

ПРИЖИВАЕМОСТЬ И РОСТ ОПЫТНЫХ КУЛЬТУР ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (QUERCUS ROBUR L.), СОЗДАНЫХ СЕЯНЦАМИ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ, ВЫРАЩЕННЫХ НА РАЗЛИЧНЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СУБСТРАТАХ

К. В. Рыбаков, В. Г. Краснов, М. И. Смышляева
Поволжский государственный технологический университет

В статье представлен опыт создания опытных культур дуба черешчатого с использованием сеянцев с закрытой корневой системой (ЗКС), выращенных на различных питательных субстратах на территории питомника лесных и декоративных древесных растений «Азяково» Ботанического сада-института Поволжского государственного технологического университета. Цель исследования – выявить оптимальный вид субстрата при выращивании сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой для последующего эффективного создания лесных культур, соответствующего по экономическим и качественным требованиям производимых сеянцев данной породы в условиях зоны хвойно-широколиственных лесов Среднего Поволжья. Приведены характеристики: агрохимических свойств субстратов, грунтовой всхожести желудей дуба черешчатого, устойчивости корнезакрывающего кома субстрата, массы сухого вещества основных фракций сеянцев дуба, а также биометрические показатели сеянцев в зависимости от используемого при выращивании вида субстрата. Исследование включало проведение инвентаризации опытных объектов, которую проводили в октябре 2016 и 2017 гг., полученные данные были обработаны с использованием методов математической статистики. В результате определено, что по показателям приживаемости данные достоверно отличаются по вариантам опыта $F_{расч.} > F_{табл.} (7,14 > 2,51)$, доля влияния фактора 75,93 %. Была произведена оценка вариантов опыта по комплексу показателей имеющие влияние на рост дуба в теплице и в лесных культурах. Определены оптимальные варианты субстрата – № 3 и 8. Выявлена зависимость приживаемости растений и плотности сложения субстрата в вариантах опыта. Оптимальная плотность сложения находится в пределах от 0,4-0,6 г/см³. Также выявлена зависимость кислотности почвенного раствора субстрата и приживаемости растений в лесных культурах. Оптимальный уровень кислотности используемых субстратов от 5,0-6,5.

Ключевые слова: дуб черешчатый, субстрат, лесные культуры, сеянцы с закрытой корневой системой, приживаемость, плотность сложения.

SURVIVAL ABILITY AND GROWTH OF EXPERIMENTAL ENGLISH OAK (QUERCUS ROBUR L.) COMPOSED OF SEEDLINGS WITH CLOSED ROOT SYSTEM GROWN IN DIFFERENT NUTRITIOUS SUBSTRATES

K.V. Rybakov, V.G. Krasnov, M.I. Smyshlyeva
Volga State University of Technology

This paper presents the approach to establishing experimental plantations of English oak from seedlings with a closed root system grown on various nutrient substrates on the territory of the nursery of forest and decorative woody plants "Azyakovo" of Volgatch Botanical Garden-Institute. The research aims to identify the optimal type of substrate for growing the seedlings of English oak with a closed root system for the effective establishment of forest plantations that meet economic and quality requirements to these types of seedlings on the territory of coniferous-broad-leaved forests of the Middle Volga Region. The paper analyses agrochemical properties of substrates, germination of acorns, stability of root-closing balls, dry weight of the main fractions of oak seedlings, and their biometric indicators depending on the type of substrate used. The research involved the inventory of experimental objects, which was carried out in October 2016 and 2017. The data obtained were processed using mathematical statistics methods. The research revealed that the data differ significantly in terms of survival rates for F calculated value $> F$ table value ($7.14 > 2.51$), the influence of the factor is 75.93%. A set of indicators that impact the growth of oak in green-

houses and on forest plantations have been assessed. The optimal substrate compositions have been determined - No. 3 and No. 8. The dependence of plant survival rate on the density of substrate composition in the variants under study have been determined. The optimal substrate composition density varies in the range between 0.4 g/cm³ and 0.6 g/cm³. The correlation between the substrate acidity and seedling survival rate on forest plantations has also been revealed. The optimal acidity level of the substrates used varies from 5.0 to 6.5.

Keywords: English oak, substrate, forest plantations, seedlings with a closed root system, survival rate, substrate composition density.

Введение

В связи с глобальным потеплением и изменением климата на нашей планете актуальной задачей является сохранение и увеличение площадей лесов, выявления закономерностей роста и особенностей основных древесных пород (Курбанов, 2010). В условиях изменения климата меняются устойчивость и продуктивность многих лесных экосистем (Hanewinkel et al., 2013; Курбанов, 2014).

В результате воздействия комплекса неблагоприятных факторов сильно пострадали насаждения дуба черешчатого в Среднем Поволжье. Дуб черешчатый, или обыкновенный (*Quercus robur* L.) является одной из наиболее долговечных и хозяйственно ценных древесных пород (Лосицкий, 1981; Усольцев, 2014). В соответствующей среде обитания он образует смешанные по составу и сложные по структуре высокопродуктивные насаждения, которые выполняют многие экологические функции (Яковлев, 1999; Краснов и др., 2007; Bobiec et al., 2018). Дуб черешчатый – важнейшая лесообразующая порода. Он может расти в самых разных почвенных условиях, но предпочитает богатые, близкие к нейтральным, не кислые почвы (Пчелин, 2007).

Немаловажную роль при этом играет создание лесных культур. Искусственное лесовосстановление – это комплекс мероприятий, направленных в конечном итоге на создание устойчивых и высокопродуктивных лесных насаждений, обеспечивающих сохранение всех полезных функций лесов. Все этапы лесовосстановления важны, но первостепенное, особое место среди них занимает использование высококачественного стандартного посадочного материала (Приказ ..., 2016).

В настоящее время просматривается тенденция все большего использования технологии выращивания сеянцев и саженцев с закрытой корневой системой (ЗКС). Данный способ имеет широкое распространение в странах Европы, в США, а в последнее время и в России (Kohmann, Börja, 2002; McRae 2005; Tsakalimi et al., 2005; Ширнин, 2017). Главным образом проработан вопрос производства сеянцев с ЗКС для хвойных пород. В то же время выращивание лиственных пород, в том числе и дуба черешчатого, для целей лесовосстановления в России исследовано недостаточно глубоко.

Перспективная технология восстановления дубовых лесов – это создание культур сеянцами и саженцами с закрытой корневой системой (Rantala et al., 2003; Chirino et al., 2008; Смышляева, 2015). Данная технология предоставляет возможность использовать ценный по наследственным свойствам посадочный материал, причем расход посевного материала уменьшается, увеличивается возможный период проведения работ по посадке леса и приживаемость древесных растений на лесокультурной площади (Salifu et al., 2009; Gil-Pelegn et al., 2017).

Проблема дороговизны сеянцев с ЗКС в настоящее время является актуальной. Наряду с большим преимуществом сеянцев с ЗКС, отмечается также их высокая цена по сравнению с обычными сеянцами с открытой корневой системой. Большой процент себестоимости сеян-

цев с ЗКС составляет стоимость субстрата (Бартенев, 2013; Романов и др., 2017; Ширнин, 2017; Рыбаков и др., 2018).

Цель исследования – выявить оптимальный вид субстрата при выращивании сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой для последующего эффективного создания лесных культур, соответствующего по экономическим и качественным требованиям производимых сеянцев данной породы в условиях зоны хвойно-широколиственных лесов Среднего Поволжья.

Решаемые задачи: выявить приживаемость и рост опытных культур дуба черешчатого, созданных сеянцами с ЗКС с использованием разных видов субстратов в Республике Марий Эл (РМЭ).

Объект исследования – опытные культуры дуба черешчатого, созданные сеянцами с закрытой корневой системой на территории питомника лесных и декоративных древесных растений «Азяково» Ботанического сада-института ФГБОУ ВО «ПГТУ».

Для изучения влияния питательного субстрата на рост сеянцев дуба использовали контейнеры НИКО V-150 SideSlit, объём ячейки составляет 150 см³. Кассеты вручную заполнялись следующими субстратами:

1) компост из опилок и осадков сточных вод, приготовленный в ПГТУ на полигоне п. Нолька («Нолька») (НЗ);

2) переходный торф Параньгинского торфопредприятия РМЭ, заготовленный в 2015 году (П15);

3) субстрат, изготовленный в Ботаническом саду-институте ПГТУ, состоящий из песка, торфа и биогумуса (БС);

4) переходный торф из Параньгинского торфопредприятия РМЭ, заготовленный в 2010 году, отработанный при выращивании посадочного материала хвойных пород в закрытом грунте в течение 3-х лет (Пв10);

5) субстрат на основе компоста из подстилочного навоза крупного рогатого скота, приготовленный по рекомендации учёных ПГТУ на территории полигона с. Азяково РМЭ («Азяково») (АЗ);

6) верховой торф из Псковской области поставки 2013 года «Велторф 2013» (Вт13);

7) верховой торф из Псковской области поставки 2014 года «Велторф 2014» (Вт14);

8) переходный торф Параньгинского торфопредприятия РМЭ, заготовленный в 2010 году и хранившийся без укрытия в течение 3 лет (Пн10);

9) субстрат на основе лесной почвы (А₁ – гумусовый горизонт) из дубравных насаждений (ЛЗ).

Материалы и методика исследований. Жёлуди, предназначенные для посева, были собраны в насаждениях дуба черешчатого в Ботаническом саду-институте ПГТУ осенью 2014 года. Их сортировка проводилась методом флотации, обработка перед посевом – фундазол (4 г на 1 кг желудей). Сеянцы выращивались на базе Ботанического сада-института «ПГТУ» в теплице арочного типа с поликарбонатным покрытием и наличием автоматизированной поливной системы. Посев производился вручную в апреле 2015 года одновременно в контейнеры всех вариантов субстрата. Уход за сеянцами заключался в прополке, а также в обработке от грибных болезней: фундазол – двукратно, байлетон – двукратно; и от листогрызущих вредителей – фитоверм двукратно. Подкормка сеянцев минеральными удобрениями не проводилась. Всхожесть определялась на 30-й день после посева как отношение количества всходов к количеству высеянных желудей, выраженное в процентах. Всхожесть желудей колеблется в пределах от 58,3 до 87,5 %. Минимальный показатель всхожести был отмечен в варианте 9 в субстрате на основе лесной почвы, а максимальный – в субстрате на основе компоста из подстилочного навоза крупного рогатого скота (5). Средняя всхожесть на всех видах субстрата составила 72,04 %.

Замеры высот, биомасс и объёмов сеянцев проводились в сентябре – октябре 2015 года. Определение биометрических показателей каждого растения проводилось при помощи измерительных инструментов: высоты стволика – линейкой с миллиметровыми делениями; диаметра корневой шейки – штангенциркулем (с точностью до 0,1 мм); массы сухого вещества – электронными весами (с точностью 0,001 г).

Осенью 2015 года на участке была проведена сплошная обработка почвы плугом общего назначения. Лесные культуры были заложены весной 2016 года сеянцами с закрытой корневой системой под лопату. Перед посадкой была произведена сортировка сеянцев – выделялись стандартные сеянцы дуба черешчатого по «Правилам лесовосстановления» по высоте стволика не менее 12 см и диаметру корневой шейки не менее 3 мм. Исследуемые варианты располагались на участке равномерно в трёх повторностях, что позволило исключить влияние других факторов.

На лесокультурном участке в каждой повторности варианта опыта сеянцы располагались в площадках 5 × 10 м; расстояние между рядами 1,5 м; в ряду – 0,75 м. В каждой повторности высажено 39 растений. В течение 2016 и 2017 гг. на участке проводились агротехнические уходы. В 2017 году проведен однократный химический уход для борьбы с мучнистой росой.

Определение показателей каждого растения проводилось при помощи измерительных инструментов: высота стволика – линейки; диаметр корневой шейки – штангенциркуля (точность до 0,1 мм).

Обработку полевых данных проводили методом математической статистики с помощью прикладных программ Statistika 6 и Excel 2010.

Результаты исследования и их обсуждение. Устойчивость корнезакрывающего кома субстрата очень важна при выращивании сеянцев с закрытой корневой системой. Этот показатель имеет значение при подборе подходящего вида субстрата: если ком не сохраняется при извлечении сеянца из контейнера, нарушается технология создания лесных культур сеянцами с ЗКС. Полученные данные по устойчивости корнезакрывающего кома субстрата представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Балл устойчивости корнезакрывающего кома субстрата

Для определения сохранности кома корнезакрывающего субстрата при извлечении сеянцев из ячейки нами была принята «условная шкала устойчивости» (от 1 до 5): 1 – распадается 100 % объёма кома; 2 – распадается до 80 % объёма кома; 3 – распадается до 60 % объёма кома; 4 – распадается до 30 % объёма кома; 5 – сохранилось 100 % объёма кома. Во всех вариантах опыта данный показатель варьирует от 4,1 до 4,9 балла (при максимальном значении в 5,0 баллов), что указывает на высокую сохранность кома субстрата при извлечении сеянца из контейнера.

При проведении эксперимента была использована методика закладки полевого опыта по Б. А. Доспехову (1979). На территории питомника преобладает дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая почва на покровных суглинках. По химическим показателям почвы питомника можно сделать вывод о низком содержании гумуса, нейтральной реакции среды, достаточной насыщенности подвижными формами фосфора и обменного калия.

Содержание органического вещества в субстратах определялось методом сухого озоления (ГОСТ 26714-85 и ГОСТ 27980-88). Кислотность (рН солевой вытяжки) выявляли потенциометрическим методом (ГОСТ 27979-88). Подвижные формы калия и легкорастворимые соединения фосфатов в вытяжке определяли по методу А. Т. Кирсанова (ГОСТ 26207-91). Определение нитратного азота осуществляли дисульфифеноловым методом (ГОСТ 26951-86).

Наибольшим содержанием подвижных форм азота, фосфора и калия характеризуется субстрат № 6 – торф из Псковской области 2013 года поставки, это объясняется тем, что в этом году поставлялся торф с минеральными удобрениями. Наименьшая доля минеральных веществ, в частности P_2O_5 , K_2O , находится в субстрате № 8 – торф 2010 года заготовки из Параньгинского торфопредприятия, хранившийся без укрытия в течение трёх лет. Субстрат № 1 на основе компоста из опилок и осадков сточных вод, приготовленный в ПГТУ, является самым бедным по содержанию NO_3 . В исследуемых субстратах содержание P_2O_5 , K_2O и NO_3 имеет разное соотношение (рис. 2).

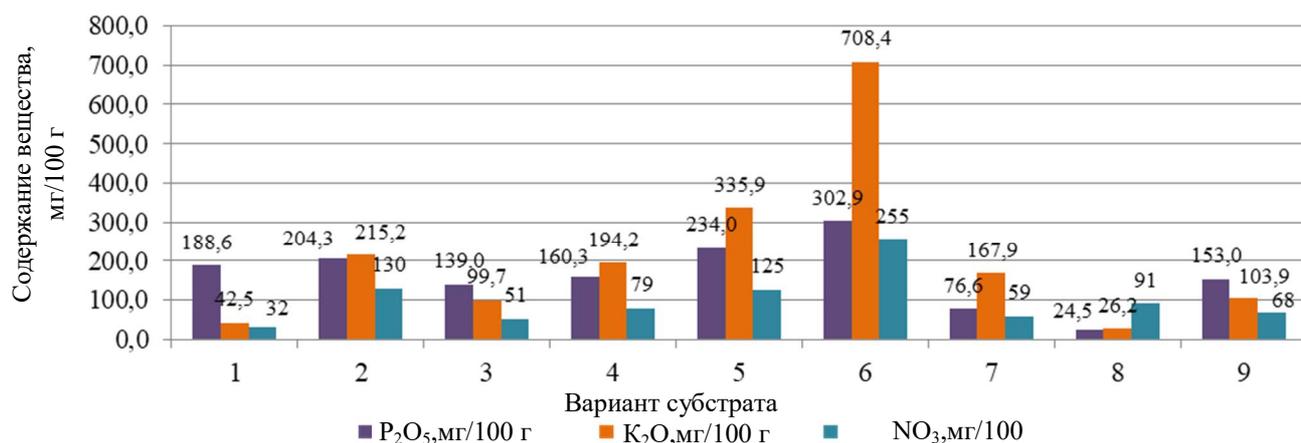


Рис. 2. Содержание P_2O_5 , K_2O и NO_3 в исследуемых субстратах

Содержание органического вещества в субстратах зависит от вида субстрата, в частности, в торфах содержание органического вещества максимально, а в субстратах, приготовленных разными способами, этот показатель явно ниже. Реакция почвенного раствора оказывает влияние на растения и микроорганизмы в почве. Уровень кислотности (рН солевой вытяжки) используемых субстратов по вариантам: 1) 4,25 – сильнокислая; 2) 5,35 – слабокислая; 3) 6,10 – нейтральная; 4) 4,88 – среднекислая; 5) 6,70 – нейтральная; 6) 6,11 – нейтральная; 7) 3,33 – сильнокислая; 8) 5,49 – слабокислая; 9) 7,13 – нейтральная. По литературным данным, дуб предпочитает почвы с близкой к нейтральной реакцией среды (рН = 5,5–7,5) (Пчелин, 2007). К субстратам с нейтральной реакцией среды относятся варианты: 3, 5, 6, 9.

Содержание минеральных веществ не является основным условием пригодности субстрата для выращивания древесных растений с ЗКС (Романов и др., 2009; Смышляева и др., 2016; Романов и др., 2017), так как при производстве субстрата можно путем внесения удобрения довести данный показатель до требуемого уровня. Большое влияние на рост сеянцев в контейнерах оказывают зольность и плотность сложения субстрата. Оптимальным для выращивания контейнерезированных сеянцев хвойных пород является верховой торф, так как он

имеет низкую плотность сложения и не уплотняется. Были определены данные показатели у исследуемых субстратов (табл. 1).

Таблица 1

Зольность и плотность сложения субстратов

№ варианта	Наименование	Зольность, %	Плотность сложения, г/см ³
1	НЗ	80,2	0,97
2	П15	44,0	0,57
3	БС	52,5	0,85
4	Пв10	28,2	0,43
5	АЗ	76,6	1,04
6	Вт13	27,7	0,46
7	Вт14	25,8	0,43
8	Пн10	25,1	0,53
9	ЛЗ	87,1	1,15

Наиболее близкие значения показателей субстрата, требуемые для выращивания посадочного материала с ЗКС (для хвойных пород), у торфов из Псковской области и местных – из Параньгинского торфопредприятия РМЭ. Результаты исследований показали, что при выращивании однолетних сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой нет необходимости закупки верхового торфа из других регионов. Использование субстратов на основе местных материалов позволит значительно уменьшить себестоимость сеянцев дуба черешчатого с ЗКС.

Сеянцы во всех вариантах по средним показателям высоты и диаметра корневой шейки достигли стандартных размеров. Достоверность различий по высоте надземной части сеянцев на 5 % уровне значимости не выявлена (Fрасч. < Fтабл.). Достоверность различий по диаметру корневой шейки сеянцев, также не выявлена (Fрасч. < Fтабл.). Длина корневых систем варьирует от 6,7 см (3) до 8,2 см (9). По данному параметру существенных различий по вариантам опыта не выявлено (Fрасч. < Fтабл.), длина корней также не зависит от вида субстрата, на ее показатели в большей степени влияют параметры кассет.

Таблица 2

Средние биометрические параметры и выход стандартных сеянцев дуба черешчатого по вариантам субстратов

№ варианта	Высота стволика, см	Диаметр корневой шейки, мм	Длина корневой системы, см	Выход стандартных сеянцев, %
1	13,27	6,74	7,01	68,00
2	14,16	5,83	7,00	70,67
3	13,78	6,60	6,73	70,67
4	13,90	6,19	7,07	76,00
5	13,89	6,88	7,45	72,00
6	12,98	6,38	7,51	73,33
7	13,62	7,08	7,83	70,67
8	13,91	6,49	8,16	74,67
9	13,38	6,75	8,18	64,00

По приведенным выше данным можно сделать вывод о том, что агрохимические свойства субстратов при выращивании однолетних сеянцев дуба черешчатого существенно не влияют на биометрические параметры сеянцев. Это объясняется тем, что желуди имеют большой запас питательных веществ, который сеянцы прежде всего используют в первый год выращивания в кассетах на образование органов и тканей.

Были изучены показатели длины и ширины листа, и по каждому варианту опыта определено среднее количество листьев на одном растении. Освещение и норма полива при выращивании сеянцев в условиях закрытого грунта для всех растений были одинаковыми, поэтому параметры листьев могли отличаться только по вариантам используемого субстрата. Бы-

ло доказано, что агрохимические свойства субстратов не влияют на количество и параметры листьев однолетних сеянцев дуба черешчатого.

С целью определения лучшего субстрата для выращивания сеянцев дуба черешчатого в контейнерах нами было изучено накопление биомассы растений по вариантам опыта. Масса абсолютно сухого вещества основных фракций сеянцев (в пересчете на 100 штук) представлена в таблице 2. При разделении сеянцев на фракции учитывали часть стволика, которая находится под землей, до корневой шейки (подземная часть стволика). По данному показателю существенность различий не доказана.

Абсолютно сухая масса надземной части сеянцев, в пересчете на 100 штук, находится в пределах от 53,4 г (6) до 63,0 г (5). Масса сухого вещества стволиков не зависит от вида субстрата (Фрасч. 1,09 < Fтабл. 5,14).

Выявлена зависимость абсолютно сухой массы листьев от используемого при выращивании сеянцев дуба черешчатого субстрата (Фрасч. 7,61 > Fтабл. 5,14). Максимальная масса листьев наблюдалась в вариантах: 1, 5, 9. Данные варианты субстратов имеют минимальное значение органического вещества, в сравнении с другими субстратами, основным компонентом которых является торф: 1 – 19,8; 5 – 23,4; 9 – 12,9 %. Ассимиляционный аппарат древесного растения обеспечивает все его органы энергией, превращенной им в процессе фотосинтеза в органическое вещество.

Наличие физиологически активных корней диаметром менее 3 мм необходимо для лучшей приживаемости растений после пересадки (Mucha et al., 2018). Максимальная масса мелких корней наблюдается в вариантах 4 – Пв10 (22,8 г) и 6 - Вт13 (20,2 г), а минимальные показатели массы наблюдались в варианте 2 – П15. Больше всего вид субстрата и его основные агрофизические показатели влияют на массу мелких физиологически активных корней (Фрасч. 6,09 > Fтабл. 5,14).

По массе крупных корней (диаметром более 3 мм) существенных различий между вариантами не выявлено (Фрасч. 2,06 < Fтабл. 5,14).

Отношение абсолютно сухой массы надземной части сеянца к подземной составляет 1:1 – 1:1,3. По исследованиям А. С. Яковлева (1999), для сеянцев дуба черешчатого с открытой корневой системой оптимальным считается соотношение 1:1,7.

Таблица 3

Абсолютно сухая масса основных фракций сеянцев по вариантам опыта

№ вар.	Масса надземной часть сеянца, г				Масса корневой системы, г			Отношение надземной части к подземной
	стволики	листья	подземная часть стволиков	итого	крупные корни (>3 мм)	мелкие корни (< 3 мм)	итого корни	
1	21,68	20,51	19,09	61,28	50,44	14,14	64,58	1:1,05
2	22,41	13,92	21,86	58,19	49,39	9,38	58,77	1:1,01
3	22,76	16,64	21,64	61,04	53,14	15,19	68,33	1:1,12
4	19,36	14,55	20,34	54,25	39,16	22,82	61,98	1:1,14
5	23,48	19,5	20,05	63,03	50,17	17,02	67,19	1:1,07
6	20,21	16,7	16,53	53,44	49,17	20,24	69,41	1:1,30
7	20,64	16,21	17,04	53,89	52,91	12,40	65,31	1:1,21
8	19,88	17,81	22,84	60,53	49,53	12,23	61,76	1:1,02
9	21,24	18,56	19,24	59,04	56,28	13,72	70,00	1:1,19
НСР05	9,276	6,157	8,692	-	22,722	11,771	-	-
Фрасч.	1,09	7,61*	2,88	-	2,06	6,09*	-	-
Fтабл.	5,14							

Примечание: * - различие на 5% уровне значимости доказано.

Инвентаризацию опытных объектов проводили в октябре 2016 и 2017 гг., результаты которой приведены в таблице 3, полученные данные обработаны с использованием методов математической статистики.

Таблица 4

Средние показатели опытных культур

№ варианта	Вариант опыта	Приживаемость, %		Средняя высота, см		Прирост высоты, см		Средний диаметр, мм		Мучнистая роса, %	
		2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
1	НЗ	62,78	59,66	13,31	26,49	4,19	12,97	3,82	5,67	1,85	68,69
2	П15	90,60	80,34	14,97	23,11	3,35	11,86	3,32	5,96	8,55	80,52
3	БС	93,16	90,60	14,10	27,07	3,54	14,63	3,59	6,21	8,77	98,01
4	Пв10	82,05	73,50	11,66	22,67	2,62	13,92	3,27	5,92	0,00	85,89
5	АЗ	62,39	54,70	13,51	23,35	3,83	11,93	3,60	5,67	1,33	76,65
6	Вт13	94,02	88,03	14,40	22,58	3,09	11,56	3,46	5,66	5,41	86,95
7	Вт14	91,45	82,05	13,81	22,58	3,66	11,27	3,29	5,15	7,37	80,93
8	Пн10	98,29	93,16	12,52	26,70	3,35	15,27	3,71	6,37	6,97	86,14
9	ЛЗ	55,56	45,30	12,28	26,97	3,41	15,66	3,59	6,02	1,96	90,05

Наши исследования показали, что на первый год после посадки максимальная приживаемость наблюдается у растений в вариантах 8 (Пн10), 6 (ВТ13) и 3 (БС), а минимальная – в варианте с использованием субстрата на основе лесной почвы – 9. Это объясняется тем, что при извлечении и посадке сеянцев этого варианта происходило рассыпание кома субстрата.

По показателям приживаемости дисперсионный анализ показал, что данные достоверно отличаются по вариантам $F_{расч.} > F_{табл.}$ ($7,14 > 2,51$). Доля влияния данного фактора 76,03 %.

По высоте надземной части, прироста по высоте и по диаметру корневой шейки за 2016 год закономерность влияния на данные показатели не выявлена ($F_{расч.} < F_{табл.}$).

На второй год после посадки максимальная приживаемость наблюдается у растений в вариантах 8 – Пн10, 3 – БС и 6 – ВТ13, а минимальный показатель в варианте с использованием субстрата на основе лесной почвы – 9.

По показателям приживаемости дисперсионный анализ показал, что данные достоверно отличаются по вариантам опыта $F_{расч.} > F_{табл.}$ ($7,14 > 2,51$). Доля влияния данного фактора 75,93 %.

По высоте надземной части сеянцев максимальные показатели наблюдаются в вариантах 3 (БС), 8 (Пн10) и 9 (ЛЗ). Минимальный показатель высоты сеянцев наблюдается в вариантах 7 (ВТ14) и 6 (ВТ13). Существенность различий по данному показателю не выявлена ($F_{расч.} 0,96 < F_{табл.} 2,51$). Доля влияния фактора составляет всего 29,96 %.

По приросту сеянцев в высоту максимальные показатели наблюдаются в вариантах 9, 8 и 3, а минимальный – в варианте 1 (ВТ14).

По диаметру корневой шейки лучшими оказались сеянцы в вариантах 8, 3 и 9, наименьшими – 7 (ВТ14).

Влияние вида субстрата на диаметр корневой шейки и на прирост высоты саженцев не доказано ($F_{расч.} < F_{табл.}$).

При осенней инвентаризации на растениях дуба черешчатого были выявлены очаги мучнистой росы. Максимальная доля повреждений наблюдается в варианте 3 – 98,01% (БС), а минимальная в варианте 1 – 76,65% (НЗ). Закономерность поражения саженцев мучнистой росой от вариантов опыта не была выявлена ($F_{расч.} 0,88 < F_{табл.} 2,51$).

Выявлена зависимость приживаемости растений и плотности сложения субстрата в вариантах опыта. Оптимальная плотность сложения находится в пределах от 0,4-0,6 г/см³. В дан-

ном диапазоне значений находятся варианты: 4 – Пв10; 6 – Вт13; 7 – Вт14; 8 – Пн10. Такое сложение субстрата позволяет вырастить посадочный материал с оптимальными показателями для лучшей приживаемости на лесокультурном участке.

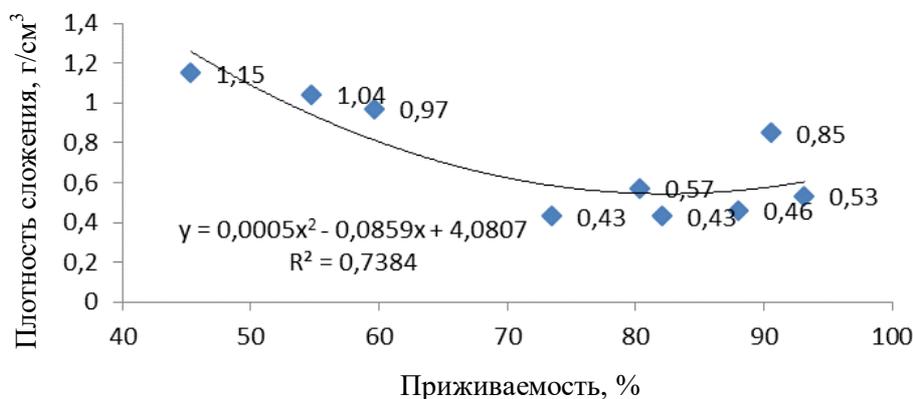


Рис. 3. Влияние плотности сложения субстрата на приживаемость растений в лесных культурах

Также выявлена зависимость кислотности почвенного раствора субстрата (рН солевой вытяжки) и приживаемости растений в лесных культурах. Оптимальный уровень кислотности используемых субстратов от 5 (слабокислая) – 6,5 (нейтральная) в вариантах: 2,3,4,6,8.

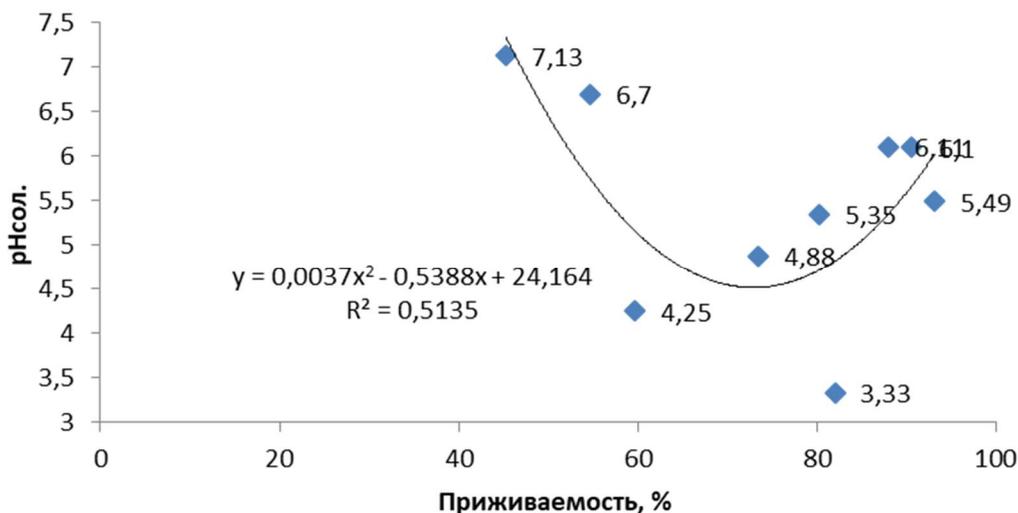


Рис. 4. Влияние кислотности почвенного раствора на приживаемость растений в лесных культурах

Используя ранговый метод (Лакин, 1990), мы произвели оценку вариантов опыта по комплексу показателей, имеющих влияние на рост дуба, в теплице и в лесных культурах. Оценивали такие показатели:

- средняя высота стволика сеянцев, выращенных в теплице;
- средний диаметр корневой шейки сеянцев, выращенных в теплице;
- устойчивость к разрушению корнезакрывающего кома субстрата;
- масса листьев от используемого при выращивании сеянцев субстрата;
- масса мелких физиологически активных корней сеянцев;
- средняя высота растений в опытных культурах;
- средний диаметр растений в опытных культурах;
- средний прирост растений в опытных культурах;
- приживаемость в лесных культурах на первый год роста;
- приживаемость в лесных культурах на второй год роста.

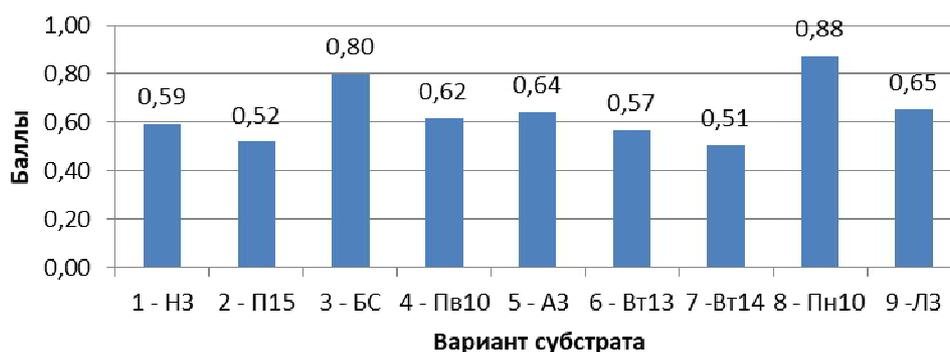


Рис. 5. Определение оптимальных вариантов по ранговому методу

Выводы. По результатам исследования двухлетних культур следует отметить, что высаженные растения имеют хорошие показатели по увеличению темпов роста во всех вариантах опыта. По показателям приживаемости дисперсионный анализ показал, что доказано влияние вида субстрата на приживаемость по вариантам опыта $F_{расч.} > F_{табл.}$. Доля влияния фактора 75,93 %. По показателям растений: высота надземной части, прирост высоты и диаметр корневой шейки – различия не существенны. Влияние вида субстрата на данные параметры не доказано. Закономерность поражения растений мучнистой росой от вида субстрата не была выявлена.

Выявлена зависимость приживаемости растений в опытных культурах и плотности сложения субстрата в вариантах опыта. Оптимальная плотность сложения находится в пределах от 0,4-0,6 г/см³. Также выявлена зависимость кислотности почвенного раствора субстрата (рН солевой вытяжки) и приживаемости растений в лесных культурах. Оптимальный уровень кислотности используемых субстратов от 5,0-6,5.

По комплексу показателей, имеющих влияние на рост дуба в теплице и в лесных культурах были определены оптимальные варианты субстрата: 3 – субстрат, изготовленный в Ботаническом саду-институте ПГТУ, состоящий из песка, торфа и биогумуса; 8 – переходный торф Параньгинского торфопредприятия РМЭ, заготовленный в 2010 году и хранившийся без укрытия в течение 3 лет. Для получения более достоверных данных необходимо продолжить исследования.

Библиографический список

1. Бартевев, И.М. К вопросу создания лесных культур посадкой ПМЗК: машины и оборудования / И.М. Бартевев. – Лесотехнический журнал. – 2013. – №2. – 123 с.
2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
3. Краснов, В. Г. Санитарное состояние искусственных насаждений дуба черешчатого в Среднем Поволжье / В. Г. Краснов, В. Ф. Краснова, И. А. Алексеев, А. С. Яковлев // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2007. – №. 6. – С. 42-48.
4. Курбанов, Э.А. Пространственная динамика фитомассы березняков на бывших сельскохозяйственных землях Марийского Заволжья / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев, Л.С. Устюгова и др. // Лесной журнал. – Архангельск: Архангельский государственный технический университет. – 2010. – №3. – С. 8-14.
5. Курбанов, Э.А. Лесоводство. Международное лесное хозяйство: учебное пособие; рекомендовано УМО по образованию в области лесного дела / Э.А. Курбанов, О.Н. Воробьев. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. – 254 с.
6. Лакин, Г. Ф. Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов. – М. Высш. школа, 1990. – 352 с.
7. Лосицкий, К.Б. Дуб / К.Б. Лосицкий. – Москва: Лесная промышленность, 1981. – 101 с.
8. Об утверждении Правил лесовосстановления: приказ Минприроды России от 29.06.2016 No. 375 (Зарег. в Минюсте России 15.11.2016 No. 44342) (ст. 1).
9. Пчелин, В. И. Дендрология: Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2007. – 520 с.
10. Романов, Е. М. Выращивание однолетних семян дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) с закрытой корневой системой на различных питательных субстратах / Е. М. Романов, М. И. Смышляева, В. Г. Краснов, Д. И. Мухортов // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2017. – №3 (35). – С. 26-36.
11. Романов, Е. М. Субстраты на основе органических отходов для выращивания семян в контейнерах / Е. М. Романов, Д. И. Мухортов, А. В. Ушнурцев, В. В. Ускова / Лесное хозяйство. – 2009. – № 2. – С. 35-37.

12. Рыбаков, К.В. Приживаемость и рост однолетних опытных культур дуба черешчатого, созданных сеянцами с закрытой корневой системой / К.В. Рыбаков, В.Г. Краснов, С.В. Кириллов, М.И. Смышляева // Повышение эффективности лесного комплекса: материалы четвертой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Петрозаводск: ПетрГУ. – 2018. – С. 150-151.
13. Смышляева, М. И. Особенности выращивания сеянцев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) с закрытой корневой системой в условиях Республики Марий Эл / М. И. Смышляева, Е. М. Романов, В. Г. Краснов // «Инновации и технологии в лесном хозяйстве 2016» ИТФ-2016: тезисы докладов V Международной научно-практической конференции, 31 мая-2 июня 2016 г., Санкт-Петербург, ФБУ «СПбНИИЛХ». – СПб: СПбНИИЛХ, 2016. – С. 131.
14. Смышляева, М.И. Показатели роста сеянцев дуба черешчатого с закрытой корневой системой в лабораторных условиях / М.И. Смышляева, В.Г. Краснов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – 2015. – № 2. – Ч. 1 (13-1). – С. 112-116.
15. Усольцев, В.А. Лесные арабески, или Этюды из жизни наших деревьев / В.А. Усольцев. – Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2014. – 161 с.
16. Ширнин, В.К. Лесовосстановление дуба черешчатого сеянцами с закрытой корневой системой / В.К. Ширнин, В.А. Кострикин, Л.В. Ширнина, С.А. Крюкова // Лесной журнал. – 2017. – № 2. – С. 32–41.
17. Яковлев, А.С. Дубравы Среднего Поволжья / А.С. Яковлев, И.А. Яковлев. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. – 352 с.
18. Bobiec, A. Seeing the oakscapes beyond the forest: a landscape approach to the oak regeneration in Europe / A. Bobiec, A. Reif, & K. Öllerer // *Landscape Ecol* 33. – 2018. – P. 513–528.
19. Chirino, E. Effects of a deep container on morpho-functional characteristics and root colonization in *Quercus suber* L. seedlings for reforestation in Mediterranean climate / E. Chirino, A. Vilagrosa, E.I. Hernandez, A. Matos, V.R. Vallejo // *Forest Ecology and Management*. – 2008. – № 256. – P. 779-785.
20. Gil-Pelegrin E. Tree Physiology. Vol. 7 - Oaks Physiological Ecology. Exploring the Functional Diversity of Genus *Quercus* L. [Electronic resource] / E. Gil-Pelegrin, J.J. Peguero-Pina, D. Sancho-Knapik. – 2017. – URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-69099-5>. - 15.05.19.
21. Hanewinkel, M. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land / M. Hanewinkel, D.A. Cullman, M.J. Schelhaas, G.J. Nabuurs, N.E. Zimmermann // *Nature Climate Change*. – 2013. – P. 203–207.
22. Kohmann, K. Hot-water Treatment for Sanitizing Forest Nursery Containers; Effects on Container Microflora and Seedling Growth / K. Kohmann, I. Börja // *Scandinavian Journal of Forest Research*. – 2002. – No. 17. – P.111-117.
23. McRae, J. Container Hardwood Seedling Production / J. McRae // *USDA Forest Service Proceedings*. – 2005. – No. 35. – P.26-27.
24. Mucha, J. Functional response of *Quercus robur* L. to taproot pruning: a 5-year case study / J. Mucha, A. Jagodziński, B. Bułaj, P. Łakomy, A. Talaśka, J. Oleksyn, Marcin Zadworny // *Annals of Forest Science*. – 2018. – № 75. – 22 p.
25. Rantala, J. Economic evaluation of container seedling packing and disinfection machinery / J. Rantala, K. Väättäinen, N. Kiljunen, P. Harstela // *Silva Fennica*. – 2003. – № 37(1). – P.121–127.
26. Salifu, K.F. Nursery Nitrogen loading improves field performance of bareroot oak seedlings planted on abandoned mine lands / K.F. Salifu, D.F. Jacobs, Z. K. Bryant // *Restoration Ecology*. – 2009. – No. 17(3). – P. 339–349.
27. Tsakalidimi, M. Root morphology, stem growth and field performance of seedlings of two Mediterranean evergreen oak species raised in different container types / M. Tsakalidimi, T. Zagas, T. Tsitsoni, P. Ganatsas // *Plant and Soil*. – 2005. – No. 278. – P. 85-93.

References

1. Bartenev I. M. K voprosu sozdaniya lesnykh kul'tur posadkoi PMZK: mashiny i oborudovaniya [On the issue of creating forest crops planting PMZK: machinery and equipment], *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry magazine], 2013, No.2, 123 p.
2. Dospikhov, B. A. Metodika polevogo opyta [Field Experience Methodology], Moskva: Kolos, 1979, 416 p.
3. Krasnov, V. G., Krasnova V. F., Alekseev I. A., Yakovlev A. P. Sanitarnoe sostoyanie iskusstvennykh nasazhdenii duba chereschatogo v Srednem Povolzh'e [The sanitary state of artificial plantations of oak in the Middle Volga], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii, Lesnoi zhurnal* [Higher Education News, Forest Journal], 2007, No. 6, pp. 42-48.
4. Kurbanov E.A., Vorob'ev O.N., Ustyugova L.P. i dr. Prostranstvennaya dinamika fitomassy bereznyakov na byvshikh sel'skokhozyaistvennykh zemlyakh Mariiskogo Zavolzh'ya [Spatial dynamics of phytomass of birch forests on the former agricultural lands of the Mari Zavolgie region], *Lesnoi zhurnal* [Forest magazine], Arkhangel'sk: Arkhangel'skii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2010, No.3, pp. 8-14.
5. Kurbanov E.A., Vorobiev O.N. Lesovodstvo. Mezhdunarodnoe lesnoe khozyaistvo [Forestry. International forestry], Yoshkar-Ola:PGTU, 2014, 254 p.
6. Lakin G. F. Biometriya [Biometrics], Moskva, 1990, 352 p.
7. Lositskii K.B. Dub [Oak], Moskva, 1981, 101 p.
8. Ob utverzhdenii Pravil lesovosstanovleniya: prikaz Minprirody Rossii ot 29.06.2016 No. 375 [On approval of the Forest Reforestation Rules: the Ministry of Natural Resources of Russia dated June 29, 2016 No. 375] (Zaregistrirovano v Minyuste Rossii 15.11.2016 No. 44342) (p. 1).
9. Pchelin V. I. Dendrologiya [Dendrology], Ioshkar-Ola, 2007, 520 p.

10. Romanov E. M., Smyshlyaeva M. I., Krasnov V. G., Mukhortov D. I. Vyrashchivanie odnoletnikh seyantsev duba chereschatogo (*Quercus robur* L.) s zakrytoi kornevoi sistemoi na razlichnykh pitatel'nykh substratakh [Growing annual seedlings of oak oak (*Quercus robur* L.) with a closed root system on various nutrient substrates], *Vestnik PGTU. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature management], 2017, No. 3 (35), pp. 26-36.
11. Romanov E. M., Mukhortov D. I., Ushnurtsev A. V., Uskova V. V. Substraty na osnove organicheskikh otkhodov dlya vyrashchivaniya seyantsev v konteinerakh [Organic waste substrates for growing seedlings in containers], *Lesnoe khozyaistvo* [Forestry], 2009, No. 2, P. 35-37.
12. Rybakov K.V., Krasnov V.G., Kirillov P.V., Smyshlyaeva M.I. Prizhivaemost' i rost odnoletnikh opytnykh kul'tur duba chereschatogo, sozdannykh seyantsami s zakrytoi kornevoi sistemoi [The survival and growth of annual experimental crops of oak oak, created by seedlings with a closed root system], *Povyshenie effektivnosti lesnogo kompleksa* [Improving the efficiency of the forest complex], Proc. 4rd International Conference, Petrozavodsk, PetrGU, 2018, pp. 150-151.
13. Smyshlyaeva M. I., Romanov E.M., Krasnov V. G. Osobennosti vyrashchivaniya seyantsev duba chereschatogo (*Quercus robur* L.) s zakrytoi kornevoi sistemoi v usloviyakh Respubliki Marii El [Features of growing seedlings of oak (*Quercus robur* L.) with a closed root system in the Republic of Mari El], "*Innovatsii i tekhnologii v lesnom khozyaistve 2016*" [Innovations and Technologies in Forestry 2016] ITF-2016, Book of Abstracts Proc.. 5rd International Conference, Sankt-Peterburg, FBU «SPbNIILKh», SPb: SPbNIILKh, 2016, 131p.
14. Smyshlyaeva M.I., Krasnov V.G. Pokazateli rosta seyantsev duba chereschatogo s zakrytoi kornevoi sistemoi v laboratornykh usloviyakh [Laboratory growth rates of seedlings of oak oak with a closed root system], *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice], Voronezh, FGBOU VPO «VGLTA», 2015, No. 2, Vol. 1, pp. 112 – 116.
15. Usoltsev V.A. Lesnye arabeski, ili Etyudy iz zhizni nashikh derev'ev [Forest arabesques, or Etudes from the life of our trees], Ekaterinburg, Ural'skii gosudarstvennyi lesotekhnicheskii universitet, 2014, 161 p.
16. Shirnin V.K., Kostrikin V.A., Shirnina L.V., Kryukova P.A. Lesovosstanovlenie duba chereschatogo seyantsami s zakrytoi kornevoi sistemoi [Reforestation of oak oak seedlings with a closed root system], *Lesnoi Zhurnal* [Forest Journal], 2017, No. 2, pp. 32–41.
17. Yakovlev A.P., Yakovlev I.A. Dubravy Srednego Povolzh'ya [Oaklands of the Middle Volga], Ioshkar-Ola: MarGTU, 1999, 352 p.
18. Bobiec A., Reif A., K. Öllerer Seeing the oakscape beyond the forest: a landscape approach to the oak regeneration in Europe., A. Bobiec, *Landscape Ecology*, 2018, No. 33, pp. 513-528.
19. Chirino E., Vilagrosa A., Hernandez E.I., Matos A., Vallejo V.R. Effects of a deep container on morpho-functional characteristics and root colonization in *Quercus suber* L. seedlings for reforestation in Mediterranean climate, *Forest Ecology and Management*, 2008, No. 256, pp. 779-785.
20. Gil-Pelegri E., Peguero-Pina J.J., Sancho-Knapik D. Tree Physiology. Vol. 7, Oaks Physiological Ecology. Exploring the Functional Diversity of Genus *Quercus* L. [Electronic resource], URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-69099-5>, 15.05.19.
21. Hanewinkel M., Cullman D.A., Schelhaas M.J., Nabuurs G.J., Zimmermann N.E. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land, M. Hanewinkel, *Nature Climate Change*, 2013, pp. 203–207.
22. Kohmann K., Börja I. Hot-water Treatment for Sanitizing Forest Nursery Containers; Effects on Container Microflora and Seedling Growth, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2002, No. 17, pp. 111-117.
23. McRae J. Container Hardwood Seedling Production , *USDA Forest Service Proceedings*, 2005, No. 35, pp. 26-27.
24. Mucha J., Jagodziński A., Bułaj B., Łakomy P., Talaśka A., Oleksyn J., Zadworny M. Functional response of *Quercus robur* L. to taproot pruning: a 5-year case study, *Annals of Forest Science*, 2018, No. 75, 22 p.
25. Rantala J., Väättäinen K., Kiljunen N., Harstela P. Economic evaluation of container seedling packing and disinfection machinery, *Silva Fennica*, 2003, No. 37(1), pp.121-127.
26. Salifu K. F., Jacobs D. F., Birdge Z. K. D. Nursery Nitrogen Loading Improves Field Performance of Bareroot Oak Seedlings Planted on Abandoned Mine Lands , *Restoration Ecology*, 2009, No. 17 (3), pp. 339-349.
27. Tsakalimi M., Zagas T., Tsitsoni T., Ganatsas P. Root morphology, stem growth and field performance of seedlings of two Mediterranean evergreen oak species raised in different container types, *Plant and Soil*, 2005, No. 278, pp. 85-93.