

УДК 630\*232.329.9

**В. В. Носников, О. А. Селищева, Т. Д. Севрук, С. И. Синявская**  
Белорусский государственный технологический университет

### **ОПЫТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ХВОЙНЫХ ПОРОД С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ В ПОЛНОСТЬЮ КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ**

Современные технологии предусматривают поэтапное выращивание сеянцев с закрытой корневой системой сначала в теплице, затем на полях доращивания, однако современные тенденции развития технологии получения контейнерных сеянцев заключаются в использовании полностью контролируемых условий, в которых можно круглогодично выращивать посадочный материал. Нами был поставлен опыт предварительного выращивания сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской в полностью контролируемых условиях с использованием светодиодного освещения в кассетах Plantek 100F, Plantek 121F и QuickPot Q324, отличающихся различным объемом ячейки. Наиболее интенсивный рост гипокотильной части для обеих пород в полностью контролируемых условиях был характерен для варианта с наименьшим объемом ячейки. После выноса в условия открытого грунта наибольшими значениями надземной и подземной частей характеризовались растения, выращенные в кассетах Plantek 100F, Plantek 121F. В результате к концу вегетационного периода был получен стандартный посадочный материал у сосны обыкновенной в вариантах с кассетами Plantek 100F и Plantek 121F, а у ели европейской – Plantek 121F. Пересадка сеянцев с кассеты QuickPot Q324 в кассету Plantek 64FD и Plantek 81F позволила увеличить размерные показатели саженцев сосны обыкновенной в отличие от ели европейской.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, ель европейская, контейнеры, условия контролируемые, освещение светодиодное, грунт открытый, показатели биометрические.

**Для цитирования:** Носников В. В., Селищева О. А., Севрук Т. Д., Синявская С. И. Опыт предварительного выращивания посадочного материала хвойных пород с закрытой корневой системой в полностью контролируемых условиях // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2025. № 2 (294). С. 61–68.

DOI: 10.52065/2519-402X-2025-294-7.

**V. V. Nosnikov, O. A. Selishcheva, T. D. Sevruck, S. I. Sinyavskaya**  
Belarusian State Technological University

### **EXPERIENCE OF PRELIMINARY GROWING OF CONTAINER PLANTING MATERIAL OF CONIFEROUS IN FULLY CONTROLLED CONDITIONS**

Modern technologies provide for the gradual cultivation of container seedlings, first in a greenhouse, then in growing fields, but modern trends in the development of container seedling technology consist in the use of fully controlled conditions in which planting material can be grown year-round. We have conducted an experiment in preliminary cultivation of Scots pine and Norway spruce seedlings in fully controlled conditions using LED lighting in Plantek 100F, Plantek 121F and QuickPot Q324 cassettes, which differ in cell volume. The most intensive growth of the hypocotyl part for both species in fully controlled conditions was characteristic of the variant with the smallest cell volume. After transfer to open ground conditions, the plants grown in Plantek 100F and Plantek 121F cassettes were characterized by the highest values of the aboveground and underground parts. As a result, by the end of the vegetation period, standard planting material was obtained for Scots pine in the variants with Plantek 100F and Plantek 121F cassettes, and for Norway spruce – Plantek 121F. Transplanting seedlings from the QuickPot Q324 cassette to the Plantek 64FD and Plantek 81F cassette allowed increasing the size indicators of Scots pine seedlings in contrast to Norway spruce.

**Keywords:** Scots pine, Norway spruce, containers, controlled conditions, LED lighting, open ground conditions, biometric parameters.

**For citation:** Nosnikov V. V., Selishcheva O. A., Sevruck T. D., Sinyavskaya S. I. Experience of preliminary growing of container planting material of coniferous in fully controlled conditions. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2025, no. 2 (294), pp. 61–68 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2025-294-7.

**Введение.** Использование посадочного материала с закрытой корневой системой (ЗКС) находит все большее применение в лесохозяйственной практике воспроизводства лесов и лесоразведения Беларуси. По данным Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, объемы выращивания такого посадочного материала увеличились с 14,1 млн шт. в 2014 г. до 35,4 млн шт. в 2024 г., а доля участия создаваемых лесных культур с использованием посадочного материала с ЗКС за этот период увеличилась с 10,2 до 22,3%.

Современные технологии предусматривают поэтапное выращивание сеянцев с ЗКС сначала в теплице (закрытый грунт), затем на полях доращивания [1, 2]. Этап выращивания в теплице является наиболее дорогим, поэтому тенденции развития технологии контейнерных сеянцев заключаются в использовании полностью контролируемых условий, в которых можно круглогодично выращивать посадочный материал [3–5]. Особую роль в данном случае отводят освещению [6, 7].

Основными характеристиками освещения, используемого для выращивания лесных растений в контролируемых условиях, является его интенсивность, спектральный состав и продолжительность фотопериода.

Растения способны распознавать интенсивность светового потока, его продолжительность, спектральный состав и плоскость поляризации, что делает свет одним из элементов сигнальной системы физиологических процессов [8].

Интенсивность освещения оказывает большое влияние на эффективность фотосинтеза. При увеличении освещенности фотосинтез будет проходить интенсивнее до момента наступления точки насыщения светом, после которой при увеличении интенсивности освещения фотосинтез будет возрастать незначительно [9]. Соответственно при выращивании необходимо поддерживать такой уровень освещения, при котором наблюдался максимальный уровень достижения заданных параметров растений при минимальных затратах на искусственное освещение.

Определенные участки спектра в значительной мере влияют на рост и развитие растений. Основными являются синий, красный и дальний красный диапазоны [10–12].

Продолжительность фотопериода является ключевым параметром, обуславливающим не только процессы формирования верхушечных почек [13], но и особенности формирования сеянцев хвойных пород, выращиваемых в контролируемых условиях [14].

Основой технологии выращивания посадочного материала с ЗКС является использование кассет с ячейками определенного объема, которые ограничивают объем находящегося в них субстрата, тем самым влияя на размер осваиваемого корнями пространства и количество доступных для растения элементов питания.

Существует прямая связь между техническими характеристиками ячеек в составе кассет и размерными показателями посадочного материала [15]. Наиболее значимыми являются объем ячейки и ее высота. При увеличении объема ячейки повышается возможность растения при отсутствии других лимитирующих факторов сформировать более развитую корневую систему, обладающую корнями нескольких порядков, что в свою очередь положительно сказывается на дальнейшей приживаемости посадочного материала при посадке на лесокультурной площади [16].

Однако особенности выращивания в полностью контролируемых условиях с использованием светодиодного освещения могут иметь свои отличия от получения лесных растений в условиях теплиц и открытого грунта.

**Основная часть.** Объектом исследований является посадочный материал сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и ели европейской (*Picea abies*), предварительно выращенный с использованием светодиодного освещения в кассетах с ячейками различного объема и помещенный для доращивания в открытый грунт.

Высев осуществлялся 19 апреля 2024 г. в кассеты Plantek 100F, Plantek 121F и QuickPot Q324. Характеристики данных кассет приведены в табл. 1.

Кассета Plantek 100F в настоящий момент используется для получения однолетних сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой, Plantek 121F потенциально может использоваться для этой цели. Кроме того, эти два типа кассет могут применяться для получения саженцев ели европейской с улучшенной корневой системой.

Таблица 1

Характеристики используемых кассет

| Модель        | Внешние габариты кассеты, см | Размер ячейки, см | Количество ячеек, шт. | Объем ячейки, см <sup>3</sup> | Количество сеянцев на 1 м <sup>2</sup> |
|---------------|------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------------|
| Plantek 100F  | 38,5×38,5×9,0                | 3,7×3,7×9,0       | 100                   | 81                            | 676                                    |
| Plantek 121F  | 38,5×38,5×7,3                | 3,3×3,3×7,3       | 121                   | 50                            | 816                                    |
| QuickPot Q324 | 40,2×40,2×4,5                | 1,9×1,9×4,5       | 324                   | 11                            | 1944                                   |

Кассета QuickPot Q324 является основой технологии выращивания саженцев с закрытой корневой системой, предусматривающей последующую пересадку выращенных растений в кассеты с ячейкой большего объема.

В эксперименте использовался субстрат, приготовленный согласно ТУ ВУ 100061961.002–2015 «Субстраты торфяно-перлитные». Заполнение кассет происходило вручную с контролем уплотнения субстрата в ячейке. Обеспечивалась плотность субстрата в кассете в диапазоне 0,12–0,14 г/см<sup>3</sup>.

Семена сосны обыкновенной и ели европейской были извлечены из хранилища в Республиканском лесном селекционно-семеноводческом центре и имели первый класс качества. Для предотвращения развития грибных заболеваний они были предварительно замочены в розовом растворе перманганата калия на 30 мин.

В каждую ячейку вносилось по 2 семени для обеспечения равномерности появления всхожести. В последующем в фазе разворачивания семядольной хвои осуществлялось удаление лишних всходов с оставлением только одного в каждой ячейке.

С момента формирования настоящей хвои осуществлялась подкормка растений 0,5%-ным раствором удобрения Kristalon особый, в состав которого входит: азот общий (N) – 18,00%, в том числе нитратный (NO<sub>3</sub>) – 4,90%, аммиачный (NH<sub>4</sub>) – 3,30%, амидный (NH<sub>2</sub>) – 9,80%, а также P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 18,00%, K<sub>2</sub>O – 18,00%, Mg – 1,90%, S – 2,00%, B – 0,025%, Cu – 0,01%, Fe – 0,07%, Mn – 0,04%, Mo – 0,004%, Zn – 0,025%.

Подкормка и полив проводились методом погружения кассеты, что обеспечивало равномерное поступление воды и раствора удобрения к каждой ячейке. Контроль необходимости полива осуществлялся весовым методом.

Для создания необходимого уровня освещения в боксе использовались светодиодные светильники марки LED FARM 80.1.X производства РНПУП «ЦСиОТ НАН Беларуси». Данные

светильники имеют световой поток 9000 лм, мощность потока излучения 30 Вт, интенсивность потока фотонов 150 мкмоль/с и характеризуются спектром, представленным на рис. 1.

При проведении эксперимента использовалась интенсивность освещенности  $100 \pm 10$  мкмоль/м<sup>2</sup>/с<sup>-1</sup> фотопериодом 17 ч, которая показала одно из наилучших влияний на рост и развитие посадочного материала в наших предыдущих исследованиях [14]. Поскольку кассеты имели различную высоту, они выставлялись так, чтобы верхний край всех кассет был на одном уровне. Оценка общего уровня освещенности, а также спектральных характеристик светодиодных источников света проводилась с использованием спектрометра PAR PG200N. Для обеспечения равномерности освещения кассеты раз в 2 дня поворачивались вокруг своей оси на 90° и менялись местами.

Для оценки дальнейшего роста и развития в условиях открытого грунта, как того предусматривает технология выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой, кассеты 10 июля 2024 г. были вынесены на полигон для доращивания и размещены на подставках на высоте 15 см над уровнем земли для обеспечения воздушной подрезки корневых систем.

Каждые 2 недели сеянцы подкармливались 0,5%-ным раствором Kristalon особый. Во второй половине сентября с целью стимулирования одревеснения побегов и закладки верхушечной почки подкормки проводились раствором Kristalon коричневый.

Сравнение сроков наступления начальных фаз развития проводили по 5 пробам из 20 семян и не менее чем из 10 всходов. Для определения средних высоты надземной части и диаметра стволика у корневой шейки проводили обмер не менее 50 растений. Для определения масс надземных и подземных частей, а также параметров корневой системы отбиралось по каждому варианту 5 сеянцев, средних по высоте и диаметру.

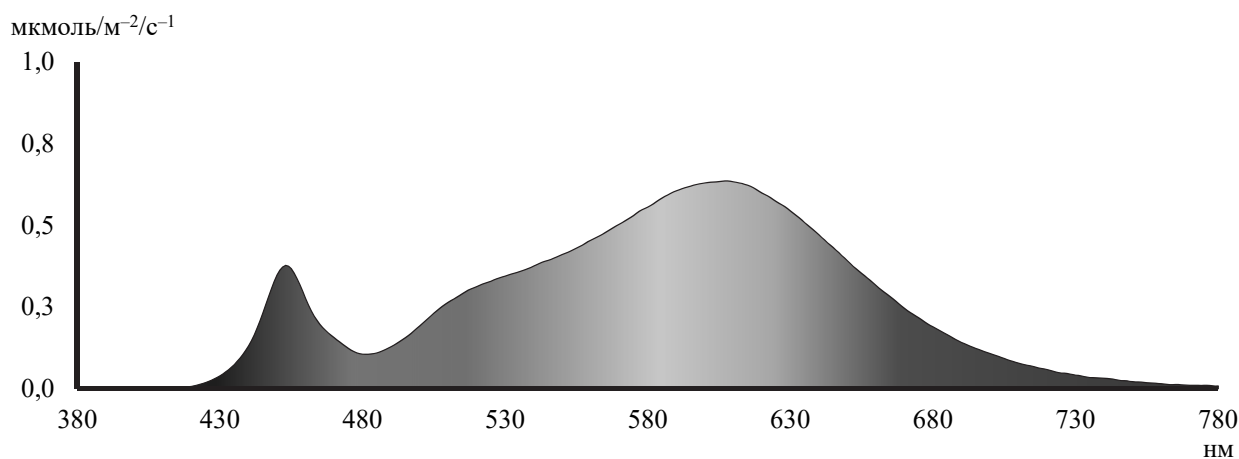


Рис. 1. Спектр излучения светильника LED FARM 80.1

Динамика всхожести семян сосны обыкновенной представлена на рис. 2.

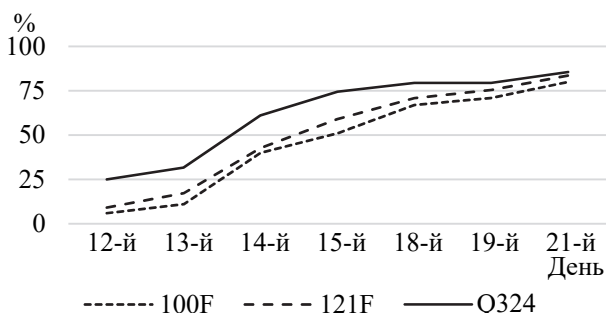


Рис. 2. Динамика всхожести семян сосны обыкновенной в зависимости от размера ячейки

Прорастание семян проходило при температуре 19–20°C, поэтому данный процесс оказался растянут по времени. Наилучшие показатели всхожести были отмечены в варианте с ячейкой с наименьшим объемом (Q324). В первый день учета количество взойшедших семян было в 5 раз больше, чем в варианте с наихудшим результатом (100F). На 21-й день учета разница значительно снизилась, однако достоверная разница сохранялась на протяжении всего периода прорастания. Между вариантами с кассетами 100F и 121F достоверной разницы не наблюдалось.

Динамика всхожести семян ели европейской приведена на рис. 3. Наилучшим значением всхожести обладал, в отличие от сосны обыкновенной, вариант с наиболее крупной ячейкой. В то же время на начальном этапе вариант с наименьшей ячейкой приближался к лучшему варианту и достоверно отличался от варианта с кассетой 121F. В дальнейшем достоверной разницы не наблюдалось.

Открытие семядолей у сосны обыкновенной наблюдалось начиная с 25-го дня учета у первого и второго вариантов, однако на 27-й день учета максимальное значение было характерно

для варианта с наименьшей ячейкой (0,80, 1,27 и 2,64 для первого, второго и третьего варианта соответственно).

У ели европейской открытие семядолей также наблюдалось с 25-го дня учета. Максимальное значение было характерно для варианта с самой крупной ячейкой, минимальное значение – для варианта с минимальной ячейкой. Появление почки зачаточного побега и начала разветвления настоящей хвои имело такие же особенности.

Таким образом, сроки наступления последующих фаз тесно связаны с особенностями прорастания семян как у сосны обыкновенной, так и у ели европейской.

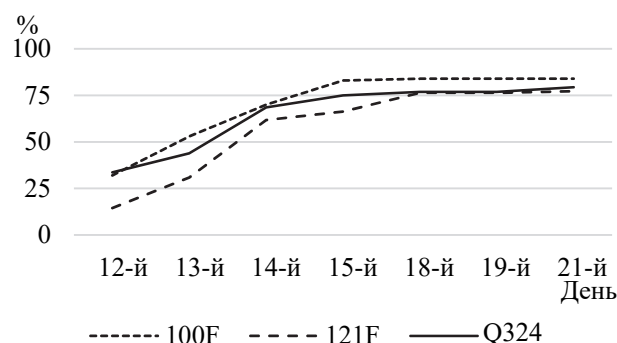


Рис. 3. Динамика всхожести семян ели европейской в зависимости от размера ячейки

При анализе динамики роста гипокотильной части растения не выявлено существенной разницы для вариантов 100F и 121F как для сосны обыкновенной, так и для ели европейской. В то же время у варианта с наименьшим объемом ячейки (Q324) высота гипокотили была достоверно выше на протяжении всего периода выращивания в контролируемых условиях.

Характеристика сеянцев по вариантам опыта на момент выноса кассет для доращивания в условиях открытого грунта представлена в табл. 2.

Таблица 2

**Характеристики надземной и подземной частей сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской на момент выноса в условия открытого грунта**

| Вариант            | Масса надземной части, г | Масса подземной части, г | Соотношение надземной и подземной частей | Среднее количество корней второго порядка, шт. | Среднее количество корней третьего порядка, шт. |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Сосна обыкновенная |                          |                          |                                          |                                                |                                                 |
| 100F               | 0,17                     | 0,03                     | 5,7                                      | 5,0                                            | 0,1                                             |
| 121F               | 0,21                     | 0,04                     | 5,3                                      | 7,4                                            | 1,8                                             |
| Q324               | 0,14                     | 0,02                     | 7,0                                      | 6,6                                            | 0,4                                             |
| Ель европейская    |                          |                          |                                          |                                                |                                                 |
| 100F               | 0,23                     | 0,06                     | 3,8                                      | 10,0                                           | 4,0                                             |
| 121F               | 0,50                     | 0,12                     | 4,2                                      | 17,9                                           | 22,0                                            |
| Q324               | 0,33                     | 0,08                     | 4,1                                      | 12,4                                           | 13,2                                            |

В зависимости от направления использования выращенного в контролируемых условиях посадочного материала с закрытой корневой системой могут предъявляться различные требования к размерно-качественным показателям. При использовании технологии пересадки в кассеты с большими ячейками важным является развитие корневых систем, при выращивании стандартного посадочного материала – развитие надземной части, поскольку процесс извлечения сеянца переносится на конец вегетационного сезона.

На основании данных табл. 2 кассета 121F является на начальном этапе роста оптимальной с точки зрения развития и надземной, и подземной абсолютно сухой части сеянцев как сосны обыкновенной, так и ели европейской. Этот вариант отличался большим количеством корней второго и третьего порядка. Хорошее развитие корневых систем показал также вариант с минимальным объемом ячейки.

Анализируя соотношение надземной и подземной частей, можно сделать вывод, что на начальном этапе выращивания в контролируемой среде формируется прежде всего надземная часть растений, о чем говорят коэффициенты более 3.

После выноса опытных кассет в условия открытого грунта произошло изменение динамики роста растений в высоту (рис. 4, 5). До выноса на поля дорастивания максимальной высотой обладали сеянцы как сосны обыкновенной, так

и ели европейской варианта Q324 с самой малой по объему ячейкой, поскольку размер сеянцев был незначительным и не ограничивался размером ячейки. Однако в последующем данный вариант характеризовался наименьшими значениями высоты, поскольку по мере роста подземной и надземной частей начал оказывать влияние размер кома субстрата. Варианты 100F и 121F в июле у обоих пород отличались по высоте незначительно. В августе наблюдалось превышение высот у варианта 121F.

Однако на конец вегетационного сезона у сосны обыкновенной высота сеянцев выровнялась, в то время как у ели европейской произошло достоверное увеличение высоты растений у варианта 121F.

Поскольку кассета Q324 предназначена для получения сеянцев для последующей пересадки в более крупные ячейки, после выноса в условия открытого грунта была осуществлена ручная пересадка в кассеты Plantek 64FD (15.07.2024) и в кассеты Plantek 81F (31.07.2024).

Результаты обмера биометрических показателей по вариантам опыта представлены в табл. 3.

Влияние размера ячейки также по разному происходит у сосны обыкновенной и ели европейской. Для вариантов 100F и 121F отсутствует разница по высоте у сосны обыкновенной, в то же время достоверно различаются диаметры, причем наименьшему из них соответствует наименьшая ячейка.

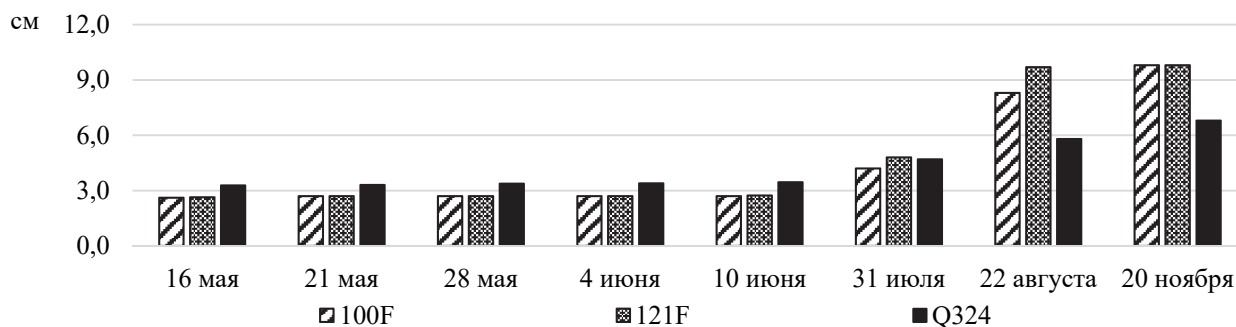


Рис. 4. Динамика высоты сеянцев сосны обыкновенной

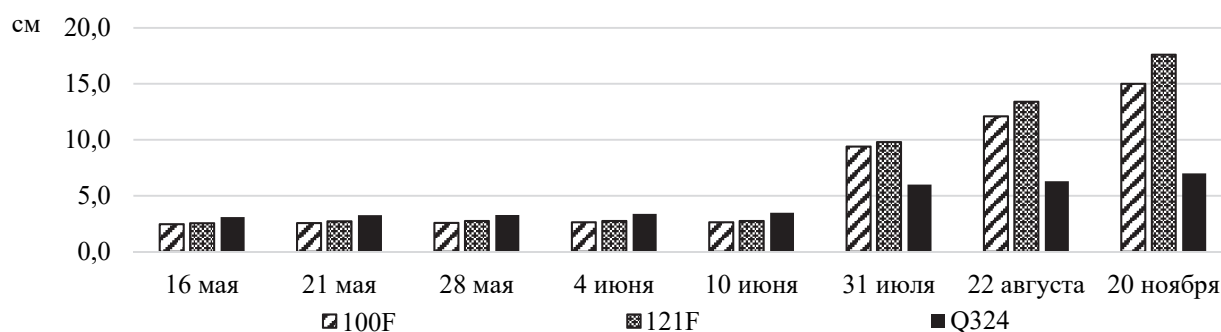


Рис. 5. Динамика высоты сеянцев ели европейской

Таблица 3

**Биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской по вариантам опыта**

| Вариант                   | Высота надземной части, см | Диаметр корневой шейки, мм | Масса надземной части, г | Масса подземной части, г | Соотношение надземной и подземной частей | Процент сухой массы надземной части, % |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>Сосна обыкновенная</b> |                            |                            |                          |                          |                                          |                                        |
| 100F                      | 9,80 ± 0,59                | 2,10 ± 0,10                | 0,95                     | 0,30                     | 3,20                                     | 38,0                                   |
| 121F                      | 9,80 ± 0,47                | 1,80 ± 0,09                | 0,70                     | 0,19                     | 3,61                                     | 35,5                                   |
| Q324                      | 6,80 ± 0,29                | 1,90 ± 0,11                | 0,47                     | 0,08                     | 5,90                                     | 29,4                                   |
| Пересадка 64FD            | 13,50 ± 0,77               | 2,53 ± 0,08                | 1,21                     | 0,34                     | 3,51                                     | 26,1                                   |
| Пересадка 81F             | 11,50 ± 0,29               | 2,16 ± 0,07                | 0,86                     | 0,31                     | 2,77                                     | 33,4                                   |
| <b>Ель европейская</b>    |                            |                            |                          |                          |                                          |                                        |
| 100F                      | 15,00 ± 0,75               | 2,60 ± 0,12                | 1,56                     | 0,63                     | 2,46                                     | 48,0                                   |
| 121F                      | 17,60 ± 0,67               | 2,64 ± 0,11                | 1,50                     | 0,42                     | 3,60                                     | 42,7                                   |
| Q324                      | 7,00 ± 0,57                | 1,62 ± 0,12                | 0,48                     | 0,07                     | 6,49                                     | 30,9                                   |
| Пересадка 64FD            | 11,90 ± 0,51               | 2,44 ± 0,08                | 0,99                     | 0,30                     | 3,31                                     | 24,9                                   |
| Пересадка 81F             | 9,40 ± 0,46                | 1,80 ± 0,09                | 0,55                     | 0,33                     | 1,69                                     | 31,9                                   |

Вариант ели европейской, выращенный в кассете 121F, показал наилучшие значения как по высоте надземной части, так и по диаметру стволика у корневой шейки, однако по сравнению с вариантом 100F сформировалась менее развитая корневая система, которая в данном случае ограничивалась размером ячейки. Это хорошо видно по варианту с наименьшим объемом ячейки (Q324), который характеризуется не только худшими размерными показателями, но и отношением надземной части к подземной, превышающим 5. Это говорит о недостаточном развитии корневых систем, что ожидаемо, учитывая малые размеры ячейки.

По остальным вариантам к концу вегетации отношение надземной и подземной частей близко к оптимальному значению, равному 3, что может говорить о потенциальной хорошей приживаемости сеянцев при пересадке в школьное отделение или создании лесных культур.

Выращенные в кассетах 100F и 121F сеянцы сосны обыкновенной превышают показатель стандартного посадочного материала (не менее 8 см), приведенный в ТУ ВУ 600226892.001–2020 «Материал лесной посадочный хвойных и лиственных пород с закрытой корневой системой».

У ели европейской стандартных размеров (не менее 16 см) достигли только растения варианта 121F, однако следует учитывать, что согласно ТУ ВУ 600226892.001–2020 ель европейская должна достигать стандартных параметров за 2 года.

Процент сухой массы показывает степень одревеснения стволика и, соответственно, степень готовности к зимнему периоду. Результаты эксперимента показали, что процент сухого вещества растет одновременно с увеличением объема ячейки. Это предположительно указывает

на более раннее окончание вегетации, однако данный тезис требует дополнительного изучения, так как на процесс одревеснения побегов сильное влияние оказывает также режим увлажнения субстрата.

Пересадка сеянцев сосны обыкновенной в большие по размеру ячейки положительно сказалась на биометрических показателях посадочного материала. Эти варианты на конец вегетационного периода обладали наилучшими показателями как по высоте и диаметру стволика, так и по размеру корневой системы. Напротив, пересадка ели европейской не позволила получить сопоставимый по размерным характеристикам с вариантами 100F и 121F посадочный материал, что делает необходимым разработку режимов выращивания при использовании такой технологии.

**Вывод.** Результаты проведенного эксперимента показали высокую потенциальную возможность использования предварительного выращивания сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской с закрытой корневой системой в полностью контролируемых условиях с использованием светодиодного освещения как альтернативы существующей технологии, основанной на применении теплиц.

Выращивание в течение одного вегетационного периода позволило получить стандартный посадочный материал с закрытой корневой системой сосны обыкновенной и приблизиться к размерным характеристикам стандартных двухлетних сеянцев, а в варианте с кассетой 121F и их достигнуть. Однако для получения более высокого результата необходимо адаптировать существующие агротехнические приемы под особенности предварительного выращивания сеянцев в полностью контролируемых условиях.

Данные исследования были выполнены при поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках задания 2.04 (НИР 4) ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда», подпрограмма «Биоразнообразие, био-

ресурсы, экология», «Оценка фотоморфологических реакций посадочного материала хвойных лесных растений на оптическое излучение светодиодных источников света в контролируемых условиях закрытого грунта»

### Список литературы

1. The Container Tree Nursery Manual. Vol. 1: Nursery Planning, Development, and Management / T. D. Landis [et al.]. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, 1995. 188 p.
2. Hassan M. K., Kataja R., Pappinen A. State-of-the art and business development of a tree seedling nursery: A guidebook on advanced forest nursery management. Joensuu: University of Eastern Finland, 2024. 180 p.
3. Use of innovative technology for the production of high-quality forest regeneration materials / A. Mattsson [et al.] // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2010. Vol. 25, no. 8. P. 3–9.
4. Mattsson A. Reforestation Challenges in Scandinavia // *Reforesta*. 2016. No. 1. P. 67–85.
5. Forest regeneration material: State of the art and a new European approach for pre-cultivated planting stock production / K. Radoglou [et al.] // *Forestry in Achieving Millennium Goals: materials of conference*, Novi Sad, Serbia, November 2008. Novi Sad, 2008. Vol. 1. P. 23–29.
6. Riikonen J., Jaana L. Use of Short-Day Treatment in the Production of Norway Spruce Mini-Plug Seedlings under Plant Factory Conditions // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2018. No. 33 (7). P. 625–32. DOI: 10.1080/02827581.2018.1492011.
7. Urban L., Restrepo-Diaz H. Influences of Abiotic Factors in Growth and Development // *Ref. Modul. Life Sci*. 2009. No. 29. P. 1330–1340.
8. Shibayev P., Pergolizzi R. The effect of circularly polarized light on the growth of plants // *International Journal of Botany*. 2011. Vol. 7. P. 113–117.
9. The Container Tree Nursery Manual. Vol. 3: Atmospheric Environment / T. D. Landis [et al.]. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, 1990. 49 p.
10. Морфогенез ассимилирующих органов семян сосны обыкновенной и ели европейской при действии красного и синего света / А. В. Карташов [и др.] // *Вестн. Томск. гос. ун-та. Биология*. 2014. № 1 (26). С. 167–182.
11. Growth and development of Norway spruce and Scots pine seedlings under different light spectra / J. Riikonen [et al.] // *Environmental and Experimental Botany*. 2016. Vol. 121. P. 112–120.
12. Носников В. В., Селищева О. А., Севрук Т. Д. Особенности прорастания и формирования проростков сосны обыкновенной и ели европейской в зависимости от спектрального состава светодидного освещения // *Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2024. Вып. 84. С. 52–62.*
13. Федотов А. Н., Жигунов А. В. Влияние длины дня на формирование верхушечных почек у однолетних контейнеризированных семян сосны обыкновенной и ели европейской // *Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад.* 2016. № 215. С. 80–91. DOI 10.21266/2079-4304.2016.215.80-91.
14. Влияние интенсивности светодидного освещения на особенности развития семян сосны и ели с закрытой корневой системой / В. В. Носников [и др.] // *Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов*. 2023. № 2 (276). С. 36–45.
15. Мухортов Д. И., Толчин А. Э. Влияние технических характеристик пластиковых кассет на рост семян сосны обыкновенной с закрытой корневой системой // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*. 2014. № 5–3 (10–3). С. 52–56.
16. Stocktype effect on field performance of Austrian pine seedlings / J. Devetaković [et al.] // *Reforesta*. 2017. No. 4. P. 21–26.

### References

1. Landis T. D., Tinus R. W., McDonald S. E., Barnett J. P. The container tree nursery manual. Vol. 1: Nursery planning, development, and management. Washington, DC, U.S. Department of Agriculture, Forest Service Publ., 1995. 188 p.
2. Hassan M. K., Kataja R., Pappinen A. State-of-the art and business development of a tree seedling nursery: A guidebook on advanced forest nursery management. Joensuu, University of Eastern Finland Publ., 2024. 180 p.
3. Mattsson A., Radoglou K., Kostopoulou P., Bellarosa R., Simeone M. C., Schirone B. Use of innovative technology for the production of high-quality forest regeneration materials. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2010, vol. 25, no. 8, pp. 3–9.
4. Mattsson A. Reforestation challenges in Scandinavia. *Reforesta*, 2016, no. 1, pp. 67–85.
5. Radoglou K., Dini-Papanastasi O., Kostopoulou P., Spyroglou G. Forest regeneration material: State of the art and a new European approach for pre-cultivated planting stock production. *Forest in Achieving Millennium Goals: materials of conference*. Novi Sad, Serbia, 2008, vol. 1, pp. 23–29.

6. Riikonen J., Luoranen J. Use of short-day treatment in the production of Norway spruce mini-plug seedlings under plant factory conditions. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2018, no. 33 (7), pp. 1–8. DOI: 10.1080/02827581.2018.1492011.
7. Urban L., Restrepo-Diaz H. Influences of abiotic factors in growth and development. *Ref. Modul. Life Sci*, 2009, no. 29, pp. 1330–1340.
8. Shibayev P., Pergolizzi R. The effect of circularly polarized light on the growth of plants. *International Journal of Botany*, 2011, vol. 7, pp. 113–117.
9. Landis T. D., Tinus R. W., McDonald S. E., Barnett J. P. The container tree nursery manual. Vol. 3: Atmospheric Environment. Washington, DC, U.S. Department of Agriculture, Forest Service Publ., 1990. 49 p.
10. Kartashov A. V., Pashkovskij P. P., Ivanov Ju. V., Ivanova A. I., Savochkin Ju. V. Morphogenesis of assimilating organs of Scots pine and Norway spruce seedlings under the influence of red and blue light. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* [Bulletin of Tomsk State University. Biology], 2014, no. 1 (26), pp. 167–182 (In Russian).
11. Riikonen J., Kettunen N., Gritsevich M., Hakala T., Särkkä L., Tahvonen R. Growth and development of Norway spruce and Scots pine seedlings under different light spectra. *Environmental and Experimental Botany*, 2016, vol. 121, pp. 112–120.
12. Nosnikov V. V., Selishcheva O. A., Sevrjuk T. D. Peculiarities of germination and formation of seedlings of Scots pine and Norway spruce depending on the spectral composition of LED lighting. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi* [Problems of forestry and silviculture: collection of scientific papers of the Forest Institute NAS of Belarus]. Gomel, 2024, issue 84, pp. 52–62 (In Russian).
13. Fedotov A. N., Zhigunov A. V. The influence of day length on the formation of apical buds in one-year containerized seedlings of Scots pine and Norway spruce. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [News of the Saint Petersburg Forestry Academy], 2016, no. 215, pp. 80–91. DOI: 10.21266/2079-4304.2016.215.80-91 (In Russian).
14. Nosnikov V. V., Bosovec M. M., Selishcheva O. A., Barkun M. I. The influence of LED lighting intensity on the development characteristics of pine and spruce seedlings with a closed root system. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2023, no. 2 (276), pp. 36–45 (In Russian).
15. Muhortov D. I., Tolchin A. E. The influence of technical characteristics of plastic cassettes on the growth of Scots pine seedlings with a closed root system. *Aktual'nyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Current directions of scientific research in the 21st century: theory and practice], series 1, 2014, no. 5–3 (10–3), pp. 52–56 (In Russian).
16. Devetaković J., Maksimović Z., Ivanović B., Baković Z., Ivetić V. Stocktype effect on field performance of Austrian pine seedlings. *Reforesta*, 2017, no. 4, pp. 21–26.

### Информация об авторах

**Носников Вадим Валерьевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nosnikov@belstu.by

**Селищева Оксана Александровна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: oksana\_selishchava@mail.ru

**Сеvrjuk Татьяна Дмитриевна** – аспирант кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: tanjasevrjuk292@gmail.com

**Синявская Софья Ивановна** – студентка. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь).

### Information about the authors

**Nosnikov Vadim Valer'evich** – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nosnikov@belstu.by

**Selishcheva Oksana Aleksandrovna** – PhD (Agriculture), Assistant Professor, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: oksana\_selishchava@mail.ru

**Sevrjuk Tatyana Dmitrievna** – PhD student, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tanjasevrjuk292@gmail.com

**Sinyavskaya Sofya Ivanovna** – student. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

Поступила 14.03.2025