

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/7>

УДК 635.921\*635-154



## Опыт выращивания посадочного материала *Thuja occidentalis* 'Smaragd' с ЗКС по технологии «Контейнер в контейнере»

Валентина Т. Попова, bot-fiz.rast@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3765-7164>

Алексей Н. Цепляев , abies@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1938-5660>

Анна А. Попова, logachevaa@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4711-5377>

Анастасия В. Пальцева, nastya\_dy@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3309-8170>

Петр М. Евлаков, peter.evlakov@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-0138-2410>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация

В российском питомниководстве существуют определенные стандарты на посадочный материал, разработанные для всех видов растений и диктующие четкие требования к продукции питомника, при отклонении от которых, снижается конкурентоспособность питомника на рынке растений. Для того, чтобы выращивать здоровый посадочный материал, соответствующий всем требуемым нормативам, необходимо применять современные технологии, обеспечивающие все условия для равномерного развития надземной и подземной частей растения, отсутствия признаков поражения болезнями. В этой статье рассмотрен опыт по выращиванию посадочного материала *Thuja occidentalis* 'Smaragd' с закрытой корневой системой в контейнерах. Произведены наблюдения за состоянием 180 контейнеризированных саженцев на заложенных в питомнике трёх опытных площадках – открытой, затененной и площадкой по технологии «Контейнер в контейнере». Проанализированы замеры температуры субстрата в контейнерах на протяжении дня, биометрические показатели саженцев – высота растения, диаметр корневой шейки, длина и плотность корней. Показаны все преимущества и недостатки системы «Контейнер в контейнере», отличия от классического выращивания саженцев в контейнерах, а также, определено влияние данного метода на физиологию и продуктивность растений.

**Ключевые слова:** Контейнерное выращивание, посадочный материал, *Thuja occidentalis*, питомниководство, «Pot-in-pot», закрытая корневая система, температура субстрата.

**Финансирование:** Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1023013000020-6-4.1.2 «Отбор хозяйственно ценных и устойчивых к изменению климата древесных культур, отличающихся высокой биологической продуктивностью и потенциалом секвестрации углерода с учетом региональных почвенно-климатическим особенностей для реализации лесоклиматических проектов (FZUR-2023-0002)».

**Благодарности:** авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Опыт выращивания посадочного материала *Thuja occidentalis* 'Smaragd' с ЗКС по технологии «Контейнер в контейнере» / В. Т. Попова, А. Н. Цепляев, А. А. Попова, А. В. Пальцева, П. М. Евлаков // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – № 3 (51). – С. 87–101. – Библиогр.: с. 97–100 (20 назв.) – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/7>.

**Поступила:** 02.11.2023. **Пересмотрена:** 17.11.2023. **Принята:** 18.11.2023. **Опубликована онлайн:** 30.11.2023.

## The experience of growing the planting material of the *Thuja occidentalis* 'Smaragd' with a closed root system using "Pot-in-pot" technology

Valentina T. Popova<sup>1</sup>, bot-fiz.rast@yandex.ru,  <https://orcid.org/0000-0003-3765-7164>

Alexey N. Tseplyaev<sup>1</sup>,  abies@mail.ru,  <https://orcid.org/0000-0003-1938-5660>

Anna A. Popova<sup>1</sup>, logachevaaa@rambler.ru,  <https://orcid.org/0000-0003-4711-5377>

Anastasia V. Paltceva<sup>1</sup>, nastya\_dy@mail.ru,  <https://orcid.org/0009-0007-3309-8170>

Peter M. Evlakov<sup>1</sup>, peter.evlakov@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-0138-2410>

<sup>1</sup>FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation

### Abstract

In the Russian nursery industry, there are certain standards for planting material developed for all types of plants that dictating clear requirements for nursery products, in case of deviation from which, the competitiveness of the nursery in the plant market decreases. In order to grow healthy planting material that meets all the required standards, it is necessary to apply modern cultivation technologies that provide all the conditions for the uniform development of the aboveground and underground parts of the plant, without any disease. This article discusses the experience of growing *Thuja occidentalis* 'Smaragd' planting material with a closed root system in containers. Observations on the condition of 180 containerized seedlings on three experimental sites in the nursery - an open area, a shaded area and a "Pot-in-pot" technology area were made. Measurements of substrate temperature in containers throughout the day, biometric indicators of seedlings – plant height, root neck diameter, root length and density were analyzed. All the advantages and disadvantages of the "Pot-in-pot" system, differences from the classical cultivation are shown, and the influence of this method on the physiology and productivity of plants is determined.

**Keywords:** Container cultivation, planting material, nursery, "Pot-in-pot", closed root system, substrate temperature.

**Funding:** The study was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 1023013000020-6-4.1.2 "Selection of economically valuable and resistant to climate change forest crops, characterized by high biological productivity and carbon sequestration potential, taking into account regional soil and climatic characteristics for the implementation of forest climate projects (FZUR-2023-0002)").

**Acknowledgments:** The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Popova V. T., Tseplyaev A. N., Popova A. A., Paltseva A. V., Evlakov P. M. (2023). Experience of growing *Thuja occidentalis* 'Smaragd' planting material with a closed root system using the "Pot-in-pot" technology. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 3 (51), pp. 87-101. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.3/7>.

**Received** 02.11.2023. **Revised** 17.11.2023. **Accepted:** 18.11.2023. **Published online:** 30.11.2023.

### Введение

В настоящее время выращивание посадочного материала в пластиковых контейнерах – ведущий тренд современного питомниководства. Контейнеры разных форм и размеров позволяют полу-

чать здоровые однолетние и многолетние растения в промышленных масштабах.

Выращивание саженцев с ЗКС практикуется с 50-х годов XX века в ряде стран мира, оно с успе-

хом используется в странах Европы, США [10]. Лидерство в производстве посадочного материала с ЗКС принадлежит Скандинавским странам [1].

Ряд работ, посвященных оценке влияния факторов на эколого-физиологические особенности роста и развития растений, в частности, света [3], температуры, влажности [19], состава субстрата [8, 11, 13] и применения удобрений [18], размера контейнера [16, 17], качества поливной воды [5], заложили научные основы технология выращивания саженцев с закрытой корневой системой [9, 15].

Контейнерное выращивание посадочного материала обладает рядом преимуществ перед грунтовым: возможность реализации и посадки растений в течение всего вегетативного периода, меньший вес растений, оптимизирующий логистику [14], снижение трудозатрат на выкопке, экономия рабочих ресурсов и удобрений, сохранение почвы, снижение вредного воздействия на окружающую среду. Для организации питомников в регионах с бедной неплодородной почвой - контейнерное выращивание является доступным и перспективным методом получения качественного посадочного материала. Этот высокоэффективный метод способствует пересадке растений со 100 %-ной приживаемостью, а в регионах с теплыми зимами позволяет осуществлять посадку растений круглый год.

Однако, наравне с преимуществами у данного метода есть и недостатки: быстрое истощение субстрата и связанная с этим необходимость применения дорогостоящих удобрений пролонгированного действия [2], необходимость своевременной пересадки растений в контейнер большего объема [7], интенсивное пересыхание торфяного субстрата в регионах с жарким климатом, ингибирование ростовых процессов вследствие воздействия высоких летних температур.

Чтобы снизить негативное воздействие перегрева субстрата, в конце восьмидесятых годов XX века в США разработали технологию (Pot-in-pot) «Контейнер в контейнере». Метод «Pot-in-pot» сочетает в себе преимущества и контейнерного и грунтового выращивания растений.

В основе технологии лежит принцип, при котором растения выращиваются в производственных

контейнерах («production pot») (горшок-вставка), которые устанавливаются в другие контейнеры («socket pot») (горшок-гнездо), вкопанные в почву. Контейнеры подбираются таким образом, чтобы между стенками оставался небольшой зазор. Таким образом решается ряд проблем: перегрев и пересушивание субстрата, ветровал, повреждение морозами. Проблема данной технологии заключается в высокой первоначальной стоимости и необходимости периодической замены агроткани, поврежденной из-за механических нагрузок и воздействия ультрафиолета, а также необходимость регулярной обработки площадки от сорных растений, прорастающих через агроткань. При правильной эксплуатации данная площадка может прослужить несколько десятилетий.

Технология «Контейнер в контейнере» (Pot-in-pot)<sup>2</sup> получил распространение в питомниках США, европейских стран, а также в отдельных хозяйствах России, в связи с подтверждением высокой эффективности [12,20] и экономической обоснованностью [4, 6].

Объем контейнеров для выращивания саженцев по данной технологии варьирует в зависимости от возраста и вида растений. Наибольшее распространение получили емкости объемом от 68 л и до 114 л. Межвидовые и межродовые биологические особенности древесных и кустарниковых культур не позволяют применять единую агротехнику выращивания, поэтому необходимо уточнение технологии выращивания для посадочного материала разных родов. Целью исследования явилось изучение особенностей роста саженцев *Thuja occidentalis*, выращенных по технологии «Контейнер в контейнере».

### Материалы и методы

#### Объект исследования

Эксперименты были проведены на 2-летних саженцах *Thuja occidentalis* 'Smaragd', полученных путем размножения зеленым черенкованием, и пересаженных в 3-литровые контейнеры из горшка Р9.

<sup>2</sup> Легенчук, Н. Н. Организация питомника с применением методики Pot-in-pot / Н. Н. Легенчук. Москва: АППМ, 2019. С. 56-71. URL: <https://www.ruspitomniki.ru/article/index.html/id/2079>.

### Дизайн эксперимента

Эксперимент проводился в питомнике ООО «Объединенные питомники», где данная технология успешно применяется с 2009 года. Было заложено 3 экспериментальных контейнерных площадки, с различными режимами освещенности и экспозиции технологических горшков.

Контрольная площадка, на которой контейнеры с саженцами располагались на поверхности почвы (солнечное освещение - 100%; уклоном 2-5° в сторону дренажной канавы). На ровную поверхность почв был добавлен песчаный слой (10-15 см). Слой песка накрывали черной агротканью, (Polyweave black, Польша), закрепляли металлическими шпильками. Полив площадки автоматиче-

ский, контролируемый с помощью автоматических подвесных дождевателей (миниспринклеры (MS1101A)). Площадка поливалась 2-3 раза в сутки.

На второй площадке подготовка основания велась по примеру контрольного полигона, но на ней был 1) установлен навес из затеняющей сетки, с 50 %-й степенью защиты от солнечной радиации, закрепленной на металлических П-образных опорах с горизонтальными перекладинами.

На третьем полигоне выращивание саженцев *Thuja occidentalis* 'Smaragd' проводилось при помощи технологии «Контейнер в контейнере», устройство которой представлено на рис. 1.

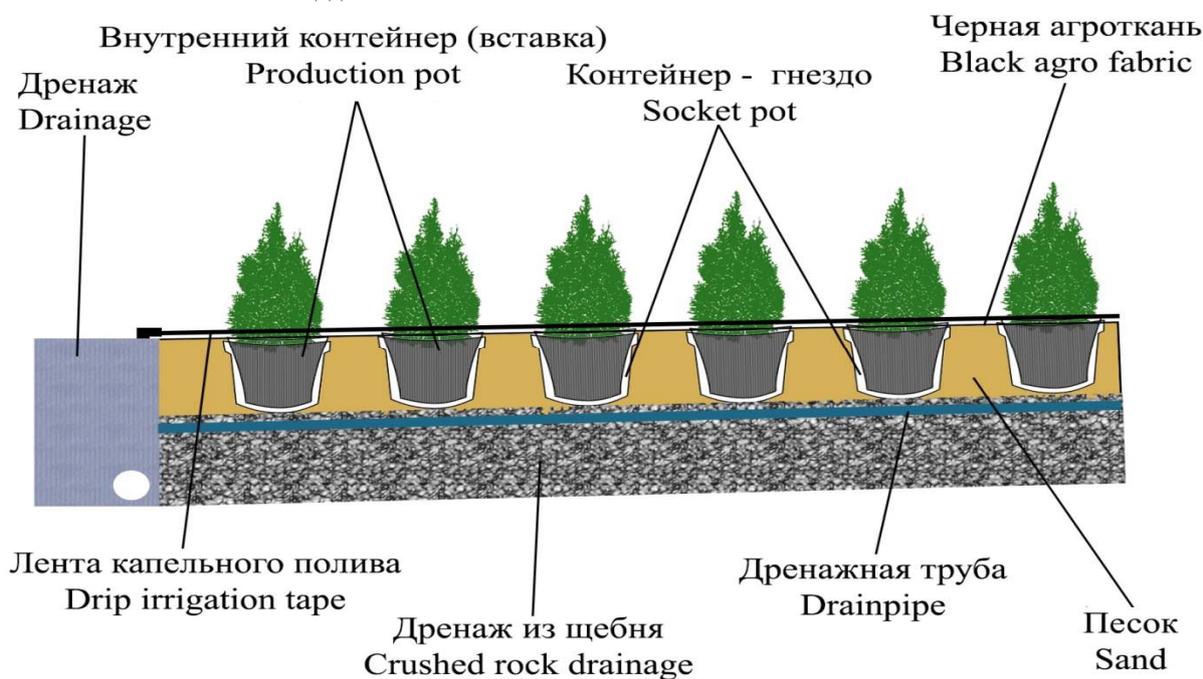


Рисунок 1. Схематическое изображение опытной площадки «Контейнер в контейнере» в разрезе

Figure 1. Schematic representation of the experimental area of "Pot-in-pot" in the section

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

Контейнеры наполняли субстратом, представляющим собой смесь низинного торфа и субстрата. Состав субстрата был одинаков для всех опытных площадок.

Ход роста саженцев *Thuja occidentalis* 'Smaragd' и состояние их корневой системы оценивали на протяжении двух лет, без пересадки в контейнеры большего объема. На каждой площадке по

60 контейнеров. Производились измерения температуры субстрата в контейнерах, замеры биометрических показателей растений общепринятыми методами. Для получения более показательных данных о состоянии корней у растений на опытных площадках, был проведен анализ проекций корневого кома растения на стороны света, с учетом температуры субстрата. Подсчет полей зрения прово-

## Природопользование

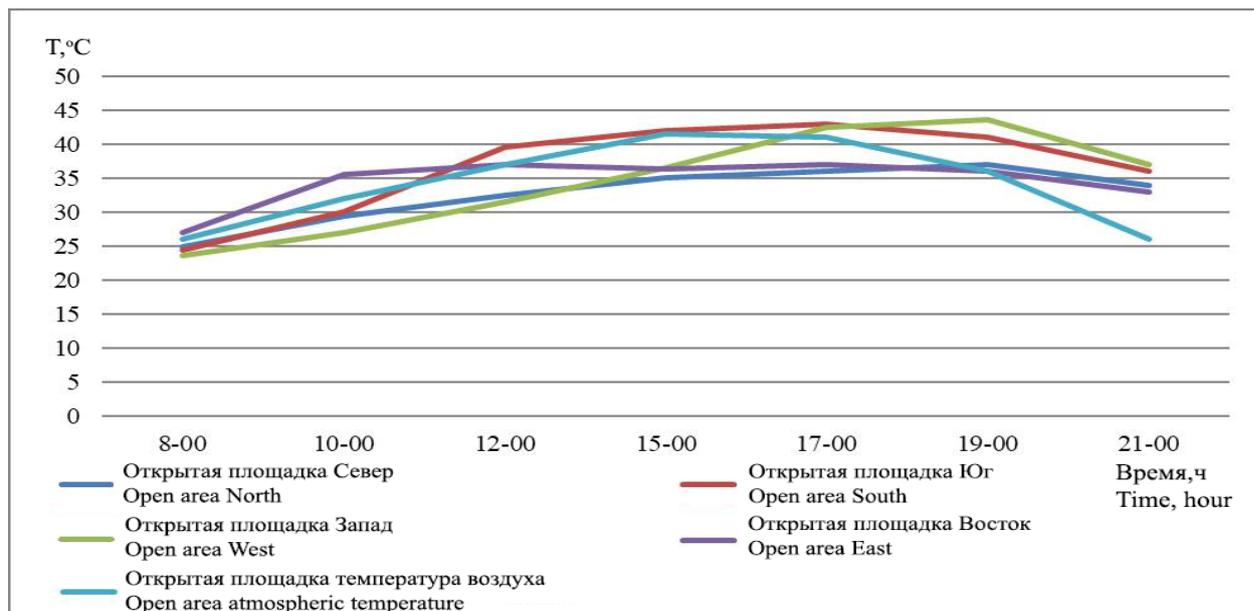
дился при наложении сетки 1x1см на фотографии корневого кома, приведенные к одному масштабу, с подсчетом длины корней отдельно по ячейкам. Сумма всех ячеек показывала общую длину корней в каждом из вариантов технологии.

### Анализ данных

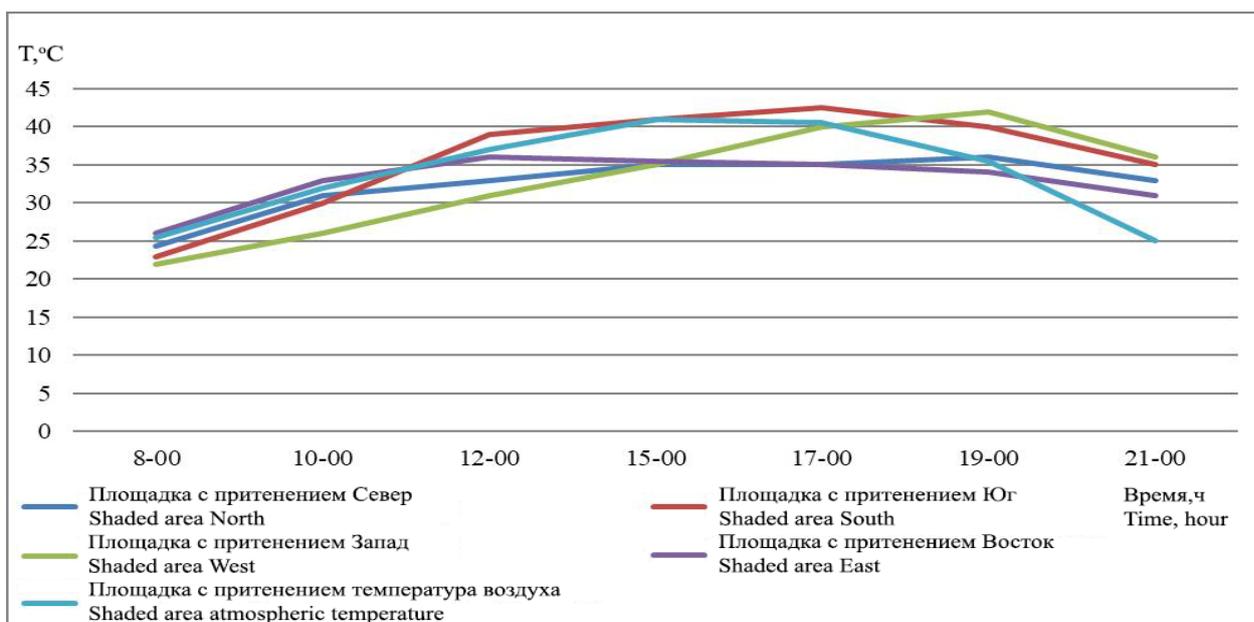
Статистическую обработку, в том числе дисперсионный анализ результатов, проводили с использованием компьютерных программ Statistica 10.0, Excel.

### Результаты и обсуждение

Результаты измерения температур субстратов в контейнерах на 3-х опытных площадках показали, что на открытой площадке средняя температура субстрата в жаркий летний день составляет 34,5°C, под затеняющей сеткой - 34,2°C. Средняя температура субстрата на площадке «КвК» - 29,1°C, что ниже контрольных измерений на 5,4°C. Температурная динамика субстрата на протяжении дня отражена на графике (рис. 2).



а



б

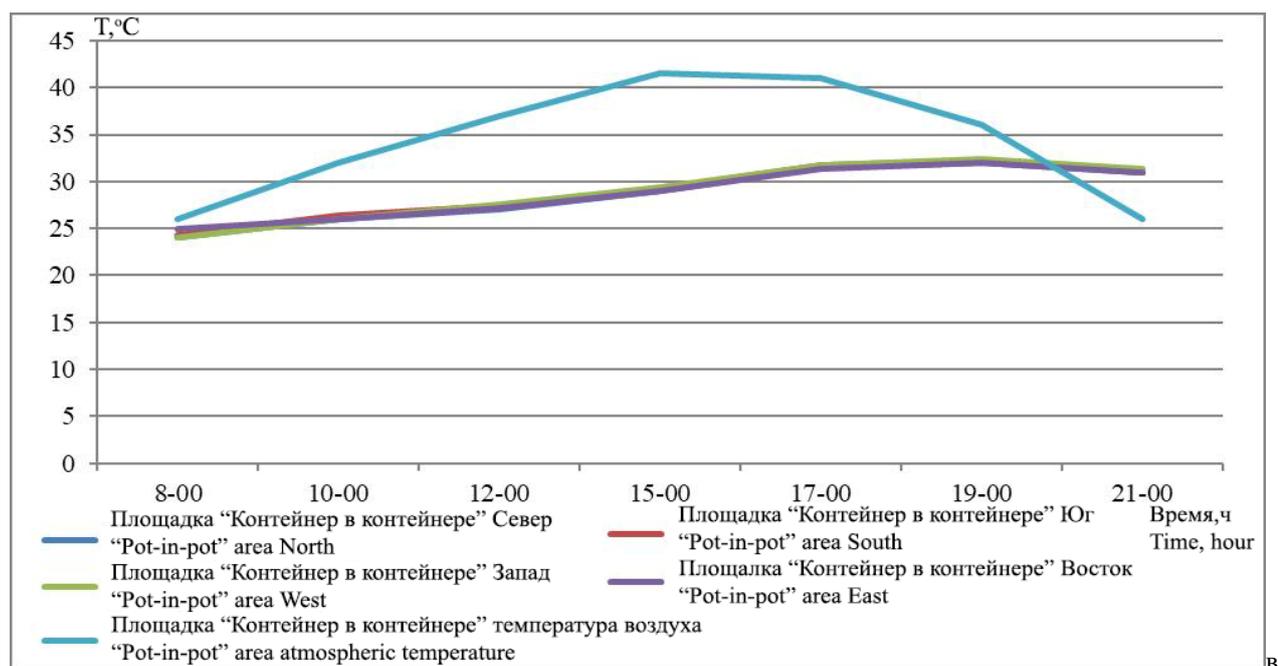


Рисунок 2. Изменение температуры субстрата на протяжении жаркого дня в летний период: а) контрольная площадка; б) площадка с затеняющей сеткой; в) площадка «Контейнер в контейнере»  
 Figure 2. The change of the substrate temperature during the average day in summer: a) control area; b) shaded area; c) "Pot-in-pot" area

Источник: собственная композиция авторов  
 Source: author's composition

### Расчет показывает:

1) В течение модельного летнего дня температура субстрата в контейнерах, экспонированных по сравниваемым технологиям, в зависимости от освещенности и типа контейнера составляет от 3 до 8 °С.

2) Самая высокая интенсивность нагрева зарегистрирована в восточной части контейнеров, расположенных на площадке без затенения: к 10-00 температура субстрата достигает 35°С. К 17-00 отмечается снижение температуры субстрата с восточной стороны до 33°С и повышение температуры с южной и западной сторон контейнера до 43°С.

3) На площадке с затеняющей сеткой температура субстрата в контейнерах демонстрирует схожую динамику, что и на открытой площадке субстрат нагревается с 25°С до 42°С с 8-00 до 15-00. Такое повышение температуры негативно влияет на состояние корневой системы, вызывая инактивацию и денатурацию белков метаболических пу-

тей в клетках растений. Достоверных различий между средними температурами субстратов в контрольном варианте и на площадке с затенением не выявлено, таким образом затеняющая сетка не предотвращает перегрев субстрата, снижается температура самого контейнера.

4) Для варианта по технологии «КвК» зафиксирована стабильная температура субстрата на протяжении всего модельного дня, что благоприятствует росту и развитию корневой системы. С 8-00 до 15-00 ч температура субстрата поднимается с 25°С до 30°С равномерно со всех сторон контейнера, но не превышают критический показатель 35°С, что является оптимальным температурным режимом для растений.

Показатели биометрических измерений саженцев *Thuja occidentalis 'Smaragd'* в течение двух вегетационных периодов представлены в табл. 1.

Биометрические характеристики *Thuja occidentalis* 'Smaragd', в зависимости от локации

Table 1

Biometric characteristics of *Thuja occidentalis* 'Smaragd', depending on location

Варианты опыта   Experimental variants	Высота, см   Height, cm		Диаметр у корневой шейки, мм   Root neck diameter, mm		Показатель силы ( $\eta^2$ ) влияния фактора «Температура»   Effect size ( $\eta^2$ ) «Temperature» factor	
	M $\pm$ m <sub>M</sub>	Cv, %	M $\pm$ m <sub>M</sub>	Cv, %	на рост в высоту   for growth in height	на рост в диаметре   for growth in diameter
3 года   3 years						
Контроль (открытая площадка)   Control (open area)	24,9 $\pm$ 0,8	11,5	11,0 $\pm$ 0,3	1,1	$\eta^2_{От-КвК}=0,86$   $\eta^2_{Op-PinP}=0,86$	$\eta^2_{От-КвК}=0,81$   $\eta^2_{Op-PinP}=0,81$
С затеняющей сеткой   Shaded area	32,6 $\pm$ 0,9	4,3	11,5 $\pm$ 0,2	0,6	$\eta^2_{От-3}=0,52$   $\eta^2_{Op-CI}=0,52$	$\eta^2_{От-3}=0,55$   $\eta^2_{Op-CI}=0,55$
По технологии КвК   «Pot-in-pot» area	39,6 $\pm$ 0,4	15,3	13,1 $\pm$ 0,2	6,1	$\eta^2_{КвК-3}=0,62$   $\eta^2_{PinP-CI}=0,62$	$\eta^2_{КвК-3}=0,26$   $\eta^2_{PinP-CI}=0,26$
НСР <sub>0,05</sub>	4,5		0,9			
4 года   4 years						
Контроль (открытая площадка)   Control (open area)	50,1 $\pm$ 1,0	8	15,4 $\pm$ 0,2	5,9	$\eta^2_{От-КвК}=0,85$   $\eta^2_{Op-PinP}=0,85$	$\eta^2_{От-КвК}=0,87$   $\eta^2_{Op-PinP}=0,87$
С затеняющей сеткой   Shaded area	61,2 $\pm$ 1,6	8,9	18,5 $\pm$ 0,3	6	$\eta^2_{От-3}=0,59$   $\eta^2_{Op-CI}=0,59$	$\eta^2_{От-3}=0,71$   $\eta^2_{Op-CI}=0,71$
По технологии КвК   «Pot-in-pot» area	76,5 $\pm$ 1,6	8,3	20,2 $\pm$ 0,2	4,4	$\eta^2_{КвК-3}=0,76$   $\eta^2_{PinP-CI}=0,76$	$\eta^2_{КвК-3}=0,69$   $\eta^2_{PinP-CI}=0,69$
НСР <sub>0,05</sub>	8,08		1,5			

Примечание: НСР<sub>0,05</sub> - Наименьшая существенная разность, М - Среднее, m<sub>M</sub> – Ошибка среднего, Cv – коэффициент вариации.

Note: НСР<sub>0,05</sub>-Least significant difference, M-Medium, m<sub>M</sub>-Medium error, Cv-Coefficient of variation.

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Результаты измерений высоты и диаметра корневой шейки у саженцев *Thuja occidentalis* 'Smaragd' показывают, что:

1) высота трехлетних растений, выращиваемых один сезон на площадке с затеняющей сеткой больше контрольного показателя на 30,9 %. Различия достоверны при 5% уровне значимости. Диаметр корневой шейки у саженцев, выращиваемых с применением превышают контроль на 0,5 мм,

(11,8 %). Различия не достоверны, разница между вариантами  $d = 0,5 < НСР_{0,05} = 0,9$

2) высота четырехлетних растений на площадке с затеняющей сеткой больше контрольного показателя на 11,1 см, что составляет 22,2 %; по диаметру корневой шейки - 3,3 мм (21,4 % от контроля). Различия достоверны в обоих случаях.

3) высота трехлетних саженцев на площадке «КвК» больше контрольного показателя на 59 %, а

корневая шейка больше контрольного показателя по диаметру на 2,1 мм (19,1 %). Достоверность различий подтверждена на уровне 95%:  $d_{\text{высота}} = 14,7 < \text{НСР}_{0,05} = 4,5$

4) высота четырехлетних растений на площадке «КвК» больше контроля на 26,4 см, составляющих 52 %, а показатель диаметра корневой шейки превышает контрольный на 4,8 мм (31,2 %).

В первый год выращивания растения в КвК по высоте и диаметру достоверно доминировали над аналогичными, растущими под притеночным навесом  $d_{\text{высота}} = 7 > \text{НСР}_{0,05} = 0,9$ ,  $d_{\text{диаметр}} = 1,6 > \text{НСР}_{0,05} = 0,9$ . На второй год различия также достоверны превышение также было в пользу технологии КвК  $d_{\text{высота}} = 15,3 > \text{НСР}_{0,05} = 8,08$ ,  $d_{\text{диаметр}} = 1,7 > \text{НСР}_{0,05} = 1,5$ .

При сравнении показателей можно утверждать, что сила влияния температуры на рост рас-

тений по высоте является значительной ( $\eta^2 x = 0,62 - 0,86$ ), на рост растений по диаметру влияние указанного фактора ниже, но диапазон варьирования значительно шире ( $\eta^2 x = 0,26 - 0,81$ ).

Таким образом, можно утверждать, что наиболее оптимальная для развития корневой системы температура субстрата в горшке наблюдалась на площадке «Контейнер в контейнере», а посадочный материал отличался более высокой скоростью роста, что показало наличие закономерной связи между продуктивностью растений и температурой субстрата в контейнере.

На фотографиях, представленных на рисунке 3, хорошо прослеживается закономерность распределения корней и их плотность, в зоне прилегания корней к контейнеру.

Протяженность корневой системы по каждой из сторон света, показана в табл. 2.



а



б



В

Рисунок 3. Фотографии корневого кома *Thuja occidentalis* 'Smaragd', приведенные к натуральным размерам, с наложением сетки 1х1 см, для подсчета протяженности корневой системы в зависимости от ориентации по сторонам света: а) контрольная площадка (Север, Юг, Запад, Восток); б) «Контейнер в контейнере» (Север, Юг, Запад, Восток); в) площадка с затеняющей сеткой (Север, Юг, Запад, Восток)

Figure 3. Root pictures of *Thuja occidentalis* 'Smaragd', reduced to natural size, with a 1x1 cm grid overlay, for calculating the length of the root system depending on the orientation to the cardinal directions: a) control area (North, South, West, East); b) "Pot-in-pot" area (North, South, West, East) c) shaded area (North, South, West, East)

Источник: собственная композиция авторов  
Source: author's composition

Таблица 2

Биометрия корневых систем *Thuja occidentalis* 'Smaragd' и влияние фактора «Сторона света»

Table 2

Biometrics of root systems *Thuja occidentalis* 'Smaragd' and effect size ( $\eta^2$ ) the cardinal direction» factor

Варианты опыта   Experimental variants	Длина корней средняя, см   Average root length, cm		Длина корней, см   Root length, cm		Влияние фактора «Сторона света»   Effect size ( $\eta^2$ ) «The cardinal direction» factor
	$M \pm m_M$ , см	$C_v$ , %	Минимум, см   Minimum, cm	Максимум, см   Maximum, cm	
Север   North					
Контроль (открытая площадка)   Control (open area)	402,6±10,3	9,9	442,6	464	$\eta^2_{От-КвК}=0,61$   $\eta^2_{Op-PinP}=0,61$
По технологии КвК   «Pot-in-pot» area	514±13,2	10	434	592	$\eta^2_{От-3}=0,04$   $\eta^2_{Op-Cl}=0,04$
С затеняющей сеткой   Shaded area	389,4±8,8	8,8	335	439	$\eta^2_{КвК-3}=0,65$   $\eta^2_{PinP-Cl}=0,65$
НСР <sub>0,05</sub>	30,9				
Юг   South					
Контроль (открытая площадка)   Control (open area)	116,5±2,9	9,6	99,5	134,6	$\eta^2_{От-КвК}=0,97$   $\eta^2_{Op-PinP}=0,97$
По технологии КвК	430,4±11,7	9,9	367	496,5	$\eta^2_{От-3}=0,04$

## Природопользование

Варианты опыта   Experimental variants	Длина корней средняя, см   Average root length, cm		Длина корней, см   Root length, cm		Влияние фактора «Сто- рона света»   Effect size ( $\eta^2$ ) «The cardinal direc- tion» factor
	$M \pm m_m, \text{cm}$	$Cv, \%$	Минимум, см   Minimum, cm	Максимум, см   Maximum, cm	
«Pot-in-pot» area					$\eta^2_{Op-Cl}=0,04$
С затеняющей сет- кой   Shaded area	121,1 $\pm$ 3,4	11,2	103,7	143	$\eta^2_{КвК-3}=0,96$   $\eta^2_{PinP-Cl}=0,96$
НСР <sub>0,05</sub>	19,2				
Запад   West					
Контроль (открытая площадка)   Control (open area)	136,8 $\pm$ 3,3	9,5	116	155	$\eta^2_{От-КвК}=0,95$   $\eta^2_{Op-PinP}=0,95$
По технологии КвК   «Pot-in-pot» area	418,9 $\pm$ 10,9	10,1	356	483	$\eta^2_{От-3}=0,29$   $\eta^2_{Op-Cl}=0,29$
С затеняющей сет- кой   Shaded area	154,6 $\pm$ 4,1	4,2	128	179	$\eta^2_{КвК-3}=0,95$   $\eta^2_{PinP-Cl}=0,95$
НСР <sub>0,05</sub>	19,8				
Восток   East					
Контроль (открытая площадка)   Control (open area)	176,7 $\pm$ 4,4	9,8	149,6	204	$\eta^2_{От-КвК}=0,98$   $\eta^2_{Op-PinP}=0,98$
По технологии КвК   «Pot-in-pot» area	461,9 $\pm$ 11,9	10	392,7	531,3	$\eta^2_{От-3}=0,35$   $\eta^2_{Op-Cl}=0,35$
С затеняющей сет- кой   Shaded area	214,6 $\pm$ 8,6	15,6	146,6	253	$\eta^2_{КвК-3}=0,92$   $\eta^2_{PinP-Cl}=0,92$
НСР <sub>0,05</sub>	24,8				

Примечание: НСР<sub>0,05</sub> - Наименьшая существенная разница, М - Среднее, m<sub>м</sub> – Ошибка среднего, Cv – коэффициент вариации.

Note: НСР<sub>0,05</sub> - Least significant difference, M - Medium, m<sub>м</sub> - Medium error, Cv - Coefficient of variation.

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Основная масса корней располагается на периферии корневого кома, примыкая к стенкам контейнера или в непосредственной близости.

В условиях открытой площадки без притенения растения подвергались воздействию прямой солнечной радиации, приводящего к перегреву южной и западной частей корневой зоны, и, вследствие этого, угнетению ростовых процессов корневой системы. При этом с северной и восточной сто-

рон интенсивность роста корневой системы сохранялась, так как в меньшей степени была подвержена перегреву.

Результаты опыта, в условиях опытной площадки с затенением, показывают, что корни растений по плотности и распределению сходны с контролем. Достоверность различий показана только для восточной стороны.

Наибольшая однородность распределения корней по всей поверхности кома наблюдается в системе «КвК». Длина корней практически одинакова с каждой из сторон света: с юга общая длина корней составляет  $-430,4+11,7$  см, с запада –  $418,6+10,9$  см, с севера –  $514+13,2$ , с востока  $461+11,9$  см.

Разница в протяженности корней, при сравнении открытой, притененной площадок и площадки «КвК» достигает - 2,1-2,4 раза.

Сила влияния фактора «Страна света» показывает зависимость протяженности корней от способов выращивания. Сила влияния составляет 61-65 % с севера; с юга, запада и востока - 92-97%, при сравнении длины корней саженцев, выращенных по методу «КвК», с саженцами на открытой площадке и площадке с затеняющей сеткой.

Благодаря технологии «Контейнер в контейнере» растение формирует корневую систему, равномерно распределенную по всей поверхности корневого кома, с большим количеством мелких корней и множеством активных точек роста, что чрезвычайно важно для успешной пересадки и дальнейшего роста.

Фактор «Страна света», как фактор влияния нагрева субстрата, снижается от контроля (максимум влияния) к методу «КвК» (минимум влияния). Это позволяет использовать технологию «КвК» для устранения негативного воздействия высоких температур, получения у саженцев равномерно развитой и устойчивой корневой системы, являющейся залогом для дальнейшего роста растений и их закрепления в почве.

Система «КвК» рекомендуется к внедрению в производство посадочного материала туи западной.

### Заключение

Контейнеризированные саженцы *Thuja occidentalis* 'Smaragd', выращенные из черенков по методу «КвК», превосходят в скорости роста надземной части и в равномерности формирования корневой системы остальные растения, выращенные на открытой площадке и под затеняющей сеткой. Это является прямым следствием нейтрализации термического воздействия на субстрат, обеспечиваемой данной технологией.

### Список литературы

1. Бобушкина, С. В. Практика выращивания лесного посадочного материала с закрытой корневой системой применительно к тепличным комплексам Архангельской области/ С.В. Бобушкина, А.О. Сеньков, Д.Х. Файзулин// ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» Россия, Вопросы лесной науки. 2020. Т. 3, № 4 - 16 с. DOI: 10.31509/2658-607x-2020-3-4-1-16. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/drmuyp>.
2. Божидай, Т. Н. Влияние удобрения Vasacote на рост и развитие *Vaccinium corymbosum* L / Т. Н. Божидай. – Текст: непосредственный // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2020. – № 73. – С. 168-173. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43811716>
3. Жигулин, Е. В. Влияние освещенности на рост сеянцев с закрытой корневой системой / Е. В. Жигулин, А. С. Оплетаяев // Международный научно-исследовательский журнал № 11 (113) Ч.1 – 2021 - С. 124-128 DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.022>
4. Цепляев, А. Н. Технология pot-in-pot. Теория и практика в производственном питомнике / А. Н. Цепляев // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 20 декабря 2018 года. – Красноярск: ФГБОУ ВО "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2019. – С. 331-333. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/ZCNYT>.
5. Носников В. В., Селищева О. А. Качественные характеристики поливной воды и их влияние на технологические аспекты выращивания посадочного материала хвойных пород с закрытой корневой системой // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (240). С. 81–87. Режим доступа: <https://elibrary.ru/tdrfrs>.

6. Панявина, Е. А. Экономическая оценка инновационной технологии «Pot-in-Pot» для целей лесовосстановления / Е. А. Панявина, С. С. Морковина, А. Н. Цепляев // Лесотехнический журнал. – 2020. – Т. 10. – № 3 (39). – С. 185–196. – Библиогр.: с. 193–195. – DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.3/18
7. Проворченко, А.В. Структура корневой системы растений можжевельника скального и туи западной при выращивании в контейнерах/ А.В. Проворченко, Каменских Л.А.// Субтропическое и декоративное садоводство. - 2022. - № 80. - С. 96-103. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48315907>.
8. Раджабов, А.К. Изменение элементов плодородия различных субстратов в зависимости от их состава при выращивании саженцев яблони с ЗКС / А.К. Раджабов, А.А. Никитенко, В.М. Лапушкин, В.Д. Стрелец// Известия ТСХА, вып. 4 – 2020 – С.18-31. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/ubbuzn>.
9. Смышляева М.И. Выращивание сеянцев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) с закрытой корневой системой для создания лесных культур в зоне хвойно-широколиственных лесов Среднего Поволжья: диссертация на соискание ученой степени кандидата Сельскохозяйственных наук: 06.03.01 / М.И. Смышляева; ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»], 2018.- 139 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/svxgxu>.
10. Трегубов, О.В. Опыт создания лесных культур с закрытой корневой системой в зарубежных странах/ О.В. Трегубов, А.П. Лактионов, Ю.А. Мизин, О.В. Комарова, В.А. Похваленко // Астраханский вестник экологического образования. - 2022. - № 4 (70). - С. 179-189. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49338027>.
11. Фетисова, А.А. Отечественный и зарубежный опыт систем подготовки посадочного субстрата для выращивания сеянцев с закрытой корневой системой. / А.А. Фетисова // Сборник научных трудов совета молодых ученых СПбГЛТУ Т. 1. Санкт-Петербург – 2021 - С. 47-56. Режим доступа: <https://elibrary.ru/kaayrpl>.
12. McBrayer, R.H. Effects of Nursery Container Color and Spacing on Root Zone Temperatures of ‘Soft Touch’ Holly / R.H. McBrayer, J.M. Pickens, A.L. Witcher et al. // Agriculture. – 2022. – Vol. 12. – № 12. – P. 2165. – DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12122165>.
13. Altland J. E. Physical and Hydraulic Properties of Commercial Pine-bark Substrate Products Used in Production of Containerized Crops / J. E. Altland, J. S. Owen Jr., B. E. Jackson, J. S. Fields. – DOI <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13497-18>. – Text: direct // Hort. science. – 2018. – № 53 (12). – P. 1883-1890.
14. Ersson, B. T. Mechanized Tree Planting in Sweden and Finland: Current State and Key Factors for Future Growth / B. T. Ersson, T. Laine, T. Saksala. – DOI <https://doi.org/10.3390/f9070370> // Forests. – 2018. – № 9 (7). – P. 370.
15. Grossnickle, S. C. Seedling Quality: History, Application, and Plant Attributes / S. C. Grossnickle, J. E. MacDonald. – DOI <https://doi.org/10.3390/f9050283>. – Text: direct // Forests. – 2018. – Vol. 9, № 5. – P. 283.
16. McNickle, G.G. Interpreting plant root responses to nutrients, neighbours and pot volume depends on researchers’ assumptions. *Funct Ecol.* 2020; 34: 2199–2209. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13517>
17. Park B B, Han S H, Hernandez J O, An J Y, Nyam-Osor B, Jung M H, Lee P S.-H and Lee S I 2021 The Use of Deep Pot and Heterogeneous Substrate as Potentially Effective Nursery Practiceto Produce Good Quality Nodal Seedlings of *Populus Sibirica* Tausch. *Forest.* 12 418 <https://doi.org/10.3390/f12040418>.
18. Shreckhise, J.H., Owen, J.S., Jr., Eick, M.J., Niemiera, A.X., Altland, J.E. and White, S.A. (2019), Dolomite and Micronutrient Fertilizer Affect Phosphorus Fate in Pine Bark Substrate used for Containerized Nursery Crop Production. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 83: 1410-1420. <https://doi.org/10.2136/sssaj2018.12.0493>
19. South B. D., Nadel L. R. Irrigation in pine nurseries // *Reforesta.* 2020. No. 10. P. 40-83. <https://dx.doi.org/10.21750/REFOR.10.05.88>.
20. Tseplyaev, A.N., Tseplyaeva, A. A. Ground-based “Pot-in-Pot” system and its effectiveness in growing *Thuja occidentalis* “Smaragd” planting material in a nursery/ A.N. Tseplyaev, A. A. Tseplyaeva.-DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/875/1/012092> // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. -2021- 875(1):012092.

## References

1. Bobushkina, S. V. The practice of growing forest planting material with a closed root system in relation to greenhouse complexes of the Arkhangelsk region/ S.V. Bobushkina, A.O. Senkov, D.H. Fayzulin// FBU "Northern Research Institute of Forestry" Russia, Issues of Forest Science, Vol.3, No. 4 - 2020 - 16 p., DOI: 10.31509/2658-607x-2020-3-4-1-16
2. Bozhidai, T. N. The effect of Basacote fertilizer on the growth and development of *Vaccinium corymbosum* L / T. N. Bozhidai. – Text: direct // Subtropical and decorative gardening. – 2020. – No. 73. – pp. 168-173. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43811716>
3. Zhigulin, E.V. The influence of illumination on the growth of seedlings with a closed root system / Zhigulin, E.V., Opletaev, A.S. // International Scientific Research Journal No. 11 (113) Part 1 - 2021 – pp. 124-128 DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.113.11.022>
4. Tseplyaev, A. N. Pot-in-pot technology. Theory and practice in a production nursery / A. N. Tseplyaev // Technologies and equipment of gardening and landscape construction : collection of articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, December 20, 2018. – Krasnoyarsk: Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, 2019. – P. 331-333. – URL: <https://www.elibrary.ru/ZCNNYT>.
5. Nosnikov V. V., Selishcheva O. A. Characteristics of irrigation water quality and its influence on the technological aspects of growing softwood planting material with a closed root system // Trudy BSTU. Ser. 1, Forest management, nature management and processing of renewable resources. 2021. No. 2 (240). pp. 81-87. URL: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/42147>
6. Panyavina, E. A. Economic assessment of "Pot-in-Pot" innovative technology for reforestation / E. A. Panyavina, S. S. Morkovina, A. N. Tseplyaev // Forestry Journal. – 2020. – Vol. 10. – № 3 (39). – Pp. 185-196. – Bibliogr.: pp. 193-195. – DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.3/18
7. Provorchenko, A.V. The structure of the root system of plants of rock juniper and western thuja when grown in containers/ A.V. Provorchenko, A.V, Kamenskikh L.A.// Subtropical and decorative gardening. - 2022. - No. 80. - pp. 96-103. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48315907>
8. Radzhabov, A.K. Change of fertility elements of various substrates depending on their composition when growing apple seedlings with ZKS / A.K. Radzhabov, A.A. Nikitenko, V.M. Lapushkin, V.D. Strelets// Izvestiya TSKHA, issue 4 – 2020 – pp.18-31 DOI: 10.26897/0021-342X-2020-4-18-31
9. Smyshlyaeva M.I. Growing oak petiolate (*Quercus robur* L.) closed root system seedlings to create forest crops in the coniferousdeciduous forests zone of the Middle Volga region: dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences: 06.03.01 / M.I. Smyshlyaeva; [Volga State Technological University], 2018.- 139 p . URL: <https://www.dissercat.com/content/vyrashchivanie-seyantsev-duba-chereshchatogo-quercus-robur-l-s-zakrytoi-kornevoi-sistemoi-dl>
10. Tregubov, O.V. The experience of creating forest crops with a closed root system in foreign countries / O. V. Tregubov, A.P. Laktionov, Yu.A. Mizin, O.V. Komarova, V.A. Pokhvalenko // Astrakhan Bulletin of Environmental Education. - 2022. - № 4 (70). - P. 179-189. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49338027>
11. Fetisova, A.A. Domestic and foreign experience of systems of preparation of a planting substrate for growing seedlings with a closed root system. / A.A. Fetisova // Collection of scientific papers of the Council of Young Scientists of SPBGLTU Vol. 1. St. Petersburg – 2021 - pp. 47-56. URL: [https://spbftu.ru/uploads/the\\_science/publications/sbornik-nauchnyh-trudov-soveta-molodyh-uchyonyh-spbgltu/Sbornik\\_SMU\\_2021n1\\_compressed.pdf](https://spbftu.ru/uploads/the_science/publications/sbornik-nauchnyh-trudov-soveta-molodyh-uchyonyh-spbgltu/Sbornik_SMU_2021n1_compressed.pdf)
12. McBrayer, R.H. Effects of Nursery Container Color and Spacing on Root Zone Temperatures of ‘Soft Touch’ Holly / R.H. McBrayer, J.M. Pickens, A.L. Witcher et al. // Agriculture. – 2022. – Vol. 12. – № 12. – P. 2165. – DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12122165>.

13. Altland J. E. Physical and Hydraulic Properties of Commercial Pine-bark Substrate Products Used in Production of Containerized Crops / J. E. Altland, J. S. Owen Jr., B. E. Jackson, J. S. Fields. – DOI 10.21273/HORTSCI13497-18. – Text: direct // Hortscience. – 2018. – № 53 (12). – P. 1883-1890.
14. Ersson, B. T. Mechanized Tree Planting in Sweden and Finland: Current State and Key Factors for Future Growth / B. T. Ersson, T. Laine, T. Saksa. – DOI 10.3390/f9070370. – Text: direct // Forests. – 2018. – № 9 (7). – P. 370.
15. Grossnickle, S. C. Seedling Quality: History, Application, and Plant Attributes / S. C. Grossnickle, J. E. MacDonald. – DOI 10.3390/f9050283. – Text: direct // Forests. – 2018. – Vol. 9, № 5. – P. 283.
16. McNickle, GG. Interpreting plant root responses to nutrients, neighbours and pot volume depends on researchers' assumptions. *Funct Ecol.* 2020; 34: 2199–2209. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13517>
17. Park B B, Han S H, Hernandez J O, An J Y, Nyam-Osor B, Jung M H, Lee P S.-H and Lee S I 2021 The Use of Deep Pot and Heterogeneous Substrate as Potentially Effective Nursery Practiceto Produce Good Quality Nodal Seedlings of Populus Sibirica Tausch. *Forest.* 12 418 <https://doi.org/10.3390/f12040418>
18. Shreckhise, J.H., Owen, J.S., Jr., Eick, M.J., Niemiera, A.X., Altland, J.E. and White, S.A. (2019), Dolo-mite and Micronutrient Fertilizer Affect Phosphorus Fate in Pine Bark Substrate used for Containerized Nursery Crop Production. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 83: 1410-1420. <https://doi.org/10.2136/sssaj2018.12.0493>
19. South B. D., Nadel L. R. Irrigation in pine nurseries // *Reforesta.* 2020. No. 10. P. 40-83. <https://core.ac.uk/download/386153325.pdf>
20. Tseplyaev, A.N., Tseplyaeva, A. A. Ground-based “Pot-in-Pot” system and its effectiveness in growing Thuja occidentalis “Smaragd” planting material in a nursery/ A.N. Tseplyaev, A. A. Tseplyaeva.-DOI:10.1088/1755-1315/875/1/012092 – Text: direct// *IOP Conf. Ser.: Earth Environ.* -2021- 875(1):012092

### Сведения об авторах

*Попова Валентина Трофимовна* – кандидат биологических наук, зав. кафедрой Ботаники и физиологии растений, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3765-7164>, e-mail: [bot.fiz-rast@yandex.ru](mailto:bot.fiz-rast@yandex.ru).

✉ *Цепляев Алексей Николаевич* – доктор с.-х. наук, профессор кафедры Ботаники и физиологии растений, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1938-5660>, e-mail: [abies@mail.ru](mailto:abies@mail.ru).

*Попова Анна Александровна* – доктор с.-х. наук, профессор кафедры Ботаники и физиологии растений, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-00034711-5377>, e-mail: [logachevaaa@rambler.ru](mailto:logachevaaa@rambler.ru).

*Пальцева Анастасия Владиславовна* – аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3309-8170>, e-mail: [nastya\\_dy@mail.ru](mailto:nastya_dy@mail.ru).

*Евлаков Петр Михайлович* – кандидат биологических наук, зав. лабораторией анализа ПЦР дирекции НИИ ИТЛК, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0138-2410>, e-mail: [peter.evlakov@yandex.ru](mailto:peter.evlakov@yandex.ru).

### Information about the authors

*Valentina T. Popova* – Cand. Sci. (Biol.), Head of Department of Botany and plant physiology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3765-7164>, e-mail: [bot.fiz-rast@yandex.ru](mailto:bot.fiz-rast@yandex.ru).

✉ *Aleksey N. Tseplyaev* – Dr. Sci. (Agric.), Prof, department Botany and plant physiology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1938-5660>, e-mail: [abies@mail.ru](mailto:abies@mail.ru).

*Anna A. Popova* – Dr. Sci. (Agric.), Prof, department Botany and plant physiology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4711-5377>, e-mail: [logachevaaa@rambler.ru](mailto:logachevaaa@rambler.ru).

*Anastasia V. Paltceva* – post-graduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3309-8170>, e-mail: [nastya\\_dy@mail.ru](mailto:nastya_dy@mail.ru).

*Evlakov Peter Mikhailovich* – Cand. Sci. (Biol.), Head of Laboratory PCR Analysis, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0138-2410>, e-mail: [peter.evlakov@yandex.ru](mailto:peter.evlakov@yandex.ru).

✉ – Для контактов/Corresponding author