

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ХВОЙНЫХ ПОРОД И ПУТИ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Н.П. ЧЕРНОБРОВКИНА, *вед. науч. сотрудник, доц. Института леса Карельского научного центра РАН, д-р биол. наук*<sup>(1)</sup>,

О.В. ЧЕРНЫШЕНКО, *проф. МГТУ им. Н.Э. Баумана, д-р биол. наук*<sup>(2)</sup>,

А.В. ЕГОРОВА, *асп. Института леса Карельского научного центра РАН*<sup>(1)</sup>,

М.И. ЗАЙЦЕВА, *ст. преподаватель, доц. Института лесных, инженерных и строительных наук ПетрГУ, канд. техн. наук*<sup>(3)</sup>,

Е.В. РОБОНЕН, *вед. физик Института леса Карельского научного центра РАН*<sup>(1)</sup>

*anast.shv@yandex.ru, 2003bk@bk.ru, mgul@mgul.ac.ru*

<sup>(1)</sup> ФГБУН Институт леса Карельского научного центра Российской академии наук, 185910, Республика Карелия, Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11,

<sup>(2)</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1,

<sup>(3)</sup> ФГБОУ ВО Петрозаводский государственный университет, 185910, Республика Карелия, Петрозаводск, пр. Ленина, 33

Совершенствуются и внедряются индустриальные методы создания лесных культур с использованием посадочного материала с закрытой корневой системой, обеспечивающие рациональное расходование семян, сокращение сроков выращивания сеянцев. Использование этой технологии при лесовосстановлении и в защитном лесоразведении является перспективным направлением, о чем свидетельствует большой интерес к нему как исследователей, так и производителей. Разработка технологии базируется на результатах эколого-физиологических исследований роста и развития сеянцев в связи с внешними условиями. Проводятся исследования по оптимизации физико-химических характеристик контейнерных субстратов. Их устойчивая структура для выращивания сеянцев хвойных пород должна сохраняться до двух-трех лет. В течение нескольких десятилетий лучшим для выращивания хвойных признается субстрат из верхового торфа, однако значительное внимание уделяется разработкам и испытаниям альтернативных вариантов. Испытываются различные материалы, в том числе органические отходы в виде компостов и смесей. Древесное волокно является перспективной и активно исследуемой в последние десятилетия альтернативой торфу. Оно имеет пористую, рыхлую и эластичную структуру, низкую объемную плотность и низкую степень усадки, хорошую дренированность, смачиваемость, отсутствие семян сорняков и патогенных микроорганизмов, в отличие от коры пригодно к использованию без длительного компостирования. Испытания контейнерных субстратов из различных древесных материалов при выращивании сеянцев хвойных пород оказались успешными. Отмечается зависимость качества лесных культур от вида кассет, используемых при выращивании посадочного материала. Важен рациональный выбор контейнерного субстрата с оптимизированными для роста сеянцев характеристиками. Использование контейнерных сеянцев позволит механизировать и автоматизировать посадку лесных культур.

Ключевые слова: посадочный материал с закрытой корневой системой, сеянцы хвойных пород, контейнерный субстрат, торф, кассеты, лесные культуры.

Возрастная структура лесного фонда Республики Карелия в результате интенсивного лесопользования претерпела существенные изменения. Восстановление ресурсного потенциала таежных лесов является актуальной задачей лесного комплекса [2]. Разрабатываются и внедряются индустриальные методы создания лесных культур с использованием посадочного материала (ПМ) с закрытой корневой системой (ЗКС), обеспечивающие рациональное расходование семян, сокращение сроков выращивания сеянцев, возможность

применения средств механизации и автоматизации процесса посадки лесных культур [1, 3–8]. Вопросам разработки технологии выращивания ПМ ЗКС и его использования в культурах посвящены многие исследования, имеется практический опыт. Отмечается важность подготовки почвы, своевременности и качества проведения уходов на всех этапах лесовыращивания [1, 5, 8–13]. Новая агротехника выращивания ПМ, современная технология создания лесных культур активно внедряются на Северо-Западе таежной зоны

России [7, 14]. В республике Карелия объем выращивания ПМ сосны и ели с ЗКС достигает в сумме более 6 млн экз./год [13].

### **Теоретические подходы к разработке контейнерных технологий выращивания ПМ**

Для оценки качества ПМ достаточно использовать биометрические показатели. Чтобы оценить соответствие условий выращивания потребностям семян, важно охарактеризовать их физиологическое состояние на разных этапах в течение вегетационного периода. Количественными критериями могут являться: элементный и биохимический состав органов, интенсивность газообмена и водного обмена семян [15–19]. Разработка современной технологии выращивания ПМ ЗКС базируется на результатах эколого-физиологических исследований роста и развития семян в связи с уровнем освещенности, температуры, влажности, газового состава воздуха и почвы, содержанием элементов минерального питания в растительном субстрате [33]. Современное растениеводство с программируемой системой орошения, подкормок, управления посадочными машинами и пикировочными роботами, климат-контролем теплиц по строгому временному графику требует надежных контейнерных субстратов (КС) с гарантированным качеством, приготовленных из различных материалов, в том числе некоторых видов отходов, как в качестве единственного компонента, так и в комбинациях [34]. Основные компоненты субстрата, составляющие основную его часть, выражают в процентах от объема. К ним по весу, в граммах на килограмм или на литр субстрата, добавляют микроингредиенты, функционально крайне важные. Это удобрения, известковые и буферные материалы, связующие вещества, смачивающие агенты, гидрогели, химические пестициды, красители и другие вещества [34].

Для выращивания ПМ ЗКС необходимо производство КС с оптимизированными физико-химическими характеристиками, гарантирующими нормальное развитие корневой системы, обеспечивающими её хорошее

крепление, устойчивость растения, поступление воды, элементов питания [33]. Малообъемная технология выращивания диктует жесткие требования [20, 33]. Отсутствие контакта с почвой может грозить переувлажнением после полива и иссушением при интенсивном испарении [33]. КС должен обладать высокой влагоемкостью, хорошей смачиваемостью, малой насыпной плотностью, достаточной аэрируемостью, буферностью, высокой сорбционной способностью, иметь адекватное воздушное пространство (ВП) и водоудерживающую способность (ВС) в течение всего периода выращивания. Четкая информация о характеристиках КС необходима для отработки водного и нутриентного режима выращивания [35].

### **Требования к контейнерным субстратам для ПМ хвойных с ЗКС**

Требования к КС для выращивания семян хвойных пород, в отличие от однолетних растений, имеют особенности. Устойчивая структура КС должна сохраняться в течение двух-трех лет. Согласно рекомендациям для лесопитомников, после полива субстрат должен иметь 10–30 % ВП, 45–65 % ВС, 25–35 % доступной влаги, 25–35 % недоступной влаги, 50–85 % общей пористости и 0,19–0,70 г/см<sup>3</sup> объемной плотности [36]. В процессе выращивания физические свойства КС изменяются, оседание и сегрегация частиц приводит к сокращению ВП, разложение органических веществ и физический распад конгломератов – к усадке [33, 37–40]. Формируя состав основных компонентов КС, учитывают интенсивность их микробиологического разложения. Введение опилок или гидролизного лигнина в состав КС на основе низинного торфа позволило существенно замедлить процесс разложения органического вещества субстрата в процессе выращивания ПМ [21].

### **Торфяные субстраты**

В Финляндии, где торфяники занимают около трети территории, были проведены масштабные исследования химических и физических свойств торфа и разработана система интенсивного контейнерного выращивания ПМ на КС из верхового торфа с комплексом минеральных

удобрений [33, 41, 42], признанным в течение нескольких десятилетий лучшим для выращивания хвойных. Основные торфообразователи верховых болот – сфагновые мхи – подкисляют среду, придают ей антисептические свойства, содержат в 2–3 раза меньше зольных элементов, чем сфагновые мхи, произрастающие в мезотрофных условиях. Характерные торфообразователи болот, верховых – *Sphagnum fuscum* и переходных – *Sphagnum centrale*, содержат азота 0,59 и 0,92; фосфора 0,03 и 0,07, калия 0,36 и 0,92 соответственно [22]. Низкий уровень pH и нутриентов позволяют сформировать любой необходимый состав.

#### Альтернативные варианты компонентов контейнерных субстратов

В настоящее время КС в основном готовят из торфа, древесного волокна, коксового волокна, перлита и вермикулита, из различного вида биоразлагаемых отходов и компостов [42]. Внутренние запасы торфа во многих странах Северо-Западной Европы с высокоразвитой культурой контейнерного растениеводства истощены, но используются в основном торфяные КС. Торф импортируют в основном из стран Балтии. В США, кроме торфа широко используют кору, вермикулит и перлит [34]. Вкладываются большие средства в разработку и испытание альтернативных вариантов компонентов КС [34]. Заменитель верхового торфа должен иметь необходимые свойства, быть доступным в больших объемах, унифицированным, экономически совместимым с потенциальным рынком [43].

Во многих регионах России нет промышленной заготовки верхового торфа, а низинный по своим характеристикам не соответствует требованиям технологии выращивания сеянцев хвойных с ЗКС. Попытка его модификации органическими отходами – гидролизным лигнином и опилкам – оказалась успешной. Введение добавок обеспечило стабильность КС и улучшило водно-воздушный обмен [21]. Оптимальная доля опилок составила 40–50 %, размер частиц компоста 1–5 мм и от 3–7 мм при выращивании сеянцев сосны и лиственницы соответственно [21]. Отходы коммунального хозяйства, лесопромыш-

ленного комплекса, целлюлозно-бумажной, горнодобывающей промышленности в виде компостов и смесей испытывали в качестве КС для хвойных пород [9, 10, 12, 21, 23, 24]. Разработка КС из биоотходов продолжается, что важно и с экологической точки зрения.

#### Контейнерные субстраты из древесного сырья

Слабо используемым биоресурсом являются порубочные остатки. В условиях Севера их органическое вещество медленно вовлекается в процесс биоконверсии. Совершенствование технологий глубокой безотходной переработки древесного сырья, максимально полного использования биомассы леса, является в России одним из приоритетных направлений развития лесопромышленного комплекса [10, 25–30]. Древесное волокно является перспективным и активно исследуемым в последние десятилетия альтернативным материалом для КС [44, 45]. Его преимуществами являются стабильные характеристики, наличие источников сырья вблизи мест использования и, как следствие, возможность сокращения транспортных расходов [46]. Испытания КС из разных древесных материалов: щепы кедра, лесных отходов [47], отходов лесопитомников [48], коммерческих древесноволокнистых субстратов [49, 50] щепы лиственных пород [51] в лесопитомниках оказались успешными [52]. Древесные волокна имеют пористую, рыхлую и эластичную структуру, низкую объемную плотность и низкую степень усадки, высокое ВП (хорошую дренированность), но очень низкую влагоемкость, хорошую смачиваемость; отсутствие семян сорняков, патогенных микроорганизмов, имеют pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> от 4,5 до 6,0 [34]. Испытания КС из измельченных неокоренных (90 % древесины и 10 % коры) и окоренных (100 % древесины) бревен сосны ладанной показали хорошие результаты [53]. Отходы, образующиеся при заготовке древесины и рубках ухода успешно использовали для выращивания как древесных, так и однолетних декоративных растений [10, 45, 54–56]. В КС на древесной основе отмечена более интенсивная микробная активность и иммобилизация азота, чем в КС из торфа или коры,

поэтому требуется внесение дополнительных удобрений [56].

Внедрение метода фиторемедиации почвы от тяжелых металлов растениями-аккумуляторами повлечет за собой проблему их утилизации. Предлагается приготовление КС для лесопитомников из растений – биофильтров [31, 32]. КС с компонентом из быстрорастущих древесных растений, перспективных в качестве фиторемедиантов, успешно использовали при выращивании семян сосны обыкновенной с ЗКС [9].

### **Использование ПМ ЗКС для создания лесных культур**

Значительное внимание исследователей уделяется вопросам лесоводственной оценки результатов применения ПМ ЗКС в различных типах лесорастительных условий [1, 7, 11]. Рост лесных культур существенно зависит от ПМ, способа подготовки почвы, метода создания культур. ПМ ЗКС с первого года после посадки опережает по росту конкурирующую сорную растительность, имеет высокую приживаемость. Культуры, созданные ПМ с открытой корневой системой (ОКС), напротив, испытывают сильное влияние травянистой растительности [11]. Высокую приживаемость показали 1–2-летние культуры сосны, созданные ПМ ЗКС на вырубках сосняков брусничных в условиях среднетаежной подзоны, где сосредоточен основной лесокультурный фонд республики [7]. В черничных лесорастительных условиях приживаемость 1–3-летних культур составляла от 45 до 96 %. Применение ПМ ЗКС, как показали результаты обследования лесных культур, не гарантирует высокую сохранность посадок, необходим своевременный уход на всех этапах лесовыращивания [7]. Культуры, созданные в условиях вырубки сосняка зеленомошного свежего с обработкой и без обработки почвы, показали сохранность 98 % и 63 %, высоту 1,35 м и 0,8 м соответственно [1].

### **Зависимость качества лесных культур от вида используемых для ПМ ЗКС кассет**

Более 100 различных видов ячеек и кассет, от торфяных и бумажных до пласт-

массовых, было разработано для выращивания семян с ЗКС [13]. Показано, что качество ПМ зависит от вида и объема кассет [6]. Сеянцы, выращенные в кассетах Pant, имели значительно большую общую длину корней, больший диаметр стволика по сравнению с выращенными в кассетах Plantek. В кассетах Ekorot получены наилучшие показатели высоты, объема стволика, количества и длины корней. Культуры, созданные ПМ ЗКС, выращенным в кассетах Ekorot, показали в 11-летнем возрасте сохранность на 8,0 и 9,9 % больше, чем созданные ПМ ЗКС, выращенным в кассетах Plantek и Pant соответственно [6].

### **Механизация посадочных работ при создании лесных культур**

Посадку семян и саженцев древесно-кустарниковых пород можно осуществлять лесопосадочными машинами. Широко применяются в России лесопосадочные машины СЛЧ-1, СЛНЧ-1, ССН-1, ЛПА-1, МУЛ-1, МПП-1, МЛУ-1А, ЛМД-81, СЛГ-1, МЛБ-1 и другие [3]. Уровень механизации посадочных работ невысок и составляет 52–63 %. Накоплен некоторый опыт в применении кассетных автоматов подачи растений с ОКС, недостатком которых является необходимость выборки семян по размерам, строению корневой системы и кроны. Автоматы кассетного типа для семян с ОКС не получили применения ни у нас, ни за рубежом [3]. Проблема автоматизации процесса посадки связана с видом ПМ, который должен соответствовать требованиям работы автоматов. Внедрение технологии выращивания ПМ ЗКС позволит механизировать и автоматизировать процесс посадки.

### **Заключение**

Использование ПМ ЗКС при лесовосстановлении и в защитном лесоразведении является перспективным направлением, о чем свидетельствует большой интерес к нему как исследователей, так и производителей. Отмечается зависимость качества лесных культур хвойных пород, созданных ПМ ЗКС, от вида кассет, используемых при его выращивании. Важен рациональный выбор вида контейнеров, КС с оптимизиро-



ванными для роста сеянцев характеристиками. Разработаны критерии оценки качества КС, приведены варианты КС, альтернативных торфяным, в том числе из древесных отходов. Выявлены особенности требований к КС для сеянцев хвойных пород. Использование контейнерных сеянцев позволит механизировать и автоматизировать посадку лесных культур.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института леса КарНЦ РАН на 2013–2016 гг. и Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012–2016 гг., госбюджетной тематики МГУЛ.

### Библиографический список

1. Гаврилова, О.И. Лесовосстановление вырубок и продуктивность лесных культур хвойных пород республики Карелия: дисс... докт. с/х наук: 06.03.01 / О.И. Гаврилова. – Архангельск. – 37 с.
2. Синькевич, С.М. Перспективы использования лиственно-еловых древостоев южной Карелии / С.М. Синькевич // Лесохозяйственная информация. – 2013. – № 2. – С. 36–39.
3. Бартенев, И.М. Автоматизация процесса посадки растений / И.М. Бартенев // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 75. – С. 1–13.
4. Бобушкина, С.В. Интенсивность роста и развития сеянцев сосны с закрытой корневой системой при разных режимах выращивания для лесовосстановления в Архангельской области: дисс. канд. с/х. наук: 06.03.01 / С.В. Бобушкина. – Архангельск, 2014. – 23 с.
5. Жигунов, А.В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой / А.В. Жигунов. – СПб., 2000. – 293 с.
6. Мочалов, Б.А. Влияние вида кассет на размеры сеянцев сосны с закрытыми корнями и их рост в культурах на севере / Б.А. Мочалов, С.В. Бобушкина // Лесной журнал. – 2013. – № 5. – С. 65–70.
7. Соколов, А.И. Сохранность и рост культур сосны, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой в условиях Карелии / А.И. Соколов, В.А. Харитонов и др. // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2015. – Т. 6. – № 6. – С. 46–56.
8. Гаврилова, О.И. Закономерности роста и продуктивности лесных культур сосны на стадии индивидуального роста (1–6 лет) / О.И. Гаврилова, В.К. Хлюстов // Resources and Technology. – 2013. – Т. 10. – № 1. – С. 44–72.
9. 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. – 2010. – № 1. – С. 4–8.
10. Зайцева, М.И. Обоснование новой технологии переработки порубочных остатков в компонент субстрата для выращивания сеянцев с закрытой корневой системой: дисс... канд. техн. наук: 05.21.01 / М.И. Зайцева. – Петрозаводск, 2010. – 17 с.
11. Морозова, И.В. Закономерности роста культур сосны в условиях сукцессий растительности на вырубках южной Карелии: дисс... канд. с/х наук: 06.03.01 / И.В. Морозова. – Архангельск, 2011. – 218 с.
12. Робонен, Е.В. Использование плавного фосфорно-магниевого удобрения ПФМУ-2 при выращивании сеянцев хвойных пород с закрытой корневой системой / Е.В. Робонен, Н.П. Чернобровкина, М.И. Зайцева и др. // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2006. – № 6. – С. 34–37.
13. Степанов, С.А. Выращивание и использование посадочного материала с закрытой корневой системой // Учебное пособие для бакалавров, магистров и аспирантов / С.А. Степанов, М.И. Зайцева. – Петрозаводск, 2015. – 27 с.
14. Граник, А.М. Разработка новых приемов выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой / А.М. Граник, Н.К. Крук // Труды БГТУ – Лесное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 124–129.
15. Чернобровкина, Н.П. Обеспеченность элементами минерального питания хвойных растений в условиях лесных питомников Карелии / Н.П. Чернобровкина, Е.В. Робонен, С.А. Иготти // Северная Европа в XXI веке: природа, культура, экономика: мат. междунар. конф., посвящ. 60-летию КарНЦ РАН, Петрозаводск, 24–27 окт. 2006 г. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. – С. 237–239.
16. Чернобровкина, Н.П. Влияние обеспеченности бором на рост сеянцев сосны обыкновенной / Н.П. Чернобровкина, Е.В. Робонен, С.А. Иготти и др. // Лесоведение. – 2007. – № 5. – С. 69–76.
17. 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 и др. // Физиология растений. – 2008. – Т. 55. – № 3. – С. 404–411.
18. 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. – 2009. – № 3. – С. 56–61.
19. Чернобровкина, Н.П. Содержание азота, бора и аминокислот в хвое сосны обыкновенной при регуляции азотного и борного обеспечения / Н.П. Чернобровкина, Е.В. Робонен // Труды Карельского научного центра РАН. – 2015. – № 12. – С. 35–44.
20. Козловская, И.П. Экологическая оценка субстратов и анализ расхода элементов питания при малообъемном выращивании томата в зимних теплицах / И.П. Козловская // «Живые и биокосные системы». – 2014. – № 6. – Режим доступа: <http://www.jbks.ru/archive/issue-6/article-7>.
21. Мухортов, Д.И. Утилизация органических отходов при искусственном лесовосстановлении / Д.И. Мухортов, Е.М. Романов // Вестник ПГТУ. – 2013. – № 3. – С. 20–35.
22. Германова, Н.И. Почвенно-биологические процессы в осушенных лесах Карелии / Н.И. Германова, В.И. Саковец // Петрозаводск. – 2004. – 188 с.
23. Робонен, Е.В. Опыт разработки и использования контейнерных субстратов для лесных питомников. Альтернативы торфу / Е.В. Робонен, М.И. Зайцева, Н.П. Чернобровкина и др. // Resources and Technology. – 2015. – Т. 12. – № 1. – С. 47–76.

24. 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 и др. // Лесоведение. – 2014. – № 6. – С. 31–40.
25. Андреев, А.А. Технологии использования отходов лесопиления для устойчивого развития приграничных регионов на севере России / А.А. Андреев, М.И. Зайцева, Г.Н. Колесников и др. // Классический университет в пространстве трансграничности на севере Европы: стратегия инновационного развития: сб. матер. Междунар. форума, Петрозаводск, 9–13 декабря 2014 г. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2014. – С. 3–6.
26. 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 др. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2013. – 97 с.
27. Егорова, А.В. Влияние хвойного экстракта на прорастание семян сосны обыкновенной / А.В. Егорова, М.И. Зайцева, Г.Н. Колесников, Ю.В. Никонова // Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции. – Петрозаводск, 2014. – С. 38–43.
28. Егорова, А.В. Регуляторы роста в процессах прорастания семян и роста сеянцев хвойных пород / А.В. Егорова // Растения в условиях глобальных и локальных природно-климатических и антропогенных воздействий. – VIII Съезд Общества физиологов растений России: тез. докл. Всеросс. науч. конф. и школы для молодых ученых, 21–26 сентября 2015 г. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. – С. 183.
29. Зайцева, М.И. Утилизация отходов переработки хвои сосны обыкновенной / М.И. Зайцева, Е.В. Робонен, Н.П. Чернобровкина и др. // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: Сб. статей по мат-лам междунар. научно-практ. конф., Петрозаводск, 23–28 июня 2013 г. – Петрозаводск, Петрозаводский гос. ун-т, 2013. – С. 25–30.
30. Короткий, В.П. Биохимическое производство на базе лесосырьевых ресурсов / В.П. Короткий, Н.П. Чернобровкина, С.С. Марисов и др. // Труды СПбНИИЛХ, Инновации и технологии в лесном хозяйстве. – СПб, 2011. – Вып. 1 (24). – С. 91–94.
31. Робонен, Е.В. К проблеме утилизации фиторемедиантов / Е.В. Робонен, А.В. Егорова, М.И. Зайцева и др. // Мат-лы междунар. науч. конф. по биологии и биотехнологии растений, Алматы, 28–30 мая 2014 г. ИББР – Алматы, 2014. – С. 403.
32. Чернобровкина, Н.П. Влияние борной кислоты на способность растений поглощать тяжелые металлы / Н.П. Чернобровкина, А.Ф. Титов, Е.В. Робонен и др. // Экология. – 2012. – № 1. – С. 32–35.
33. Bunt A. C. Media and Mixes for Container-Grown Plants. A manual on the preparation and use of growing media for pot plants. Loam or loamless media? 1988, pp.1–5. ISBN: 978-94-011-7906-5 (Print) 978-94-011-7904-1 (Online).
34. Schmilewski G. The role of peat in assuring the quality of growing media // Mires and Peat. 2008. Vol. 3, no 2., pp. 1–8.
35. Fukushima M., Yamamoto K., Ootsuka K., Komai T., Aramaki T., Ueda, S. Horiya S. Effects of the maturity of wood waste compost on the structural features of humic acids // Bioresource Technology. 2009. Vol. 100, no 2, pp. 791–797.
36. Yeager T. H., Fare D. C., J. Lea-Cox J. et al. Best management practices: Guide for producing container-grown plants. // 2nd Ed. Southern Nurserymen's Assoc., Marietta, GA. 2007.
37. Allaire-Leung, S. E. Changes in physical properties of peat substrates during plant growth // Can. J. Soil Sci. 1999. Vol. 79, pp. 137–139.
38. Bollen W. B., Glennie D. W. Sawdust, bark, and other wood wastes for soil conditioning and mulching // Forest Prod. J. 1961. Vol. 11. pp. 38–46.
39. Nash V.E., Laiche A. J. Changes in the characteristics of potting media with time. Commun. // Soil Sci. Plant Anal. 1981. Vol. 12, pp. 1011–1020.
40. Bilderback T. E. Lorscheider M.R. Physical properties of double-processed pine bark: Effects on rooting // Acta Hort. 1995. Vol. 401, pp. 77–83.
41. Puustjarvi V. Basin-Peat culture // Peat and Plant News. 1969. Vol. 2, pp. 20–4.
42. Bragg N. C. Peat and its Alternatives. Horticultural Development Council // Petersfield, Hampshire, 1990. 109 pp.
43. Evans M. R., S. Konduru S., Stamps R.H.. Source variation in physical and chemical properties of coconut coir dust. // HortScience. 1996. Vol. 31, pp. 965–967.
44. Gruda. N., Schnitzler W. H. Determination of volume weight and water content of wood fiber substrates with different methods // Agdbiol. Res. 1999. Vol. 52 no 2, pp. 163–170.
45. Jackson B. E., Wright R.D. Pine Tree Substrate: an Alternative and Renewable Substrate for Horticultural Crop Production. // Acta Hort. 2009. Vol. 819, pp. 265–272.
46. Alexander P.D., Bragg N.C., Meade R., Padelopoulos G., Watts O. Peat in Horticulture and Conservation: the UK Response to a Changing World. // Mires and Peat. 2008. Vol. 3, pp. 1–10.
47. Riviere L.M., Milhau C. The use of wood waste composts in the making of substrates for container crops // Acta Hort. 1983. Vol. 150, pp. 475–489.
48. Veijalainen A. M., Juntunen M. L., Lilja A., Heinonen-Tanski H., Tervo L. Forest nursery waste composting in windrows with or without horse manure or urea – the composting process and nutrient leaching // Silva Fennica. 2007. Vol. 41(1), pp. 13–27.
49. Böhne, H. Growth of nursery crops in peat–reduced and in peat-free substrates // H. Acta Hort. 2004. Vol. 644, pp.103–106.
50. Lemaire F., Dartigues A., Riviere L.M. Physical and chemical characteristics of ligno–cellulosic material // Acta Hort. 1989. Vol. 238, pp. 9–15.
51. Kenna S. W., Whitcomb C. E. Hardwood chips as an alternative medium for container plant production // HortScience. 1985. Vol. 20, pp. 867–869.
52. Brown O. D. R., Emino E.R. Response of container-grown plants to six consumer growing media // HortScience 1981. Vol. 16. pp. 78–80.
53. Jackson B. E. Chemical, physical, and biological factors influencing nutrient availability and plant growth in a pine tree substrate // Virginia Polytechnic Institute & State Univ., Blacksburg, 2008. VA. PhD Diss.
54. Wright R. D., Browder J. F., Jackson B. E. Ground pine chips as a substrate for container-grown woody nursery crops // J. Environ. Hort. 2006. Vol. 24, pp. 181–184.
55. Boyer C. R. Evaluation of clean chip residual as an alternative substrate for container-grown plants // Auburn Univ., Auburn, 2008. AL. PhD Diss.
56. Fain, G.B., Gilliam C.H., Sibley J. L., Boyer C.R. Wholotree substrates derived from three species of pine in production of annual vinca. // HortTechnology. 2008. Vol. 18, pp. 13–17.

MODERN TECHNOLOGIES GROWING PLANTING MATERIAL OF CONIFEROUS SPECIES AND WAYS TO IMPROVE THEM

**Chernobrovkina N.P.**, Assoc. Prof. Forest Research Institute of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Ph.D. (Biol.)<sup>(1)</sup>; **Tshernychenko O.V.**, Prof. Bauman Moscow State Technical University, Dr. Sci. (Biol.)<sup>(2)</sup>; **Egorova A.V.**, pg. Forest Research Institute of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences<sup>(1)</sup>; **Zaitseva M.I.**, Assoc. Prof. Petrozavodsk State University<sup>(3)</sup>; **Robonen E.V.**, Forest Research Institute of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Ph.D. (Tech.)<sup>(1)</sup>

anast.shv@yandex.ru, 2003bk@bk.ru, mgul@mgul.ac.ru

<sup>(1)</sup> Forest Research Institute of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences, Pushkinskaya av., 11, Petrozavodsk, 185910, Russia,

<sup>(2)</sup> Bauman Moscow State Technical University (Mytishchi branch), 1 st. Institutskaya, 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia,

<sup>(3)</sup> Petrozavodsk State University, Lenin av. 33, Petrozavodsk, 185910, Russia

Industrial methods of forest crop establishment using container-grown stocking material are being improved and implemented, since this system ensures more efficient spending of seeds and reduces the time required to grow seedlings. Application of this technology in reforestation and shelterbelt afforestation is very promising, as evidenced by the high interest exhibited both by the researchers and forest practitioners. The technology is developed relying on the results of ecological and physiological studies of the growth and development of seedlings under various external conditions. Possibilities to optimize the physicochemical characteristics of container substrates are investigated. For growing coniferous seedlings, their structure needs to remain stable for two to three years. The bog peat substrate has been recognized for several decades as the best option for growing conifers, but considerable attention has also been paid to developing and testing alternative substrates. Various materials including composted and mixed organic wastes are tested. Wood fiber may be a good alternative to peat and has been actively studied in recent decades. It has a porous, loose and flexible structure, low bulk density and low shrinkage, good drainability and wettability, no weed seeds or pathogenic microorganisms, and is, unlike bark, suitable for use without prolonged composting. Trials of container substrates made of various woody materials for growing coniferous seedlings have been successful. Forest crop quality was found to depend on the type of cell packs in which the stocking material has been cultivated. Proper choice of the container substrate optimized for seedlings' growth is crucial. Application of container-grown seedlings will enable mechanized and automated outplanting in forestry.

Keywords: plant material with closed root system; seedlings of softwood, container substrate, peat, cassettes, forest plantations.

# References

1. Gavrilova O.I. *Lesovosstanovlenie vyrubok i produktivnost' lesnykh kul'tur khvoynykh porod respubliki Kareliya*. Diss. dokt. s.-kh. nauk [Reforestation of cuttings and productivity of forest plantations softwood Republic of Karelia. Dr. Agr. Sci. Diss.], Arkhangel'sk, 37p.
2. Sin'kevich S.M. *Perspektivy ispol'zovaniya listvenno-eloynykh drevostoev yuzhnoy Karelii* [Prospects of using deciduous-spruce stands of southern Karelia], *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry Information], 2013, № 2, pp. 36-39.
3. Bartenev I.M. *Avtomatizatsiya protsessy posadki rasteniy* [Automation planting process] *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Science magazine KubGAU], 2012, № 75, pp. 1-13.
4. Bobushkina S.V. *Intensivnost' rosta i razvitiya seyantsev sosny s zakrytoy kornevoy sistemoy pri raznykh rezhimakh vyrashchivaniya dlya lesovosstanovleniya v arkhangel'skoy oblasti*. Diss. kand. s.-kh. nauk [The intensity of growth and development of pine seedlings with closed root system under different growing conditions for reforestation in the Arkhangelsk Region, Cand. Agr. Sci. Diss.], Arkhangel'sk, 2014, 23 p.
5. Zhigunov A.V. *Teoriya i praktika vyrashchivaniya posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy* [Theory and practice of cultivation of planting material with closed root system], SPb., 2000, 293 p.
6. Mochalov B.A. *Vliyaniye vida kasset na razmery seyantsev sosny s zakrytymi kornyami i ikh rost v kul'turakh na severe* [Influence of the type of cassettes on the sizes of pine seedlings with closed roots and their growth in the north of cultures]. *Bulletin of Higher Educational Institutions. Lesnoy Zhurnal*, 2013, №5, pp. 65-70.
7. Sokolov A.I., Kharitonov V.A., Pekkoiev A.N., Krivenko T.I. *Sokhrannost' i rost kul'tur sosny, sozdannykh posadochnym materialom s zakrytoy kornevoy sistemoy v usloviyakh Karelii* [Preservation and growth of pine cultures created planting material with closed root system in Karelia]. *Bulletin of Higher Educational Institutions. Lesnoy Zhurnal*. 2015, V. 6, № 6 (348), pp. 46-56.
8. Gavrilova O.I., Khlyustov V.K. *Zakonomernosti rosta i produktivnosti lesnykh kul'tur sosny na stadii individual'nogo rosta (1-6 let)* [Patterns of growth and productivity of forest plantations of pine at the stage of personal growth (1-6 years)]. *Resources and Technology*, 2013, V. 10, № 1, pp. 44-72.
9. Zaitseva M.I., Robonen E.V., Chernobrovkina N.P. *Ispol'zovanie porubochnykh ostatkov dlya prigotovleniya torfyanykh substratov pri vyrashchivaniy seyantsev sosny obyknovennoy s zakrytoy kornevoy sistemoy* [The use of forest residues for cooking peat substrates for growing seedlings of Pinus sylvestris with closed root system]. *Moscow state forest university bulletin - Lesnoy vestnik*, 2010, № 1, pp. 4-8.
10. Zaitseva M.I. *Obosnovanie novoy tekhnologii pererabotki porubochnykh ostatkov v komponent substrata dlya vyrashchivaniya seyantsev s zakrytoy kornevoy sistemoy*. Diss. kand. tekhn. nauk. [Justification of new technology for the processing of forest residues in the substrate component for growing seedlings with closed root system. Cand. Tech. Sci. Diss.]. Petrozavodsk, 2010, 17 p.



11. Morozova I.V. *Zakonomernosti rosta kul'tur sosny v usloviyakh suksessiy rastitel'nosti na vyрубkakh yuzhnoy Karelii*. Diss. kand. s.-kh. nauk [Laws of pine crop growth in vegetation succession in clearings southern Karelia. Cand. Agr. Sci. Diss.], Arkhangel'sk, 2011, 218 p.
12. Robonen E.V., Chernobrovkina N.P., Zaytseva M.I., Lebedeva G.A., Ozerov G.P. *Ispol'zovanie plavlennogo fosforno-magnevogo udobreniya PFMU-2 pri vyrashchivaniy seyantsev khvoynnykh porod s zakrytoy kornevoy sistemoy* [The use of fused magnesium phosphate-fertilizer PFMU-2 for growing seedlings of softwood with closed root system]. Moscow state forest university bulletin - Lesnoy vestnik, № 6, 2006, pp. 34-37.
13. Stepanov S.A., Zaytseva M.I. *Vyrashchivanie i ispol'zovanie posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy* [The cultivation and use of planting material with closed root system], Petrozavodsk, 2015, 27 p.
14. Granik A.M., Kruk N.K. *Razrabotka novykh priemov vyrashchivaniya posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy* [Development of new methods of cultivation of planting material with closed root system]. Trudy BGTU. Lesnoe khozyaystvo [Proceedings BSTU. Forestry], 2015, № 1, pp. 124-129.
15. Chernobrovkina N.P., Robonen E.V., Igotti S.A. *Obespechennost' elementami mineral'nogo pitaniya khvoynnykh rasteniy v usloviyakh lesnykh pitomnikov Karelii* [Security elements of mineral nutrition of conifers in Karelia forest nurseries.]. Severnaya Evropa v KhKhI veke: priroda, kul'tura, ekonomika Materialy mezhdunarodnoy konferentsii, posvyashchennoy 60-letiyu KarNTs RAN [Northern Europe in XXI century: nature, culture, the economy of the International Conference dedicated to the 60th anniversary of the Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences], 2006, pp. 237-239.
16. Chernobrovkina N.P., Robonen E.V., Igotti S.A., Dorofeeva O.S., Shengelia I.D. *Vliyaniye obespechennosti borom na rost seyantsev sosny obyknovnoy* [The effect of collateral boron on growth of seedlings of Scots pine]. Lesovedenie [Silviculture], 2007, № 5, pp. 69-76.
17. Chernobrovkina N.P., Dorofeeva O.S., Il'inova M.K., Robonen E.V., Vereshchagin A.G. *Zhirkokislennyi sostav summarnykh lipidov khvoi seyantsev sosny obyknovnoy v svyazi s obespechennost'yu borom* [Fatty acid composition of total lipids needles of Scots pine seedlings due to security boron]. Fiziologiya rasteniy [Физиология растений], 2008, V. 55, № 3, pp. 404-411.
18. Chernobrovkina N.P., Dorofeeva O.S., Robonen E.V. *Aminokislennyi sostav khvoi seyantsev sosny obyknovnoy v svyazi s obespechennost'yu borom* [The amino acid composition of the needles of Scots pine seedlings due to security boron] Moscow state forest university bulletin - Lesnoy vestnik, 2009, № 3, pp. 56-61.
19. Chernobrovkina N.P., Robonen E.V. *Soderzhanie azota, bora i aminokislot v khvoe sosny obyknovnoy pri regulyatsii azotnogo i bornogo obespecheniya* [The content of nitrogen, boron, and the amino acids common in pine needles in the regulation of nitrogen and boron provide]. Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk [Transactions of Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences], 2015, № 12, pp. 35-44.
20. Kozlovskaya I.P. *Ekologicheskaya otsenka substratov i analiz raskhoda elementov pitaniya pri maloob'emnom vyrashchivaniy tomata v zimnikh teplitsakh* [Environmental assessment of substrates and analysis of battery consumption during low-volume cultivation of tomato in winter hothouses]. Zhivye i biokosnye sistemy [Living and biokosnye system], 2014, № 6, URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-6/article-7> (Obrashchenie 15.12.2014).
21. Mukhortov D.I., Romanov E.M. *Utilizatsiya organicheskikh otkhodov pri iskusstvennom lesovosstanovlenii* [Recycling organic wastes in artificial reforestation.]. Vestnik PGU. [Bulletin PSTU], 2013, № 3(19), pp. 20-35.
22. Germanova N.I., Sakovets V.I. *Pochvenno-biologicheskie protsessy v osushennykh lesakh Karelii* [Soil-biological processes in drained forests of Karelia], Petrozavodsk, 2004, 188 p.
23. Robonen E.V., Zaytseva M.I., Chernobrovkina N.P., Chernyshenko O.V., Vasil'ev S.B. *Opyt razrabotki i ispol'zovaniya konteynernykh substratov dlya lesnykh pitomnikov. Alternativy torfu* [Experience in the development and use of container substrates for forest nurseries. Alternatives to peat]. Resources and Technology [Resources and Technology], 2015, V. 12, № 1, pp. 47-76. DOI: 10.15393/j2.art.2015. 3081.
24. Teben'kova D.N., Lukina N.V., Vorob'ev R.A., Orlova M.A., Gagarin Yu.N. *Vskhozhest' semyan i biometricheskie parametry seyantsev na substratakh iz tverdykh otkhodov tsellyulozno-bumazhnoy promyshlennosti* [Seed germination and seedling biometric parameters on substrates of solid waste pulp and paper industry]. Lesovedenie [Silviculture], 2014, № 6, pp. 31-40.
25. Andreev A.A., Zaytseva M.I., Kolesnikov G.N., Chalkin A.A. *Tekhnologii ispol'zovaniya otkhodov lesopileniya dlya ustoychivogo razvitiya prigranichnykh regionov na severe Rossii* [Technology use sawmill waste for sustainable development of the border regions in the north of Russia]. Klassicheskiy universitet v prostranstve transgranichnosti na severe Evropy: strategiya innovatsionnogo razvitiya materialy Mezhdunarodnogo foruma. Petrozavodskiy gosudarstvennyy universitet [Classic University in transborder space in the north of Europe: a strategy of innovative development of the International Forum of materials], Petrozavodsk, 2014, pp. 3-6.
26. Vasil'ev S.B., Devyatnikova L.A., Kolesnikov G.N., Simonova I.V. *Tekhnologicheskie resheniya dlya realizatsii potentsiala resursoberezheniya pri pererabotke kruglykh lesomaterialov na shchepu* [Technological solutions for the realization of the potential resource in the processing of round timber to wood chips], Petrozavodsk: PetrGU, 2013, 97p.
27. Egorova A.V. *Vliyaniye khvoynogo ekstrakta na prorashchivanie semyan sosny obyknovnoy* [Influence of pine extract on the germination of seeds of Scots pine]. Resursoberegayushchie tekhnologii, materialy i konstruktii [Resource-saving technologies, materials and constructions], 2014, pp. 38-43.
28. Egorova A.V. *Regulyatory rosta v protsessakh prorastaniya semyan i rosta seyantsev khvoynnykh porod* [Growth regulators in the process of seed germination and growth of seedlings of conifers]. Rasteniya v usloviyakh global'nykh i lokal'nykh prirodno-klimaticheskikh i antropogennykh vozdeystviy VIII s'ezd obshchestva fiziologov rasteniy Rossii; vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya i shkola dlya molodykh uchenykh. [Plants in the context of global and local climatic and anthropogenic impacts VIII Congress of Russian Society of Physiologists of plants; Scientific Conference and the School for Young Scientists], 2015, pp. 183.



29. Zaytseva M.I., Robonen E.V., Chernobrovkina N.P., Kolesnikov G.N. *Utilizatsiya otkhodov pererabotki khvoi sosny obyknovennoy* [Disposal of ordinary needles pine recycling]. *Derevyannoe maloetazhnoe domostroenie: ekonomika, arkhitektura i resursosberegayushchie tekhnologii* [Wooden low-rise housing construction: the economy, architecture and resource-saving technologies], Petrozavodsk, Petrozavodsk State University, 2013, pp. 25-30.
30. Korotkiy V.P., Chernobrovkina N.P., Marisov S.S., Velikanov V.I., Robonen E.V. *Biokhimicheskoe proizvodstvo na baze lesosyr'evykh resursov* [Biochemical production based on forest resources Innovation and technology in forestry] *Innovatsii i tekhnologii v lesnom khozyaystve: Mat-ly Mezhdunarod. Konf. Trudy SPbNILH* [Materials of the International. Conf. Proceedings SPbNILH], V. 1(24), 2011, pp. 91–94. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=RU2015C03791>.
31. Robonen E.V., Egorova A.V., Zaytseva M.I., Stepanov S.A., Chernobrovkina N.P. *K probleme utilizatsii fitoremediantov* [On the problem of disposing fitoremediantov]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii po biologii i biotekhnologii rasteniy (28-30 maya 2014 g., Almaty)* [Proceedings of the International Scientific Conference on Plant Biology and Biotechnology (28-30 May 2014, Almaty)], Almaty: IBBR, 2014, pp. 403.
32. Chernobrovkina N.P., Titov A.F., Robonen E.V., Morozov A.K. *Vliyaniye bornoy kisloty na sposobnost' rasteniy pogloshchat' tyazhelye metally* [Effect of boric acid on the ability of plants to absorb heavy metals]. *Ekologiya* [Ecology], № 1, 2012, pp. 32–35.
33. Bunt A.C. Media and Mixes for Container-Grown Plants. A manual on the preparation and use of growing media for pot plants. Loam or loamless media? 1988, pp.1-5. ISBN: 978-94-011-7906-5 (Print) 978-94-011-7904-1 (Online).
34. Schmilewski G. The role of peat in assuring the quality of growing media. *Mires and Peat*. 2008. Vol. 3, no 2., pp. 1-8.
35. Fukushima M., Yamamoto K., Ootsuka K., Komai T., Aramaki T., Ueda, S. Horiya S. Effects of the maturity of wood waste compost on the structural features of humic acids. *Bioresource Technology*. 2009. Vol. 100, no 2, pp. 791-797.
36. Yeager T. H., Fare D. C., J. Lea-Cox J. et al. Best management practices: Guide for producing container-grown plants. 2nd Ed. Southern Nurserymen's Assoc., Marietta, GA. 2007.
37. Allaire-Leung, S. E. Changes in physical properties of peat substrates during plant growth. *Can. J. Soil Sci.* 1999. Vol. 79, pp. 137-139.
38. Bollen W. B., Glennie D. W. Sawdust, bark, and other wood wastes for soil conditioning and mulching // *Forest Prod. J.* 1961. Vol. 11. pp. 38-46.
39. Nash V.E., Laiche A. J. Changes in the characteristics of potting media with time. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 1981. Vol. 12, pp. 1011-1020.
40. Bilderback T. E. Lorscheider M.R. Physical properties of double-processed pine bark: Effects on rooting. *Acta Hort.* 1995. Vol. 401, pp. 77-83.
41. Puustjarvi V. Basin-Peat culture // *Peat and Plant News*. 1969. Vol. 2, pp. 20-4.
42. Bragg N. C. Peat and its Alternatives. Horticultural Development Council. Petersfield, Hampshire, 1990. 109 pp.
43. Evans M. R., S. Konduru S., Stamps R.H.. Source variation in physical and chemical properties of coconut coir dust. *HortScience*. 1996. Vol. 31, pp. 965-967.
44. Gruda. N., Schnitzler W. H. Determination of volume weight and water content of wood fiber substrates with different methods. *Agdbiol. Res.* 1999. Vol. 52 no 2, pp. 163-170.
45. Jackson B. E., Wright R.D. Pine Tree Substrate: an Alternative and Renewable Substrate for Horticultural Crop Production. *Acta Hort.* 2009. Vol. 819, pp. 265-272.
46. Alexander P.D., Bragg N.C., Meade R., Padelopoulos G., Watts O. Peat in Horticulture and Conservation: the UK Response to a Changing World. *Mires and Peat*. 2008. Vol. 3, pp. 1-10.
47. Riviere L.M., Milhau C. The use of wood waste composts in the making of substrates for container crops. *Acta Hort.* 1983. Vol. 150, pp. 475-489.
48. Veijalainen A. M., Juntunen M. L., Lilja A., Heinonen-Tanski H., Tervo L. Forest nursery waste composting in windrows with or without horse manure or urea – the composting process and nutrient leaching. *Silva Fennica*. 2007. Vol. 41(1), pp. 13–27.
49. Bohne, H. Growth of nursery crops in peat- reduced and in peat-free substrates. H. *Acta Hort.* 2004. Vol. 644, pp.103-106.
50. Lemaire F., Dartigues A., Riviere L.M. Physical and chemical characteristics of ligno- cellulosic material. *Acta Hort.* 1989. Vol. 238, pp. 9-15.
51. Kenna S. W., Whitcomb C. E. Hardwood chips as an alternative medium for container plant production. *HortScience*. 1985. Vol. 20, pp. 867-869.
52. Brown O. D. R., Emimo E.R. Response of container-grown plants to six consumer growing media. *HortScience* 1981. Vol. 16. pp. 78-80.
53. Jackson B. E. Chemical, physical, and biological factors influencing nutrient availability and plant growth in a pine tree substrate. Virginia Polytechnic Institute & State Univ., Blacksburg, 2008. VA. PhD Diss.
54. Wright R. D., Browder J. F., Jackson B. E. Ground pine chips as a substrate for container-grown woody nursery crops. *J. Environ. Hort.* 2006. Vol. 24, pp. 181-184.
55. Boyer C. R. Evaluation of clean chip residual as an alternative substrate for container-grown plants. Auburn Univ., Auburn, 2008. AL. PhD Diss.
56. Fain, G.B., Gilliam C.H., Sibley J. L., Boyer C. R. Wholetree substrates derived from three species of pine in production of annual vinca. *HortTechnology*. 2008. Vol. 18, pp.13-17.