного использования биомассы дерева [10, 17]. Использование древесного сырья для приготовления контейнерных субстратов является одним из способов решения этой задачи. В настоящее время в основном используются торф, компост из биоразлагаемых отходов, древесное волокно, кокосовое волокно, перлит, вермикулит. Добавки к растительным смесям, или дополнительные ингредиенты, которые, как правило, добавляют в смесь по весу,

в граммах на килограмм, включают удобрения, известковые материалы, буферные материалы, связующие вещества, смачивающие агенты, гидрогели, химические пестициды, биологические продукты, красители и другие вещества [95].

Современный рынок, основные производители субстратов и источники сырья

Одним из крупнейших производителей растительных сред для профессионального и любительского рынка является Германия [95]. В Нидерландах внутренний запас торфа истощен, но преобладающая доля коммерческого ex-situ растениеводства базируется на использовании торфяных растительных сред, как и в других странах с развитым растениеводством. В результате импорт торфа, в основном из стран Балтии, по-прежнему не ослабевает. В целом, в Северо-Западной Европе материалом, наиболее широко используемым в контейнерных смесях, является торф, а в США также широко используются кора, вермикулит и перлит [95]. Хотя торф является самым важным компонентом растительных сред, использование других органических и минерально-органических материалов в настоящее время активно пропагандируется. В течение последних лет было вложено много средств и усилий в разработку и испытание альтернативных вариантов [95].

Из истории разработки и использования контейнерных субстратов

Начальный этап. Органо-минеральные (или минерально-органические) субстраты

Представление о составе и свойствах контейнерных субстратов эволюционировало в течение длительного периода. Торф, легкий суглинок и хвоя были использованы для выращивания азалии многими поколениями садоводов. Описаны эксперименты, проведенные в Версале, в 1892 году, по выращиванию азалий на таких средах [71, 99]. В штате Огайо, США, в конце 1920-х и начале 1930-х годов экспериментировали с использованием торфо-песчаных смесей для выращивания растений широкого ассортимента [71]. Разработка в 30-х годах прошлого века в Институте садоводства им. Джона Иннеса в Великобритании почвенных смесей или компостов (John Innes composts (JI)) была первой попыткой исследователей создать стандартизованную среду для выращивания, соответствующую потребностям растений различных видов. До этого производители готовили индивидуальные смеси для каждого вида растений по особым рецептурам. Пятьдесят лет опыта работы с компостами Джона Иннеса показали, что при правильном приготовлении и использовании они позволяют получать отличные результаты [71].

Торфяные субстраты

Первые разработки

В 1950-х годах американские исследователи возродили интерес к использованию торфа и песка и получили хорошие результаты по сравнению с растениями, выращенными на традиционных в то время смесях на основе минеральных почв [59, 60]. В Европе, в Баварии, разрабатывали контейнерные субстраты из чистого торфа [90]. Систему выращивания в торфе, известную как 'basin culture', с растительным субстратом, изолированным от почвы полиэтиленовой пленкой, разработали в Финляндии для выращивания овощных и декоративных культур [92]. Торфяники занимают в Финляндии треть территории, и естественно, что большое внимание уделяется использованию этого ресурса. Были проведены масштабные исследовательские работы по выяснению химических и физических

свойств торфа [92]. Результаты исследований позволили разработать и широко внедрить в практику систему интенсивного выращивания на торфяном субстрате. Было сделано несколько попыток по включению глины в порошкообразной или гранулированной форме в смеси, изготовленные из торфа и песка [71].

Основные характеристики торфяного субстрата

Разработка и усовершенствование торфяных субстратов происходили постепенно, по мере изучения конкретных потребностей растений при их выращивании на более легких смесях, а также возможностей, обеспечиваемых торфом с учетом его физических и химических свойств. В Великобритании использование торфа в садоводстве разрабатывалось в течение 40 лет, торф заменил ранее предпочитавшиеся субстраты на основе минеральных почв [68]. За 40-летний период, торф был высоко оценен при разных условиях и режимах выращивания.

Сфагновый (*Sphagnum*) торф был основным компонентом растительных сред в течение нескольких десятилетий, так как его характеристики идеальны для этой цели (таблица 1).

Таблица 1. Guide values for the assessment of raised bog (*Sphagnum*) peat (DIN 2005). (v/v) = by volume (by Schmilewski 2008).

Characteristics	Method	Units	Degree of decomposition of raised bog peat (without additives)				
			Low	Low to Moderate	Moderate	Moderate to High	High
(Degree of) humification	DIN 11540	H (von Post)	2 – 4	3 – 5	4 – 6	5 – 7	6 – 8
Bulk density dry DBD	EN 13041*	kg/m ³	50 – 80	60 – 100	80 – 130	120 – 170	160 – 220
Total pore space PS		% (v/v)	95 – 97	94 – 96	92 – 95	90 – 93	87 – 91
Water capacity WV		% (v/v)	42 – 83	46 – 84	55 – 85	63 – 85	71 – 85
Air capacity AV		% (v/v)	14 – 55	12 – 50	10 – 40	8 – 30	6 – 20
Shrinkage value		% (v/v)	20 – 30	25 – 35	30 – 40	35 – 45	40 – 50
pH value	EN 13037*		–	–	3,5 – 5,0	–	–
Electrical conductivity G	EN 13038*	mS m ⁻¹	1,0 – 3,0	1,5 – 4,0	2,0 – 5,0	2,5 – 6,0	3,0 – 7,0
Organic matter Wom	EN 13039*	% (m/m)	98 – 99	94 – 99	94 – 99	94 – 99	94 – 99
N (CAT)	EN 13651*	mg L ⁻¹			Up to 50		
P2O5 (CAT)		mg L ⁻¹			Up to 30		
K2O (CAT)		mg L ⁻¹			Up to 40		

* EN = European Standard. European Standards are developed by CEN, the European Commission for

Standardisation

С современных позиций торф определяют, как «полуколлоидно - высокомолекулярную многокомпонентную, полифракционную, гидрофильную систему с признаками полиэлектролитов и микромозаичной гетерогенности» [26]. Клеточная структура сфагнового торфа от неразложившегося до умеренно разложившегося гарантирует высокую влагоемкость и одновременно высокую воздухоемкость [95]. Теплота смачивания торфяных почв, являющаяся мерой гидрофильности, составляет 25-31 кал/г, причем в процессе минерализации торфяные почвы не гидрофобизируются [18]. Основные торфообразователи верховых болот – сфагновые мхи - подкисляют среду, придают ей антисептические свойства. Они содержат в 2-3 раза меньше зольных элементов, чем сфагновые мхи, произрастающие в мезотрофных условиях на увлажненных почвах. Торфообразователь верховых болот *Sphagnum fuscum* содержит азота 0,59, фосфора 0,03, калия 0,36 %, а характерный для переходных торфяных почв *Sph centrale* - 0,92, 0,07 и 0,92 %, соответственно [8]. Низкий уровень содержания питательных веществ и рН и позволяют изменять эти характеристики искусственно, чтобы задать строго определенные значения. Условия образования торфа обеспечивают отсутствие вредителей, возбудителей почвенных болезней, семян сорняков [34, 68, 95]. Преимуществами торфа в качестве основного компонента субстратов являются: отличное соотношение воздух / вода, низкая скорость разложения при использовании в контейнерах [68].

Подкормка раствором минеральных удобрений

Когда растения выращивают в течение длительного времени в малом объеме растительного субстрата, обеспеченность доступными элементами минерального питания истощается, рост прекращается, могут наблюдаться симптомы дефицита питательных веществ. Устраняли такой дефицит садоводы, внося в каждый сосуд определенную дозу порошкообразного удобрения или внося жидкую подкормку, полученную экстрагированием органических удобрений, что не обеспечивало точной сбалансированности элементов питания и отнимало много времени. Способ добавления растворимых химических веществ в поливную воду, позволивший существенно сократить трудозатраты и получивший в дальнейшем широкую популярность, был впервые использован в 1930 году. Популярности метода способствовал значительный рост стоимости труда; необходимость получения максимальной скорости роста и наибольшего числа растений в год от каждой теплицы; разработка автоматических или полуавтоматических систем полива, которые обеспечивают эффективный и легкий способ объединения процессов подкормки и полива в один; широкое использование легких смесей, имеющих большую потребность в подаче жидкости, чем старые, на основе суглинистых компостов [71].

Водосберегающий режим выращивания

Растения, выращиваемые в горшках (сосудах) имеют лишь сравнительно небольшие запасы воды в субстрате, которые быстро исчерпываются, если не пополняются частыми поливами. Некоторые растения требуют до трех поливов в день в середине лета для предотвращения увядания [71]. Предпосылкой для разработки системы интенсивного выращивания явилась необходимость полного обеспечения растения водой при выращивании в условиях изолированной корневой системы. Потеря тургора приводит к

немедленному снижению интенсивности роста. В течение жаркого периода, при высоком уровне солнечной радиации, любое снижение тургора сопровождается уменьшением устьичной апертуры. Крайне важно, чтобы вся поступающая вода использовалась эффективно. Поступление к субстрату больших объемов воды при интенсивном выращивании приводит к вымыванию питательных веществ. В теплые периоды, до 60-80 % азота и почти такое же количество калия теряется торфяным субстратом в процессе выщелачивания, которое приводит не только к потере элементов минерального питания, но и к нарушению их соотношения в доступной форме, а также к загрязнению окружающей среды. Все эти факторы сделали водосбережение абсолютно необходимым при интенсивном выращивании [92].

Альтернатива торфу

Экологический аспект

В конце 1980-х годов, возникли опасения по поводу использования торфа в растениеводстве в связи с осознанием ущерба, который механизированная добыча наносила местам обитания диких животных. Добыча торфа разрушает четко сбалансированную гидрологию болот. В этот период возрос интерес к изучению эмиссии углерода, накопленного в торфяных почвах, и ее потенциального вклада в изменение климата. Тундровые и различные заболоченные почвы, а также торфяники являются мировыми хранилищами почвенного углерода [38]. Как отмечает Н. И. Пьявченко, «болотные биогеоценозы служат аккумуляторами и консерваторами колоссальных запасов органического вещества, воды и тепловой энергии. На гектаре торфяной залежи мощностью 2 м содержится в среднем 18 тыс. м³ воды и 2 тыс. т сухого вещества с запасом энергии около 10 600 млн. ккал. Болотные биогеоценозы следует рассматривать как особый тип аккумулирующих систем биосферы» [32]. Торфяные болота в Великобритании, как полагают, содержат больше углерода, чем леса Великобритании и Франции вместе [100]. Один кубометр добываемого торфа в конечном итоге приводит к эмиссии около 50 кг углекислого газа [57]. Интенсивная эмиссия CO₂ наблюдается с осушенных, деградированных торфяных поверхностей, подготовленных для добычи торфа [57]. Хотя Великобритания имеет значительные ресурсы торфа, правительство поощряет использование в промышленном растениеводстве альтернативных торфу материалов для приготовления субстратов, стремление к почти полной замене торфа. Причины кроются в необходимости сохранения мест обитания видов диких животных, связанных с торфяниками и сохранение экологической устойчивости, но без нанесения ущерба конкурентоспособности промышленного растениеводства и сопутствующих отраслей Великобритании. Это привело к прекращению добычи торфа и началу восстановления торфяников на нескольких крупных болотах [57].

В ЕС торф исключен из числа экологически обоснованных материалов для производства растительных субстратов и почвенных мелиорантов и не рассматривается как возобновляемый источник энергии. Тем не менее, нет официальной политики ЕС на сохранение торфяников в связи с растущим давлением со стороны государств-членов с большими запасами торфа, таких как Финляндия и Швеция [57, 74].

Первые варианты альтернативных компонентов субстратов. Поиски альтернативных компонентов субстратов

При разработке новых смесей субстратов необходимо обеспечивать полезные характеристики, свойственные торфяным смесям. Конечной целью замены торфа является использование компонентов со стабильными характеристиками, имеющими источники сырья вблизи мест использования, что позволит сократить транспортные расходы [57].

Несколько альтернатив впервые появилось на рынке в 1980-х годах, хотя качество их было нестабильным: кора сосны, ели, лиственницы, древесное волокно, кокосовое волокно и компостированные зеленые отходы [57]. Исследования по производству высококачественных растительных сред из различных биоотходов продолжаются и в настоящее время. Их использование будет полезно с экологической точки зрения, но пока в большинстве вариантов дорого из-за больших технических трудностей и необходимости дополнительных материальных затрат [68].

Ограниченная доступность и низкое качество ранних вариантов альтернатив торфу привело многих растениеводов к мнению, что замена торфа практически невозможна [57]. Нежелание профессиональных растениеводов использовать новые материалы для растительных субстратов связано с тем, что на начальных стадиях разработок, в конце 80-х, начале 90-х годов, не соответствовали условиям выращивания, и требовали дополнительных финансовых затрат, связанных с решением ряда технических задач по отладке имеющегося оборудования [57].

В списках многочисленных органических и минерально-органических материалов – возможных заменителей торфа в садоводстве и озеленении были отмечены отходы животноводства, кора и компосты из коры, отходы целлюлозно-бумажного, гидролизного производства (лигнин, шламы) и компосты на их основе, отходы хмеля, зерна, кокосовое волокно, перегной, осадки сточных вод, биогумус, древесные отходы (стружки, опилки и др.), соломенные изделия, макулатура, водоросли, пищевые отходы, рисовая шелуха, отходы сахарного и табачного производства, садовые компосты, компосты из муниципальных отходов и древесное волокно и даже измельченная резина [2, 10, 45, 68, 75, 91]. Ко времени составления обзоров [68, 91], большинство из перечисленных материалов еще не были испытаны и опробованы для использования в профессиональном садоводстве. В результате многочисленных исследований из множества альтернатив торфяным субстратам наиболее прочно утвердились в качестве компонентов растительных сред некоторые компостированные биоотходы, кора и компост из коры, древесноволокнистые материалы и кокосовые отходы. Другие могут быть использованы для специальных целей (например, рисовая шелуха для аэрации) или в связи с тем, что они хорошо доступны в отдельном регионе, локально, но не могут быть рекомендованы для широкого применения.

Требования к характеристикам компонентов

Для разработки составов и производства растительных сред, подходящих для этого рынка, должно быть принято во внимание большое количество химических, физических, биологических и экономических характеристик их компонентов (таблица 2).

Таблица 2. Properties of growing media and their constituents that pertain to “quality” (Schmilewski, 2008).

PHYSICAL	CHEMICAL	BIOLOGICAL	ECONOMIC
structure and structural stability	pH	weeds, seeds and viable plant propagules	availability
water capacity	nutrient content	pathogens	consistency of quality
air capacity	organic matter	pests	cultivation technique
bulk density	noxious substances	microbial activity	plant requirements
wettability	buffering capacity	storage life	price

Несмотря на необходимость замены торфа, его по-прежнему трудно полностью исключить, и он входит в состав большинства смесей в качестве разбавителя для компенсации менее благоприятных характеристик "альтернатив" [95]. Современное растениеводство с компьютерным программированием орошения и удобрения, с компьютерным управлением посадочными машинами, пикировочными роботами, климат-контролем теплиц и производством по строгому временному графику требует надежных растительных сред с гарантированным качеством [95]. Любой потенциальный заменитель торфа должен иметь подходящие физические и химические свойства, быть доступным в значительных количествах, и быть унифицированным и экономически совместимым с потенциальным рынком [76]. Выбирать субстрат для конкретных условий и конкретных видов растений важно с учетом его физических характеристик, так как они не могут быть изменены в процессе выращивания [80, 98]. Информация о физических характеристиках субстрата используется для правильного выбора режима выращивания. Для контроля водоснабжения, например, необходимо знать отношение вода / воздух в субстрате [65, 80]. Определение объемного веса или насыпной плотности является необходимым условием для расчета содержания элементов питания субстратов [80].

Компоненты из древесного сырья. Кора и древесина

Первые попытки приготовления субстратов из древесного волокна

Субстраты из древесного волокна в течение нескольких лет пытались внедрить в садоводстве [80]. Они относятся к числу наиболее активно исследуемых и перспективных альтернативных материалов, из оцениваемых в последние десятилетия [83]. Для хорошего роста древесных культур в питомниках пытались использовать, в некоторых случаях успешно, субстраты из нескольких древесных материалов, в том числе щепы кедра [69], лесных отходов [94], отходов лесопитомников [97], а также коммерческие древесноволокнистые субстраты, включая Cultifibre®, Hortifibre®, и Toresa® [64, 88] из щепы лиственных пород, прежде всего дуба и вяза [85].

Древесные волокна в структуре пористые, рыхлые и эластичные. Они имеют низкую объемную плотность, высокую воздухоемкость (хорошую дренированность) и очень низкую влагоемкость. Благодаря своей низкой степени усадки они могут уменьшить усадку торфяной смеси в сосуде. Кроме того, они имеют хорошую смачиваемость и свободны от семян сорняков и патогенных микроорганизмов, имеют рН от 4,5 и 6,0 (H₂O) [95].

Были разработаны субстраты, состоящие из старой сосновой коры в смеси с измельченной свежей древесиной или измельченными целыми деревьями (хвоя, ветки, кора, и древесина) сосны ладанной, однако сравнительные испытания по выращиванию нескольких видов древесных растений продемонстрировали наилучшие результаты на субстратах, состоящих на 100% из коры по сравнению с двумя испытываемыми древесными [86]. Очевидно, дополнительная работа была необходима по разработке древесной составляющей для ее использования в качестве компонента контейнерного субстрата.

Субстраты из древесного волокна сосны ладанной

Два десятилетия спустя, было показано, что древесные и травянистые растения можно выращивать на субстрате, на 100 % состоящем из измельченных окоренных бревен сосны ладанной [103]. Сосновый субстрат с частицами различных размеров получали путем помола грубых сосновых щепок (примерно 2.5x2.5x0.6 см) из свежесрубленных бревен сосны ладанной в молотковой мельнице, снабженной ситами различных размеров: 1,59, 2,38, 3,18, 4,76, 6,35 мм. [83].

Результаты, полученные при испытании субстратов, приготовленных из измельченных неокоренных бревен сосны ладанной, состоящих примерно на 90% из древесины и на 10% из коры, показали лучшие результаты, чем приготовленные на 100% из древесины [84]. При дальнейшей работе была подтверждена возможность использования различных частей дерева, в том числе отходов, образующихся при заготовке древесины и при рубках ухода (ветки, хвоя, кора, шишки и т.д.) для выращивания как древесных, так и однолетних декоративных растений [67, 77, 78].

Физические характеристики компонентов субстратов из древесного волокна

Важно, чтобы свойства исходного растительного сырья и способы его переработки обеспечивали необходимые характеристики получаемого субстрата. Контейнерные субстраты должны иметь адекватное воздушное пространство (ВП) и водоудерживающую способность (ВС) в течение всего периода выращивания, обеспечивая благоприятные для роста растений условия. Физические свойства субстратов, необходимые для роста растений, могут изменяться с течением времени в контейнерах в результате нескольких процессов [58, 87]. Изменения включают сокращение воздушного пространства в результате оседания и сегрегации частиц различных размеров [61], усадку субстрата [70], разложение органических веществ и физический распад конгломератов [66, 89]. Распад органического вещества и его последующая гумификация включает уменьшение содержания полисахаридов и производство конструкций, включающих более ароматические соединения [79]. Современные рекомендации по контейнерным субстратам для питомников указывают, что после полива и дренажа, субстраты должны иметь от 10% до 30% ВП, от 45% до 65% ВС, от 25% до 35% доступной влаги, от 25% до 35% недоступной влаги, от 50% до 85 % общей пористости и от 0,19 до 0,70 г·см⁻³ объемной плотности [105].

Частицы субстрата обычно группируют по размерам в три категории / класса: грубые (более 2,0 мм), средние (от 0,5 до 2,0 мм), и мелкие (менее 0,5 мм) [73, 93]. Построение

распределения относительного содержания частиц по категориям размеров в субстрате до и после процесса выращивания позволяет оценить интенсивность процесса разложения субстрата, сокращения числа крупных частиц и увеличения мелких [62].

Иммобилизация азота в субстратах на древесной основе

В субстратах на древесной основе отмечается более высокая микробная активность и повышенная иммобилизация азота по сравнению с субстратами из торфа или коры, что приводит к необходимости внесения дополнительных удобрений [83]. Закономерности, связанные с круговоротом азота и его основные звенья, в которых главными агентами выступают микроорганизмы, активно исследуется в природных почвенных экосистемах [8, 13, 23, 27, 47]. В этом круговороте участвует молекулярный азот и его минеральные и органические соединения. Обширная информация, полученная в полевых условиях, используется при изучении процессов, происходящих в контейнерных субстратах. Показано, что азот полностью иммобилизуется в клетках микроорганизмов при его содержании в органическом веществе разлагающейся растительной массы менее 2%. При более высоком содержании ($C : N < 25$) он выделяется в форме аммиака. Аммонийный азот служит источником питания для растений и микроорганизмов (автотрофов и гетеротрофов). Нитраты служат основным источником азотного питания для растений. Многочисленные авторы сообщали об иммобилизации азота в древесных субстратах в диапазоне от 10 до 300 мг N / л субстрата за неделю в процессе выращивания [63, 81, 96]. Микробная активность, которую определяли по эмиссии CO_2 , в субстрате из древесины, была в два и в пять раз выше, чем в субстратах из коры и из торфа, соответственно, что, вероятно, связано с более высоким содержанием углерода целлюлозы в субстратах из древесины и коры, и более высоким содержанием углерода лигнина в торфе. Лигнин, как известно, более устойчив к микробному распаду, чем целлюлоза [82]. Наличие большого количества лигнина в растительных тканях затрудняет их минерализацию [23, 24]. Сосновая кора имела потери 29% доступного для растений азота в результате микробной иммобилизации в течение 4 недель, тогда как древесный субстрат – 68%. Иммобилизация азота имела место и в торфе в течение первых двух недель, но полная потеря составила всего 13% [82]. При использовании в качестве компонента субстрата коры ели и других хвойных пород, ее, как правило, компостируют. Особенностью коры является ее чрезвычайно легкая размалываемость, т. е. за короткий срок размолла достигается очень высокий помол в градусах Шоппер-Риглера ($^{\circ}ШР$) [7, 25]. Измельченная и отсортированная сырая кора подвергается ферментативной обработке в буртах с целью устранения иммобилизации азота. В начале процесса ферментации к коре добавляется азот, в основном, в виде мочевины, для активизации микробной активности, в результате чего отношение $C : N$ уменьшается, иммобилизация азота сокращается [95].

Для того чтобы предотвратить иммобилизацию азота древесными волокнами, которая может привести к трудностям при выращивании, особенно в коммерческом растениеводстве, щепу "пропитывают" азотными удобрениями перед подачей в экструдер. В результате такой обработки медленно выделяемое азотное удобрение противодействует иммобилизации азота путем непрерывной подпитки азотом микроорганизмов, внедрившихся в готовый продукт [95].

Корректировка размеров частиц древесных субстратов и дополнительные удобрения

Усадка древесного субстрата была бы одной из проблем, если бы не корни растений, которые заполняют пустоты, вызванные разложением. Несмотря на разложение, устойчивость древесного субстрата оказалась достаточной для поддержания роста растений при выращивании в течение двух вегетационных сезонов (70 недель) [82]. Для более долгосрочного выращивания или в более теплом климате, разложение может оказаться большой проблемой. Можно свести к минимуму разложение, включая в субстрат более крупные частицы (от 16,0-мм до 2,5 см), произведенные на молотковой мельнице с большими ситами, а затем внося добавки в виде коры, песка или другого материала с большим содержанием тонкодисперсных частиц для обеспечения нужного ВП и ВС [82, 104].

Эксперименты по определению сравнительной потребности в удобрениях показали, что для достижения роста растений на древесном субстрате, сравнимого с ростом на субстрате из коры, требуются более высокие дозы удобрений. Более низкая электропроводность древесного субстрата, чем субстрата из коры, вероятно, связана со снижением его катионообменной способности, а также с более высокой микробной иммобилизацией [101].

Таким образом, на примере древесины сосны ладанной показана пригодность древесных субстратов в качестве альтернативы торфу, но дополнительное внесение удобрений требуется, если торф не включен по крайней мере в количестве 40 процентов. Для оптимального роста растений производители должны будут или добавлять торф, или вносить дополнительное удобрение [82].

Хотя при использовании древесных субстратов имеют место дополнительные расходы производства, связанные с внесением повышенных доз удобрений, есть и преимущества в стоимости по сравнению с субстратами из коры и торфа. Например, древесина может быть измельчена до размера частиц, который будет обеспечивать приемлемые уровни влагоемкости и аэрации в субстрате, сравнимые с торфом и корой, без дополнительных затрат, включающих внесение перлита или вермикулита, которые часто добавляют в коммерческие субстраты. В отличие от коры, древесине не требуется компостирование, что делает ее легко доступной сразу же после заготовки. Кроме того, древесные субстраты можно производить в любом месте, где можно выращивать сосну, что позволяет снизить транспортные расходы, связанные с торфом [82].

Эколого-физиологическое обоснование технологии выращивания сеянцев

Экспериментально доказана возможность выращивать многие виды древесных и травянистых растений на субстратах из измельченных, как окоренных, так и неокоренных, свежесрубленных бревен сосны ладанной [83, 102]. Для разработки технологии приготовления субстратов из других древесных пород, как хвойных, так и лиственных, произрастающих на территории России, проводятся исследования по оптимизации технологии переработки с учетом свойств древесины и возможностей имеющейся техники. Для оценки физиологического состояния сеянцев и саженцев в связи с условиями выращивания при испытаниях субстратов разработаны количественные критерии: биометрические показатели; элементный и биохимический состав органов; ферментативная активность, интенсивность фотосинтеза, скорость ксилемного потока [11, 37, 48, 51, 52, 53, 56]. Липидный и аминокислотный состав сеянцев может эффективно использоваться для диагностики обеспеченности макро- и микроэлементами при разработке принципов оптимизации минерального питания [49, 54, 55].

Возможные источники сырья для производства древесных субстратов.

В России совершенствование технологий глубокой переработки древесного сырья является в настоящее время одним из приоритетных направлений развития лесопромышленного комплекса [4, 10, 15]. Практически неиспользуемым биоресурсом являются порубочные остатки и древесная зелень. В условиях Севера органическое вещество порубочных остатков медленно вовлекается в процесс биоконверсии. Оставленные в лесу порубочные остатки являются источником возникновения лесных пожаров, способствуют размножению энтомофитов, провоцируют грибные заболевания, что может приводить к ослаблению и гибели лесных массивов. Нестволовая органическая масса составляет значительную часть общей фитомассы спелых насаждений и при полной ее утилизации общий размер лесопользования при главных рубках можно повысить на 20-30% [20]. Одним из путей решения проблемы является использование порубочных остатков в комплексе с торфом и другими компонентами для приготовления субстратов.

Практический интерес представляет привлечение тонкомерной древесины от рубок ухода для производства древесноволокнистых полуфабрикатов. Микроскопический анализ показал, что волокна целлюлозы из тонкомерной лиственной древесины короче и уже, стенки их тоньше по сравнению с волокнами целлюлозы из хвойной древесины, что согласуется с поведением их при размоле. При одинаковых условиях размол целлюлоза из тонкомерной сосны размалывается до стандартного градуса помола (60⁰ШР) за 35 мин, из березы за 23 мин и из осины за 24 мин, что, вероятно, объясняется наличием у целлюлоз из лиственных пород большого количества коротких волокон [25]. Преобладание коротких волокон является предпочтительным при производстве контейнерных субстратов при малообъемной технологии.

При использовании щепы из всего дерева, лесосечных отходов, тонкомерной древесины от рубок ухода важно знать соотношение органов и тканей (древесины, коры, хвои (листьев)) по массе [6]. Модели возрастной динамики таксационных признаков и распределения различных фракций фитомассы, позволяют оценивать полный биоресурсный потенциал древостоев и прогнозировать его изменение с возрастом [1, 20]. Так, стволовая часть сосны, например, увеличивается с 50,5% в 20-летнем молодняке до 81% в спелом древостое, содержание коры снижается с 13 до 7,5%, хвои – с 20,5 до 3,8%, сучьев – с 16,0 до 7,4% [19].

Может оказаться перспективным приготовление контейнерных субстратов для использования в лесопитомниках из растений – биофильтров, обогащенных загрязняющими веществами, в том числе ТМ [36]. Способы фиторемедиации почвы от тяжелых металлов (ТМ), основанные на способности отдельных растений накапливать их в значительных количествах в органах, активно разрабатываются [50]. Внедрение метода неизбежно приведет к проблеме их утилизации. Использование таких отходов в сельском хозяйстве опасно из-за возможности попадания загрязняющих веществ в пищевые цепи [15]. Получены положительные результаты испытания субстратов с компонентами из быстрорастущих лиственных древесных растений, перспективных в качестве фиторемедиантов [15].

Приготовление контейнерных субстратов из порубочных остатков и тонкомерной древесины от рубок ухода

Существующее на ЦБК оборудование позволяет перерабатывать круглые лесоматериалы, тонкомерную древесину, а также порубочные остатки с получением в качестве конечного продукта щепы различного назначения. Дисковые мельницы, используемые в целлюлозно-

бумажной промышленности, ориентированы на максимизацию получения фибриллированных фракций в продуктах измельчения древесины. Однако если порубочные остатки используются в качестве компонента субстрата для выращивания сеянцев с закрытой корневой системой, требуется преобладание во фракционном составе измельченных порубочных остатков именно рубленых частиц, поскольку наличие длинных волокон в свежеприготовленном субстрате усложняет технологию заполнения ячеек, имеющих, обычно, относительно малые поперечные размеры. Кроме того, волокна могут оказывать механическое сопротивление прорастанию сеянца, вызывая искривление стволика, замедление роста сеянца и снижая тем самым качества посадочного материала. Очевидно, что полученную щепу необходимо доизмельчать. Для этого можно применять различное оборудование, используемое на ЦБК для размола различных полуфабрикатов на волокна, измельчения волокон и сообщения им определенных свойств. Было показано, что мельницы дискового типа можно использовать для доизмельчения порубочных остатков с целью получения компонента субстрата для выращивания сеянцев [15]. Необходимо учитывать, что фракционный состав продукта измельчения может существенно меняться в зависимости от вида гарнитур дисков и зазора между ними. Показано, что, варьируя этими факторами можно получать продукты размола, в которых будут преобладать либо фибриллированные, либо рубленые частицы древесного сырья. Так, при доизмельчении порубочных остатков лиственных пород наиболее эффективно процесс происходил на дисках, обеспечивающих перерезание волокон древесины, с режущими элементами в виде прямых ножей с углом наклона 30° и с постоянным сечением.

Проведенные в производственных условиях испытания технологии выращивания сеянцев сосны обыкновенной с использованием субстрата, содержащего древесный компонент из порубочных остатков лиственных пород (ивы козьей, березы повислой, ольхи серой), дали положительные результаты [15, 43].

Проблемы ЦБК в условиях глобализации экономики

В целях ресурсосбережения совершенствуются технологии по переработке круглых лесоматериалов на щепу. Щепа используется в качестве основного сырья в целлюлозно-бумажной промышленности, при производстве древесно-стружечных плит, в качестве биотоплива, в гидролизном производстве и в других целях. [4]. Однако, рост поставок целлюлозы на мировые рынки из стран «эвкалиптового пояса» увеличивает конкуренцию для российских целлюлозно-бумажных комбинатов, ориентированных на экспорт [29]. В странах Латинской Америки, где эвкалипт вырастает на плантациях до пригодных для промышленной переработки размеров всего за пять-семь лет, себестоимость лесозаготовки значительно ниже, чем в странах Европы и Северной Америки. Себестоимость товарной целлюлозы, произведенной в этом регионе, втрое ниже североамериканской и европейской, и примерно на треть ниже российской [9]. Импорт в Россию целлюлозы сульфатной лиственной и хвойной, применяемой для изготовления бумаги, также растет. Некоторые целлюлозно-бумажные комбинаты прекратили собственную варку целлюлозы и перешли на импортное сырье [29].

Оборудование по производству технологической щепы, имеющееся на таких ЦБК, в новых экономических условиях может оказаться не задействованным, и для его конверсии предлагается разработка технологии производства древесной составляющей контейнерных субстратов.

Заключение

В современной мировой практике растениеводства растет потребность в альтернативных материалах, возобновляемых и экономичных, для производства контейнерных субстратов. Это связано, прежде всего, с ограничениями поставок и ростом стоимости такого сырья как торф и кора хвойных древесных растений. Использование торфяных субстратов начинает сдерживаться в связи с растущими опасениями по поводу негативных экологических последствий торфодобычи. Исследования, проведенные в последние два десятилетия, показали, что контейнерные субстраты с использованием древесного материала, могут быть изготовлены с требуемыми свойствами, необходимыми для оптимального роста растений широкого спектра древесных и травянистых культур. Использование древесного сырья для приготовления контейнерных субстратов является одним из способов комплексной переработки лесных ресурсов, технологией, способствующей максимально полному использованию биомассы дерева, решению задачи утилизации древесных отходов. Имеющееся на ЦБК оборудование по производству технологической щепы предлагается использовать для производства древесной составляющей контейнерных субстратов, спрос на которые стремительно растет.

Исследования выполнялись с использованием приборной базы Центра коллективного пользования ИЛ КарНЦ РАН и поддержаны грантом Программы фундаментальных исследований ОБН РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий» в рамках проекта № 01201257867. Работа выполнена в рамках государственного задания ИЛ КарНЦ РАН.

Работа выполнена в рамках Программы стратегического развития Петрозаводского государственного университета на 2012-2016 годы.

Литература

1. Балыков Н. Г. Распределение фитомассы в сосняке лишайниковом. / Н. Г. Балыков, Л. М. Виликайнен, Е. В. Робонен, А. В. Смирнов // Лесоведение, 1989, №6, С.57-63.
2. Березовский В. А. Опыт использования коркового перегноя из отвала ЦБК при выращивании сеянцев хвойных пород. / В. А. Березовский // Применение отходов ЦБК в лесных питомниках. Петрозаводск. КарНЦ РАН. 1990. С.26-33.
3. Буш М. И. Лесопосадочный материал «Брика». / М. И. Буш, Л. Я. Варславанс, З. Г. Кариньш и др // Рига: Зинатне, 1974, 136 с.
4. Васильев С. Б. Технологические решения для реализации потенциала ресурсосбережения при переработке круглых лесоматериалов на щепу / С. Б. Васильев, Л. А. Девятникова, Г. Н. Колесников, И. В. Симонова // ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. – 97 с.
5. Волков А. Д. Фактор биоразнообразия и комплексная продуктивность лесных экосистем северо-запада таежной зоны Европейской части России. / А. Д. Волков, Т. В. Белоногова Ю. П. Курхинен, С. В. Сазонов В. И. Шубин // Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2002. - 223 с.

6. Гелес И. С. Биомасса дерева и ее использование. / И. С. Гелес, З. А. Коржицкая // 1992. Петрозаводск. 202 с. С.10.
7. Гелес И. С. Древесное сырье – стратегическая основа и резерв цивилизации. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 499 с.
8. Германова Н.И. Почвенно-биологические процессы в осушенных лесах Карелии. / Н. И. Германова, В. И. Саковец // 2004. Петрозаводск. 188 с
9. Денисенко Е. Бразильский эвкалипт против русской ёлки. / Е. Денисенко // «Эксперт Северо-Запад» №11 (313) 19 мар 2007, [Электронный ресурс]. Режим доступа http://expert.ru/northwest/2007/11/rynok_cellyulozy/ 23.12.2014.
10. Егорова А. В. Влияние хвойного экстракта на прорастивание семян сосны обыкновенной. / Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции // М. И. Зайцева, Г. Н. Колесников, Ю. В. Никонова. Петрозаводск. 2014. С. 38-43.
11. Еркоева А. А. Влияние кислотности почвы на экофизиологическую характеристику сеянцев сосны обыкновенной. / А. А. Еркоева, С. Н. Дроздов, Е. С. Холопцева // Труды КарНЦ РАН. No 2. Сер. Экспериментальная биология. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. С. 84-90.
12. Жигунов А. В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой / А. В. Жигунов // - СПб., 2000. - 293 с.
13. Загуральская Л.М. Микробная трансформация органического вещества в лесных почвах Карелии. Л.: Наука, 1993. 135 с
14. Зайцева М. И. Особенности применения порубочных остатков березы при выращивании сеянцев сосны обыкновенной // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. Вып. 8. -Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010а. С. 53-56.
15. Зайцева М. И. Обоснование новой технологии переработки порубочных остатков в компонент субстрата для выращивания сеянцев с закрытой корневой системой / Зайцева М. И. Автореф. дис. канд. техн. наук. ПетрГУ: Петрозаводск, 2010б. 17 с.
16. Зайцева М. И. Использование порубочных остатков для приготовления торфяных субстратов при выращивании сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой / М. И. Зайцева, Е. В. Робонен, Н. П. Чернобровкина // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. № 1. 2010в. С. 4–8.
17. Зайцева М. И. Утилизация отходов переработки хвои сосны обыкновенной. / М. И. Зайцева, Е. В. Робонен, Н. П. Чернобровкина, Г. Н. Колесников // В сборнике: Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. Петрозаводский государственный университет. Петрозаводск, 2013. С. 25-30.
18. Зуев Т. Т. Гидрофильные свойства и смачиваемость торфа водой и растворами поверхностно-активных веществ. / Т. Т. Зуев // В кн.: Технология и комплексная механизация торфяного производства. Мн.: Наука и техника, 1980, с. 10-15
19. Иванчиков А. А. Фитомасса сосняков Карелии и ее изменение с возрастом древостоев. / А. А. Иванчиков // Лесные растительные ресурсы Карелии. Петрозаводск. 1974. С.37-51.
20. Казимиров Н. И. Экологическая продуктивность сосновых лесов (Математическая модель). / Н. И. Казимиров // Петрозаводск. 1995. 122 с.
21. Кивиниеми С. Н. (1990) Сравнительные испытания некоторых видов органических удобрений в лесном питомнике. / С. Н. Кивиниеми, Т. И. Кривенко, В. И. Крутов, А. П. Яковлев // Применение отходов ЦБК в лесных питомниках Петрозаводск. С.14-25.

22. Козловская И. П. Экологическая оценка субстратов и анализ расхода элементов питания при мало-объемном выращивании томата в зимних теплицах / И. П. Козловская // «Живые и биокосные системы». – 2014. – № 6; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-6/article-7> (Обращение 15.12.2014) или [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.jbks.ru/archive/issue-6/article-7>. Дата доступа : 15.12.2014.
23. Козловская Л. С. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. / Л. С. Козловская, В. М. Медведева, Н. И. Пьявченко // Издательство : Наука. 1978. 172 с.
24. Кононова М. М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. / М. М. Кононова // М.: Издательство: АН СССР, 1963. 314 с.
25. Левкина Г. М., Гелес И. С. Свойства целлюлозных масс из луба ели и коры сосны // Образование и строение древесной ткани. Всесоюзн. семинар. Тез. докл. Рига, 1991. С. 43–44.
26. Лиштван И. И. Коллоидная химия и физико-химическая механика торфа: история развития и современные направления исследований. / И. И. Лиштван // 2012. Природопользование. Вып.22. С. 47-56.
27. Мамай А.В. Микробная трансформация соединений азота и углерода в лесных почвах средней тайги / А. В. Мамай // Автореферат дис. ... к.б.н. : 03.02.03 / Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ). Москва, 2014
28. Маслаков Е. Л. Посадочный материал с закрытой корневой системой. / Е. Л. Маслаков, П. Н. Мелешин, И. М. Извекова и др // М.: Лесн. пром-сть, 1981. 144 с.
29. Мировой кризис и российский рынок целлюлозы ЛесОнлайн.ру. Новости отрасли. [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.lesonline.ru/n/3CEE3> 23.12.2014
30. Мочалов Б. А. Научное обоснование и разработка интенсивной технологии выращивания посадочного материала хвойных пород для лесовосстановления на европейском севере России. / Б. А. Молчанов // 2009 Автореф. д.с.х. наук. Архангельск – 2009. 48 с.
31. Новосельцева А. И. Справочник по лесным питомникам. / А. И. Новосельцева, Н. А. Смирнов // 1983. Москва: Лесная промышленность. 280 с.
32. Пьявченко Н. И. Болотообразование в биогеоценотическом освещении. / Н. И. Пьявченко // Журнал общей биологии. 1978. Т. XXXIX, № 4 С.509-520.
33. Рекомендации по применению местных удобрений и мелиорантов в лесных питомниках на дерново-подзолистых почвах. М.: ВНИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства Министерства природных ресурсов РФ, 2001. 54 с.
34. Ринькис Г. Я. Оптимизация минерального питания полевых и тепличных культур. / Г. Я. Ринькис, В. Ф. Ноллендорф // 1977. Рига.:168 -с.
35. Робонен Е. В. Использование плавленого фосфорно-магниевое удобрения ПФМУ-2 при выращивании сеянцев хвойных пород с закрытой корневой системой / Е. В. Робонен, М. И. Зайцева, Н. П. Чернобровкина, Г. А. Лебедева, Г. П. Озерова // Вестник МГУЛ - Лесной вестник. Т. 48, № 6. 2006. С. 34-38.
36. Робонен Е.В. К проблеме утилизации фиторемедиантов / Е. В. Робонен, А. В. Егорова, М. И. Зайцева, С. А. Степанов, Н. П. Чернобровкина // Материалы Международной научной конференции по биологии и биотехнологии растений (28-30 мая 2014 года, Алматы). Алматы: ИББР, 2014. С. 403

37. Робонен Е. В. Скорость водного потока в стволе сосны обыкновенной при затоплении корней и разной концентрации CO₂ в почвенном воздухе / Е. В. Робонен, Н. П. Чернобровкина, С. В. Колосова // Лесоведение. 2002. № 1. С. 18-23.
38. Садовникова Л. К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении : учеб. пособие. / Л. К. Садовникова, Д. С. Орлов, И. Н. Лозановская. // 3-е изд., перераб. М. : Высшая школа, 2006.
39. Синькевич С. М. Перспективы использования лиственнично-еловых древостоев южной Карелии / С. М. Синькевич // Лесохозяйственная информация. № 2. 2013. С. 36-39.
40. Соколов А.И. Эколого-лесоводственные основы создания лесных культур на нераскорчёванных вырубках с завалуненными почвами Северо-Запада таёжной зоны: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Архангельск, 2012. - 41 с.
41. Соколов А. И. Перспективы ускоренного выращивания сосны в среднетаежной подзоне Карелии. / А. И. Соколов, С. М. Синькевич, В. И. Крутов, А. Н. Пеккоев, В. А. Харитонов // Лесное хозяйство. № 1. 2010. С. 42-44.
42. Соколов А. И. Ускоренное выращивание культур ели в среднетаежной подзоне Карелии. / А. И. Соколов, А. Н. Пеккоев, В. А. Харитонов, Т. И. Кривенко // Известия вузов. Лесной журнал. № 5. 2013. С. 96-105.
43. Степанов, А.С. Выращивание и использование посадочного материала с закрытой корневой системой / С.А. Степанов. - Респ. Карелия, Петрозаводск, 2008. - 24 с
44. Тебенькова Д. Н. Всхожесть семян и биометрические параметры сеянцев на субстратах из твердых отходов целлюлозно-бумажной промышленности / Д. Н. Тебенькова, Н. В. Лукина, Р. А. Воробьев, М. А. Орлова, Ю. Н. Гагарин // Лесоведение. 2014. № 6. С.31-40.
45. Федорец Н. Г. Повышение плодородия почв лесных питомников путем внесения отходов ЦБК. / Н. Г. Федорец, Р. В. Леонтьева, Л. Г. Пилюгина, Г. М. Кураева // Применение отходов ЦБК в лесных питомниках. Петрозаводск. КарНЦ РАН. 1990. С. 5-14.
46. Федорец Н. Г. Органические удобрения из отходов деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. / Н. Г. Федорец, О. Н. Бахмет // Экология и промышленность России. № 4. 2008. С. 13-15.
47. Федорец Н.Г. Экологические особенности трансформации соединений углерода и азота в лесных почвах. /Н. Г. Федорец, О. Н. Бахмет// Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2003. 240 с
48. Чернобровкина Н. П. Азотное обеспечение, CO₂-газообмен и рост сеянцев сосны обыкновенной. / Н. П. Чернобровкина, В. К. Курец, А. В. Таланов, С. Н. Дроздов // Вестник Башкирского ун-та. 2001. № 2(1). С. 86-87.
49. Чернобровкина Н. П. Аминокислотный состав хвои сеянцев сосны обыкновенной в связи с обеспеченностью бором. / Н. П. Чернобровкина, О. С. Дорофеева, Е. В. Робонен // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2009а. № 3. С. 56-62.
50. Чернобровкина Н.П. Влияние борной кислоты на способность растений поглощать тяжелые металлы / Н. П. Чернобровкина, А. Ф. Титов, Е. В. Робонен, А. К. Морозов // Экология. № 1. 2012. С. 32-35.
51. Чернобровкина Н. П. Влияние обеспеченности бором на рост и накопление элементов минерального питания у сеянцев березы повислой. / Н. П. Чернобровкина, Е. В. Робонен // Известия вузов. Лесной журнал. № 1. 2011. С. 11-14.
52. Чернобровкина Н. П. Влияние обеспеченности бором на рост сеянцев сосны обыкновенной. / Н. П. Чернобровкина, Е. В. Робонен, С. А. Иготти, О. С. Дорофеева, И. Д. Шенгелиа // Лесоведение. № 5. 2007. С. 69-76.

53. Чернобровкина Н. П. Диагностика и регуляция минерального питания сеянцев сосны обыкновенной при выращивании в лесных питомниках / Н. П. Чернобровкина, Е. В. Робонен // Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления: Материалы Всеросс. науч. конф. с международ. участием (Петрозаводск 30.09-03.10.2009 г.). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009б. С. 156–158
54. Чернобровкина Н. П. Жирнокислотный состав суммарных липидов хвои сеянцев сосны обыкновенной в связи с обеспеченностью бором / Н. П. Чернобровкина, О. С. Дорофеева, М. К. Ильинова, Е. В. Робонен, А. Г. Верещагин // Физиология растений. Т. 55, № 3. 2008. С. 404-411.
55. Чернобровкина Н. П. Накопление L-аргинина в хвое ели европейской при регуляции азотного и борного обеспечения. / Н. П. Чернобровкина, Е. В. Робонен, А. К. Морозов, Т. Н. Макарова // Труды КарНЦ РАН. No 3. Сер. Экспериментальная биология. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. С. 159-165.
56. Чернобровкина Н. П. Определение дозы азотных удобрений при подкормке сеянцев сосны обыкновенной в карелии. / Н. П. Чернобровкина, З. Г. Евстигнеева, Е. А. Громыко, Л. Н. Успенская, Н. И. Шабалина // Лесоведение. 1998. № 3. С. 49-57.
57. Alexander, P.D. 2008. Peat in Horticulture and Conservation: the UK Response to a Changing World. / P. D. Alexander, N. C. Bragg, R. Meade, G. Padelopoulos, O. Watts // Mires and Peat. 3, 1-10
58. Allaire-Leung, S. E. Changes in physical properties of peat substrates during plant growth. / S. E. Allaire-Leung // J. Caron, L. E. Parent // 1999 Can. J. Soil Sci. 79:137-139.
59. Asen, S. 1953. Nutritional requirements of greenhouse chrysanthemums growing in peat and sand / S. Asen, C. E. Wildon // Q. Bull. Mich. Agric. Expl Stn 36, 24-9.
60. Baker, K. F. (ed.) 1957. The U.C. system for producing healthy container-grown plants. Calif. Agric. Expl Stn Manual 23
61. Bilderback T. E. 1995. Physical properties of double-processed pine bark: Effects on rooting. / T. E. Bilderback M. R. Lorscheider // Acta Hort. 401:77-83.
62. Bilderback T. E. 2005. Healthy substrates need physicals too! / T. E. Bilderback, S. L. Warren, J. S. Owen, Jr. Albano, J. P. Albano // HortTechnology 15:747-751.
63. Bodman, K. 1993. Container media management. / R. Bodman, K. V. Sharman // Queensland DPI, Queensland Nursery Industry Association, Brisbane, Australia.
64. Bohne, H. 2004. Growth of nursery crops in peat- reduced and in peat-free substrates. / H. Bohne // H. Acta Hort. 644:103-106.
65. Bohne H. 1997: Physical properties of peat determined with different methods / H. Bohne, Ch. Gunter // Acta Hort. 450, 271-276
66. Bollen W. B. 1961. Sawdust, bark, and other wood wastes for soil conditioning and mulching / W. B. Bollen, D. W. Glennie // Forest Prod. J. 11:38-46.
67. Boyer C. R. 2008. Evaluation of clean chip residual as an alternative substrate for container-grown plants / C. R. Boyer // Auburn Univ., Auburn, AL. PhD Diss.
68. Bragg N. C. (1990) Peat and its Alternatives. Horticultural Development Council / N. C. Bragg // Petersfield, Hampshire, 109 pp.
69. Brown O. D. R. 1981. Response of container-grown plants to six consumer growing media / O. D. R. Brown, E.R. Emino // HortScience 16:78-80.
70. Bruckner U. 1997. Physical properties of different potting media and substrate mixtures—especially air-and water capacity / U. Bruckner // Acta Hort. 450:263-270.
71. Bunt A. C. (1988) Media mixes for container grown plants / A. C. Bunt // Unwin Human London. Суглинок или loamless растительная среда?

72. CEN (1999) CR 13456:1999 - soil improvers and growing media - labelling, specifications and product schedules. European Committee for Standardisation, Brussels, 50 pp.
73. Drzal M. S., 1999. Pore fraction analysis: A new tool for substrate testing / M. S. Drzal, W. C. Fonteno, K. D. Cassel // *Acta Hort.* 481:43-54.
74. European Commission (2006) Written Parliamentary Questions E-3122/06, July 2006. Online at: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+WQ+E-2006-3122+0+DOC+XML+V0//EN&language= EN>
75. Evans M. R. 1997. Growth of *Pelargonium X hortorum* and *Euphorbia pulcherrima* in rubber-containing substrates / M. R. Evans, R. L. Harkess // *HortScience* 32:874-877.
76. Evans M. R., S. Konduru, and R.H. Stamps. 1996. Source variation in physical and chemical properties of coconut coir dust. / M. R. Evans, S. Konduru, R. H. Stamps // *HortScience* 31:965-967.
77. Fain, G.B. 2008a. Wholetree substrates derived from three species of pine in production of annual vinca. / G. B. Fain, C. H. Gilliam, J. L. Sibley, C. R. Boyer // *HortTechnology* 18:13-17.
78. Fain G. B. 2008b. Wholetree substrate and fertilizer rate in production of greenhouse-grown petunia (*Petunia X hybrida* Vilm.) and marigold (*Tagetes patula* L.) / G. B. Fain, C. H. Gilliam, J. L. Sibley, C. R. Boyer, A.L. Walker // *HortScience* 43:700-705.
79. Fukushima M. Effects of the maturity of wood waste compost on the structural features of humic acids. / M. Fukushima, K. Yamamoto, K. Ootsuka, T. Komai, T. Aramaki, S. Ueda, S. Horiya S. // *Bioresource Technology* Volume 100, Issue 2, January 2009, Pages 791-797.
80. Gruda. N. 1999. Determination of volume weight and water content of wood fiber substrates with different methods. / N. Gruda, W. H. Schnitzler // *Agdbiol. Res.* 52,2, 1999. P. 163-170.
81. Handreck, K.A. 1992b. Rapid assessment of the rate of nitrogen immobilization in organic components of potting media. II. Nitrogen drawdown index and plant growth. *Commun.* / K. A. Handreck // *Soil Sci. Plant Anal.* 23:217-230.
82. Jackson B.E. Changes in Chemical and Physical Properties of Pine Tree Substrate and Pine Bark During Long-term Nursery Crop Production. / B. E. Jackson, R. D. Wright // *HortScience* 44(3):791-799. 2009a.
83. Jackson B. E. Pine Tree Substrate: an Alternative and Renewable Substrate for Horticultural Crop Production. / B. E. Jackson, R. D. Wright // *Acta Hort.* 819, 2009b. P.265-272.
84. Jackson B. E. 2008. Chemical, physical, and biological factors influencing nutrient availability and plant growth in a pine tree substrate. / B. E. Jackson // Virginia Polytechnic Institute & State Univ., Blacksburg, VA. PhD Diss.
85. Kenna S. W. 1985. Hardwood chips as an alternative medium for container plant production. / S. W. Kenna, C. E. // Whitcomb // *HortScience* 20:867-869.
86. Laiche A. J. 1986. Evaluation of pine bark, pine bark with wood, and pine tree chips as components of a container plant growing media. / A. J. Laiche, Jr. Nash, V. E. Nash // *J. Environ. Hort.* 4:22-25.
87. Lemaire, F. 1995. Physical, chemical, and biological properties of growing medium. / F. Lemaire // *Acta Hort.* 396:273-284.
88. Lemaire F. 1989. Physical and chemical characteristics of ligno- cellulosic material. / F. Lemaire, A. Dartigues, L. M. Riviere // *Acta Hort.* 238:9-15.
89. Nash, V.E. 1981. Changes in the characteristics of potting media with time. *Commun.* / V. E. Nash, A. J. Laiche // *Soil Sci. Plant Anal.* 12:1011-1020.

90. Penningsfeld, F. 1962. Die Ernährung im Blumen- und Zierpflanzenbau. / F. Penningsfeld // Berlin/Hamburg: Paul Parey.
91. Pryce S. (1991) The Peat Alternatives Manual - A Guide for the Professional Horticulturist and Landscaper. / S. Pryce // Friends of the Earth, London, 122 pp
92. Puustjarvi, V. 1969. Basin-Peat culture. / V. Puustjarvi // Peat and Plant News 2,20-4.
93. Richards D., 1986. The influence of particle-size distribution in pinebark:sand:brown coal potting mixes on water supply, aeration, and plant growth. / D. Richards, M. Lane, D. V. Beardsell // Scientia Hort. 29:1-14.
94. Riviere, L.M. 1983. The use of wood waste composts in the making of substrates for container crops. / L/ M. Riviere, C. Milhau // Acta Hort. 150:475-489.
95. Schmilewski, G. 2008. The role of peat in assuring the quality of growing media / G. Schmilewski // Mires and Peat, Vol. 3, Article 02, pp.1-8. (Schmilewski, 2008)
96. Sharman, K.V. 1991. Wood wastes affect fertilizer performance. / K. V. Sharman, K. Bodman // Aust. Hort. 89:30-32.
97. Veijalainen, A.-M., Juntunen, M.-L., Lilja, A., Heinonen-Tanski, H. & Tervo, L. 2007. Forest nursery waste composting in windrows with or without horse manure or urea – the composting process and nutrient leaching. *Silva Fennica* 41(1): 13–27.
98. Verdonck O. 1983: Reviewing and evaluation of new materials used as substrates. / O. VERDONCK // Acta Hort ISO 467-473
99. Watson, W. 1913. Soils suitable for azalea culture. / W. Watson // In The gardener's assistant, vol. 1, 150-4. London: Gresham Publishing.
100. Worrall F. (2008) The potential for carbon storage in UK peatlands. / F. Worrall, J. G. Rowson // Geophysical Research Abstracts, 10(01822). Online at: <http://www.cosis.net/abstracts/EGU2008/01822/> EGU2008-A-01822.pdf Submitted 18 Jan 2008, final revision 13 Oct 2008 Editor: Olivia Bragg
101. Wright R. D. 2005. Chipped pine logs: A potential substrate for greenhouse and nursery crops. / R. D. Wright, J.F. Browder // HortScience 40:1513-1515.
102. Wright R.D. 2008b. Growth of chrysanthemum in ground pine trees requires additional fertilizer. / R. D. Wright, B. E. Jackson, J. F. Browder, J. G. Latimer // HortTechnology 18:111–115.
103. Wright R. D. 2006. Ground pine chips as a substrate for container-grown woody nursery crops. / R. D. Wright, J. F. Browder, B. E. Jackson // J. Environ. Hort. 24:181-184.
104. Wright R. D. 2008b. Pine tree substrate construction for optimal water holding capacity and air space. / R. D. Wright, B. E. Jackson, M. C. Barnes // Proc. Southern Nursery Assoc. Research Conf. 53:52-54.
105. Yeager T. H. 2007. Best management practices: Guide for producing container-grown plants. / T. H. Yeager, D. C. Fare, J. Lea-Cox, J. Ruter, T. E. Bilderback, C. H. Gilliam, A. X. Niemiera, S. L. Warren, T. E. Whitwell, R.D. Wright, K. M. Tilt // 2nd Ed. Southern Nurserymen's Assoc., Marietta, GA.

References

1. Balykov N. G. Distribution of phytomass in pinetum cladinosum. / N. G. Balykov, L. M. Villkainen, E. V. Robonen, A. V. Smirnov // Lesovedenie, 1989, №6 C. 57-63.
2. Berezovsky. V. A Experience in the use of cortical compost heap PPM tree seedlings of coniferous species. / V. A. Berezovsky // The use of waste paper mill in forest nurseries. Petrozavodsk. KarRC RAS. 1990. S.26-33.

3. Bush.M. I. Forest planting material "Brick." / M. I. Bush, L. Y. Varoslavans, Z. G. Karins, et al // Riga: Zinatne, 1974, 136 p.
4. Vasiliev S. B. Technological solutions to realize the potential resource in the processing of round timber to wood chips / S. B. Vasilyev, L. A. Devyatnikova, G. N. Kolesnikov, I. V. Simonov // PSU. - Petrozavodsk: Izd PSU, 2013. - 97 p.
5. Volkov A. D. Factor biodiversity and productivity of forest ecosystems complex northwest of the taiga zone of the European part of Russia. / A. D. Volkov, T. V. Belonogova, Y. P. Kurhinen, S. V. Sazonov, V. I. Shubin // Petrozavodsk: KarRC RAS, 2002. - 223 p.
6. Geles J. S. Wood biomass and its use. / J. S. Geles, Z. A. Korzhitskaya // 1992. Petrozavodsk. 202. C.10.
7. Gueles I. S. RAW Timber as a strategic basis and reserver for the civilization. Petrozavodsk: Karelian Research Centre of the Russian Academy of Science, 2007. 499 p
8. Germanova N. I. Soil and biological processes in drained forests of Karelia. / N. I. Germanova, V. I. Sakovets // 2004. Petrozavodsk. 188 p.
9. Denisenko E. Brazilian eucalyptus trees against the Russian fir-tree. / E. Denisenko // "Expert North-West» №11 (313) March 19, 2007, [electronic resource]. Online at: http://expert.ru/northwest/2007/11/rynok_cellulozy/ 23.12.2014.
10. Egorova A. V. Influence of pine extract on seed germination of Scots pine. / Resource-saving technologies, materials and constructions // M. I. Zaitseva, G. N. Kolesnikov, Yu. V. Nikonova. Petrozavodsk. 2014. P. 38-43.
11. Erkoeva A. A. Effects of soil acidity on ecophysiological characteristics of scots pine seedlings of different provenance / A. A. Erkoeva, S. N. Drozdov, E. S. Kholoptseva // Transactions of KarRC RAS, 2012. C. 84-90.
12. Zhigunov. A. V. Theory and practice of growing planting material with closed root system / A. V. Zhigunov // . - SPb., 2000. – 293 p.
13. Zaguralskaya L. M. Microbial transformation of organic matter in forest soils of Karelia. L .: Nauka, 1993. 135 p.
14. Zaitseva M. I. Usage of birch logging residues for Scots pine seedlings growing // Resources and Technology 2010a vol. 8 – Petrozavodsk: C. 53-56.
15. Zaitseva M. I. Nnew technologies substantiation for processing of forest residues in the components of the substrate for the cultivation of seedlings with closed root system / Zaitseva M. I. Author. Dis. cand. tehn. Sciences. PetrSU: Petrozavodsk, 2010b. 17 p.
16. Zaitseva M. I. Utilization of logging residues in preparation of peat substrates for closed root growing of scots pine seedlings / M. I. Zaitseva, E. V. Robonen, N. P. Chernobrovkina // Moscow state forest university bulletin — Lesnoy vestnik. Publishing house of Moscow State Forest University 2010. № 1. p. 4-8.
17. Zaitseva M. I., Recycling of pine needles processing wastes /M. I. Zaitseva, E. V. Robonen, N. P. Chernobrovkina, G. N. Kolesnikov// Collection of articles: Wooden low-rise housing construction economics, architecture and resource-saving technologies - Collection articles on the materials of the international scientific-practical conference. Petrozavodsk State University. Petrozavodsk, 2013. p. 25-30.
18. Zujev. T. T. Hydrophilic properties and wettability of peat and water solutions of surface-active substances. / T. T. Zuev // In .: Technology and complex mechanization of peat production. Mn .: Science and Technology, 1980, p. 10-15
19. Ivanchikov A. A. Phytomass pine forests of Karelia and its change with age stands. / A. A. Ivanchikov // Forest Plant Resources of Karelia. Petrozavodsk. 1974. P. 37-51.
20. Kazimirov N. I. Ecological productivity of pine forests (Mathematical model). / N. I. Kazimirov // Petrozavodsk. 1995. 122 p.

21. Kiviniemi S. N. (1990) Comparative tests of certain types of organic fertilizers in forest nurseries. / S. N. Kiviniemi, T. I. Krivenko, V. I. Krutov, A. P. Yakovlev // The use of waste paper mill in forest nurseries Petrozavodsk. P.14-25.
22. Kozlovskaiy I. P. Environmental assessment of substrates and analysis flow batteries at low-volume growing tomatoes in winter greenhouses / IP Kozlovskaja // "Live and biokosnye system." - 2014. - № 6; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-6/article-7> (Appeal 15/12/2014) or [electronic resource]. Mode of access: <http://www.jbks.ru/archive/issue-6/article-7>. Date of access: 12.15.2014.
23. Kozlovskaiy L.S. Dynamics of organic matter in the process of peat formation. / L. S. Kozlovskaiy, V. M. Medvedeva, N. I. Pyavchenko // Publisher: Science. 1978. 172 p.
24. Kononova M. M. Soil organic matter, its nature, properties and methods of the study. / M. M. Kononova // M.: Publisher: USSR AS, 1963. 314 p.
25. Levkina G. M., Gelesi J. S. Properties pulps from bast spruce and pine bark // Education and the structure of wood tissue. Proc. Workshop. Proc. rep. Riga, 1991, pp 43-44.
26. Lishtvan I. I. Colloidal chemistry and physical-chemical mechanics of peat: History and current research directions. / I. I. Lishtvan // 2012. Prirodopolzovanie. V.22. C. 47-56.
27. Mamai A. V. Microbial transformation of nitrogen and carbon in forest soils of the middle taiga / A. V. Mamai. Avtoreferat dis. ... Ph.D. : 03.02.03 / Moscow State University. MV University (MSU). Moscow, 2014.
28. Maslakov E. L. Planting material with closed root system. / E. L. Maslakov, P. N. Meleshin, I. M. Izvekova et al. // M.: Forest. prom-st, 1981. 144 p.
29. The global crisis and the Russian market pulp LesOnlayn.ru. Industry news. [Electronic resource]. Access mode <http://www.lesonline.ru/n/3CEE3> 23.12.2014.
30. Motchalov B. A. Scientific substantiation and development of intensive cultivation technology of planting material of coniferous species for reforestation in the European North of Russia. / B. A. Molchanov // 2009 Abstract. Dis. Doctor of Agricultural Sciencesd. Arkhangelsk - 2009. 48 p.
31. Novoseltseva A. I. Handbook of forest nurseries. / A. I. Novoseltseva, N. A. Smirnov // 1983. Moscow: Forest industry. 280.
32. Pyavchenko N. I. Formation of bogs in biogeocenosis aspect. / N. I. Pyavchenko // Journal of General Biology. T.XXXIX 1978, № 4 S.509-520.
33. Recommendations for the use of local fertilizers and ameliorants in forest nurseries on sod-podzolic soils. M.: Institute of Forestry and Forestry Mechanization Ministry of Natural Resources, 2001. 54 p.
34. Rinkis G. Y. Optimization of mineral nutrition of field and greenhouse crops. / G. Y. Rinkis, V. F. Nollendorf // 1977. Riga. 168 c.
35. Robonen E. V. Melted phosphorus-magnesium fertilizer PFMU-2 using for coniferous tree seedlings softwood with closed root system cultivation. / E. V. Robonen, MI Zaitseva, NP Chernobrovkina, GA Lebedeva, GP Ozerov // Moscow state forest university bulletin — Lesnoy vestnik // T. 48, № 6. 2006. C. 34-38.
36. Robonen E. V. On the problem of recycling phytoremediants. / E. V. Robonen, A. V. Yegorova, M. I. Zaitseva, S. A. Stepanov, N. P. Chernobrovkina / Proceedings of the "International Conference on Biology and Plant Biotechnology." - Almaty: IBBR, 2014 – C. 403.
37. Robonen E. V. Effects of inundation and CO₂ concentration in the soil air on the water flow rate in scots pine stem xylem. 2002 / E. V. Robonen, N. P. Chernobrovkina, S. V. Kolosova / Lesovedenie. 2002. № 1. C. 18-23

38. Sadovnikova L. K. Ecology and environmental protection in chemical pollution: Proc. allowance. / L. K. Sadovnikova, D. S. Orlov, I. N. Lozanovskaia. // 3rd ed., Rev. M. Higher School, 2006.
39. Sinkevich S. M. Prospects of using deciduous-spruce forests of southern Karelia / S. M. Sinkevich // *Lesohozjaistvennaja informatsija*. № 2. 2013. C. 36-39.
40. Sokolov A. I. Ecological and silvicultural bases of creation of forest cultures on cutting soil with stumps and boulders of the Northwest taiga zone: Author. Dis. ... Doctor. agricultural Sciences. Arkhangelsk, 2012. 41 p.
41. Sokolov A. I. Prospects of fast growing pine trees in the middle taiga subzone of Karelia. / A. I. Sokolov, S. M. Sinkevich, V. I. Krutov, A. N. Pekkoev, V. A. Kharitonov // *Lesnoe hozajstvo*. № 1. 2010. C. 42-44.
42. Sokolov A. I. Accelerated Growing of Spruce Cultures in the Middle Taiga Subzone of Karelia / A. I. Sokolov, A. N. Pekkoev, V. A. Kharitonov, T. I. Krivenko // *Bulletin of higher educational institutions. Lesnoi zhurnal*. № 5. 2013. C. 96-105.
43. Stepanov A. S. The cultivation and use of planting material with closed root system / S. A. Stepanov. - Rep. Karelia, Petrozavodsk, 2008. – 24 p.
44. Tebenkova D. N. Germination and biometric parameters of seedlings grown up on substrates of solid waste from pulp and paper industry / D. N. Tebenkova, N. V. Lukina, R. A. Vorobyev, M. A. Orlova, Yu. N. Gagarin // *Lesovedenie*. 2014. № 6. C. 31-40.
45. Fedorets N. G. Improving soil fertility forest nurseries by making waste pulp. / N. G. Fedorets, R. W. Leontieva, L. G. Pilyugina, G. M. Kuraeva // *The use of waste paper mill in forest nurseries*. Petrozavodsk. KarRC RAS. 1990. pp 5-14.
46. Fedorets N. G. Organic fertilizers from waste wood, pulp and paper industry. / N. G. Fedorets, O. Bakhmet // *Ecology and Industry of Russia*. № 4. 2008. C. 13-15.
47. Fedoretc N. G., Bakhmet O. N. Ecological features of transformation carbon and nitrogen compounds in forest soils. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2003. 240 c
48. Chernobrovkina N. P. Nitrogen supply, gaseous CO₂ exchange and growth of scots pine seedlings. / N. P. Chernobrovkina, V. K. Kurets, A. V. Talanov, S. N. Drozdov // *Vestnik Bashkirskogo universiteta (Bulletin of Bashkir University)* 2001. № 2(I). C. 86-87
49. Chernobrovkina N.P. Amino acid composition in needles of scots pine seedlings in relation to boron availability. / N. P. Chernobrovkina, O. S. Dorofeeva, E. V. Robonen // *Moscow state forest university bulletin — Lesnoy vestnik*. 2009. № 3. C. 56-62.
50. Chernobrovkina N.P. Effect of boric acid on the ability of plants to accumulate heavy metals / N. P. Chernobrovkina, E. V. Robonen, A. K. Morozov, A. F. Titov // *Russian Journal of Ecology*. 2012. T. 43. № 1. C. 29-32.
51. Chernobrovkina N. P. Effect of Boron Provision on Silver Birch Growth and Accumulation of Mineral Nutrition Elements / N.P. Chernobrovkina, E.V. Robonen // *Bulletin of higher educational institutions. Lesnoi zhurnal*. № 1. 2011. C. 11-14.
52. Chernobrovkina N. P. Effect of collateral boron on growth of seedlings of Scots pine. / N. P. Chernobrovkina, E. V. Robonen, S. A. Igotti, O. S. Dorofeeva, I. D. Shengelia // *Lesovedenie*. 2007. № 5. C. 69-76.
53. Chernobrovkina N. P. Diagnosis and regulation of mineral nutrition of Scots pine seedlings when grown in forest nurseries / N. P. Chernobrovkina, E. V. Robonen // *Forest Resources of Russian Taiga: problems of forest management and reforestation: Proceedings of the All-Russia. scientific. Conf. with international. participation (Petrozavodsk city 30.09-03.10.2009)*. Petrozavodsk: Karelian Research Centre, 2009. C. 156-158
54. Chernobrovkina N. P. Fatty acid composition of total lipids from the needles of pine seedlings as related to boron availability / N. P. Chernobrovkina, O. S. Dorofeeva,

- M. K. Ilinova, E. V. Robonen, A. G. Vereshchagin // Russian Journal of Plant Physiology. 2008. T. 55. № 3. C. 365-371.
55. Chernobrovkina N. P. Accumulation of L-arginine in needles of norway spruce with regulated nitrogen and boron availability. / N. P. Chernobrovkina, E. V. Robonen, A. K. Morozov, T. N. Makarova // Transactions of KarRC RAS, № 3. 2013. C. 159-165.
56. Chernobrovkina N. P. Determining the rate of nitrogen fertilizers in supplemental application of pinus sylvestris seedlings in Karelia. / N. P. Chernobrovkina, Z. G. Evstigneeva, E. A. Gromyko, L. N. Uspenskaya, N. I. Shabalina // Lesovedenie. 1998. № 3. C. 49-57.
57. Alexander, P.D. 2008. Peat in Horticulture and Conservation: the UK Response to a Changing World. / P. D. Alexander, N. C. Bragg, R. Meade, G. Padelopoulos, O. Watts // Mires and Peat. 3, 1-10
58. Allaire-Leung, S. E. Changes in physical properties of peat substrates during plant growth. / S. E. Allaire-Leung // J. Caron, L. E. Parent // 1999 Can. J. Soil Sci. 79:137-139.
59. Asen, S. 1953. Nutritional requirements of greenhouse chrysanthemums growing in peat and sand / S. Asen, C. E. Wildon // Q. Bull. Mich. Agric. Expl Stn 36, 24-9.
60. Baker, K. F. (ed.) 1957. The U.C. system for producing healthy container-grown plants. Calif. Agric. Expl Stn Manual 23
61. Bilderback. T. E. 1995. Physical properties of double-processed pine bark: Effects on rooting. / T. E. Bilderback M. R. Lorscheider // Acta Hort. 401:77-83.
62. Bilderback T. E. 2005. Healthy substrates need physicals too! / T. E. Bilderback, S. L. Warren, J. S. Owen, Jr. Albano, J. P. Albano // HortTechnology 15:747-751.
63. Bodman, K. 1993. Container media management. / R. Bodman, K. V. Sharman // Queensland DPI, Queensland Nursery Industry Association, Brisbane, Australia.
64. Bohne, H. 2004. Growth of nursery crops in peat- reduced and in peat-free substrates. / H. Bohne // H. Acta Hort. 644:103-106.
65. Bohne H. 1997: Physical properties of peat determined with different methods / H. Bohne, Ch. Gunter // Acta Hort. 450, 271-276
66. Bollen W. B. 1961. Sawdust, bark, and other wood wastes for soil conditioning and mulching / W. B. Bollen, D. W. Glennie // Forest Prod. J. 11:38-46.
67. Boyer C. R. 2008. Evaluation of clean chip residual as an alternative substrate for container-grown plants / C. R. Boyer // Auburn Univ., Auburn, AL. PhD Diss.
68. Bragg N. C. (1990) Peat and its Alternatives. Horticultural Development Council / N. C. Bragg // Petersfield, Hampshire, 109 pp.
69. Brown O. D. R. 1981. Response of container-grown plants to six consumer growing media / O. D. R. Brown, E.R. Emino // HortScience 16:78-80.
70. Bruckner U. 1997. Physical properties of different potting media and substrate mixtures—especially air-and water capacity / U. Bruckner // Acta Hort. 450:263-270.
71. Bunt A. C. (1988) Media mixes for container grown plants / A. C. Bunt // Unwin Human London. Суглинок или loamless растительная среда?
72. CEN (1999) CR 13456:1999 - soil improvers and growing media - labelling, specifications and product schedules. European Committee for Standardisation, Brussels, 50 pp.
73. Drzal M. S., 1999. Pore fraction analysis: A new tool for substrate testing / M. S. Drzal, W. C. Fonteno, K. D. Cassel // Acta Hort. 481:43-54.
74. European Commission (2006) Written Parliamentary Questions E-3122/06, July 2006. Online at: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+WQ+E-2006-3122+0+DOC+XML+V0//EN&language= EN>

75. Evans M. R. 1997. Growth of *Pelargonium X hortorum* and *Euphorbia pulcherrima* in rubber-containing substrates / M. R. Evans, R. L. Harkess // *HortScience* 32:874-877.
76. Evans M. R., S. Konduru, and R.H. Stamps. 1996. Source variation in physical and chemical properties of coconut coir dust. / M. R. Evans, S. Konduru, R. H. Stamps // *HortScience* 31:965-967.
77. Fain, G.B. 2008a. Wholetree substrates derived from three species of pine in production of annual vinca. / G. B. Fain, C. H. Gilliam, J. L. Sibley, C. R. Boyer // *HortTechnology* 18:13-17.
78. Fain G. B. 2008b. Wholetree substrate and fertilizer rate in production of greenhouse-grown petunia (*Petunia X hybrida* Vilm.) and marigold (*Tagetes patula* L.) / G. B. Fain, C. H. Gilliam, J. L. Sibley, C. R. Boyer, A.L. Walker // *HortScience* 43:700-705.
79. Fukushima M. Effects of the maturity of wood waste compost on the structural features of humic acids. / M. Fukushima, K. Yamamoto, K. Ootsuka, T. Komai, T. Aramaki, S. Ueda, S. Horiya S. // *Bioresource Technology* Volume 100, Issue 2, January 2009, Pages 791-797.
80. Gruda. N. 1999. Determination of volume weight and water content of wood fiber substrates with different methods. / N. Gruda, W. H. Schnitzler // *Agdbiol. Res.* 52,2, 1999. P. 163-170.
81. Handreck, K.A. 1992b. Rapid assessment of the rate of nitrogen immobilization in organic components of potting media. II. Nitrogen drawdown index and plant growth. *Commun.* / K. A. Handreck // *Soil Sci. Plant Anal.* 23:217-230.
82. Jackson B.E. Changes in Chemical and Physical Properties of Pine Tree Substrate and Pine Bark During Long-term Nursery Crop Production. / B. E. Jackson, R. D. Wright // *HortScience* 44(3):791-799. 2009a.
83. Jackson B. E. Pine Tree Substrate: an Alternative and Renewable Substrate for Horticultural Crop Production. / B. E. Jackson, R. D. Wright // *Acta Hort.* 819, 2009b. P.265-272.
84. Jackson B. E. 2008. Chemical, physical, and biological factors influencing nutrient availability and plant growth in a pine tree substrate. / B. E. Jackson // Virginia Polytechnic Institute & State Univ., Blacksburg, VA. PhD Diss.
85. Kenna S. W. 1985. Hardwood chips as an alternative medium for container plant production. / S. W. Kenna, C. E. // Whitcomb // *HortScience* 20:867-869.
86. Laiche A. J. 1986. Evaluation of pine bark, pine bark with wood, and pine tree chips as components of a container plant growing media. / A. J. Laiche, Jr. Nash, V. E. Nash // *J. Environ. Hort.* 4:22-25.
87. Lemaire, F. 1995. Physical, chemical, and biological properties of growing medium. / F. Lemaire // *Acta Hort.* 396:273-284.
88. Lemaire F. 1989. Physical and chemical characteristics of ligno- cellulosic material. / F. Lemaire, A. Dartigues, L. M. Riviere // *Acta Hort.* 238:9-15.
89. Nash, V.E. 1981. Changes in the characteristics of potting media with time. *Commun.* / V. E. Nash, A. J. Laiche // *Soil Sci. Plant Anal.* 12:1011-1020.
90. Penningsfeld, F. 1962. Die Ernährunglm Blumen- und Zierpflanzenbau. / F. Penningsfeld // Berlin/Hamburg: Paul Parey.
91. Pryce S. (1991) *The Peat Alternatives Manual - A Guide for the Professional Horticulturist and Landscaper.* / S. Pryce // Friends of the Earth, London, 122 pp
92. Puustjarvi, V. 1969. Basin-Peat culture. / V. Puustjarvi // *Peat and Plant News* 2,20-4.
93. Richards D., 1986. The influence of particle-size distribution in pinebark:sand:brown coal potting mixes on water supply, aeration, and plant growth. / D. Richards, M. Lane, D. V. Beardsell // *Scientia Hort.* 29:1-14.

94. Riviere, L.M. 1983. The use of wood waste composts in the making of substrates for container crops. / L/ M. Riviere, C. Milhau // *Acta Hort.* 150:475-489.
95. Schmilewski, G. 2008. The role of peat in assuring the quality of growing media / G. Schmilewski // *Mires and Peat*, Vol. 3, Article 02.pp.1-8. (Schmilewski, 2008)
96. Sharman, K.V. 1991. Wood wastes affect fertilizer performance. / K. V. Sharman, K. Bodman // *Aust. Hort.* 89:30-32.
97. Veijalainen, A.-M., Juntunen, M.-L., Lilja, A., Heinonen-Tanski, H. & Tervo, L. 2007. Forest nursery waste composting in windrows with or without horse manure or urea – the composting process and nutrient leaching. *Silva Fennica* 41(1): 13–27.
98. Verdonck O. 1983: Reviewing and evaluation of new materials used as substrates. / O. VERDONCK // *Acta Hort ISO* 467-473
99. Watson, W. 1913. Soils suitable for azalea culture. / W. Watson // *In The gardener's assistant*, vol. 1,150-4. London: Gresham Publishing.
100. Worrall F. (2008) The potential for carbon storage in UK peatlands. / F. Worrall, J. G. Rowson // *Geophysical Research Abstracts*, 10(01822). Online at: <http://www.cosis.net/abstracts/EGU2008/01822/> EGU2008-A-01822.pdf Submitted 18 Jan 2008, final revision 13 Oct 2008 Editor: Olivia Bragg
101. Wright R. D. 2005. Chipped pine logs: A potential substrate for greenhouse and nursery crops. / R. D. Wright, J.F. Browder // *HortScience* 40:1513-1515.
102. Wright R.D. 2008b. Growth of chrysanthemum in ground pine trees requires additional fertilizer. / R. D. Wright, B. E. Jackson, J. F. Browder, J. G. Latimer // *HortTechnology* 18:111–115.
103. Wright R. D. 2006. Ground pine chips as a substrate for container-grown woody nursery crops. / R. D. Wright, J. F. Browder, B. E. Jackson // *J. Environ. Hort.* 24:181-184.
104. Wright R. D. 2008b. Pine tree substrate construction for optimal water holding capacity and air space. / R. D. Wright, B. E. Jackson, M. C. Barnes // *Proc. Southern Nursery Assoc. Research Conf.* 53:52-54.
105. Yeager T. H. 2007. Best management practices: Guide for producing container-grown plants. / T. H. Yeager, D. C. Fare, J. Lea-Cox, J. Ruter, T. E. Bilderback, C. H. Gilliam, A. X. Niemiera, S. L. Warren, T. E. Whitwell, R.D.Wright, K. M. Tilt // 2nd Ed. Southern Nurserymen's Assoc., Marietta, GA.