

УДК 630*232(07)

ВЛИЯНИЕ ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИХ И БИОТОПИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СОСТОЯНИЕ КУЛЬТУР ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В ФАЗЕ ПРИЖИВАНИЯ НА ЮГЕ-ВОСТОКЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2023 г. Е. М. Копцева^{а, *}, Ю. В. Кузьмина^а, И. А. Сорокина^{а, b}, А. А. Бушковский^с

^аСанкт-Петербургский государственный университет,
Университетская наб., 7–9, Санкт-Петербург, 199034 Россия

^бБотанический Институт им. В.Л. Комарова РАН, ул. Профессора Попова, 2, Санкт-Петербург, 197376 Россия

^сООО «Майер-Мелнхоф Хольц Ефимовский»,
ул. Гагарина, 30, Ленинградская обл, Бокситогорский р-н, пгт Ефимовский, 187620 Россия

*E-mail: e.koptseva@spbu.ru

Поступила в редакцию 31.01.2020 г.

После доработки 24.11.2021 г.

Принята к публикации 06.04.2022 г.

В Бокситогорском районе Ленинградской области изучено влияние параметров фитоценоза (сомкнутость крон, высота, густота травостоя, проективное покрытие мхов) и биотопа (освещенность, кислотность, влажность и богатство почв) на морфометрические параметры и жизненность сеянцев ели европейской (*Picea abies* (L.) Н. Karst.) с ОКС (открытой корневой системой) и ЗКС (закрытой корневой системой) в фазе приживания в контрастных условиях выращивания: под пологом разреженной осины, оставленной на вырубках и на открытых пространствах, вне влияния крон деревьев. Статистически доказано положительное влияние подпологового выращивания на сохранность и жизненность сеянцев обоих типов, при этом сеянцы с ЗКС обладают наилучшими показателями жизненности и приростом по главной оси. Однако высота и густота травянистого яруса в данных условиях отрицательно влияет на ветвление сеянцев. В отличие от подпологовых условий, на открытой территории состояние сеянцев больше подвержено влиянию абиотических факторов. В данных условиях обнаружена тесная положительная корреляция между жизненностью сеянцев с ОКС и основными параметрами почв (влажностью, кислотностью и обеспеченностью азотом). В силу лучшей освещенности на лишенных полога делянках сеянцы с ОКС имеют стабильно большие показатели прироста по главной оси. В данных условиях травяной покров на стадии приживания ели оказывает скорее защитное действие, поддерживая более оптимальный режим увлажнения и притенения сеянцы. Обоснована целесообразность применения культур с ЗКС на открытых пространствах, поскольку они меньше подвержены негативному влиянию факторов.

Ключевые слова: подпологовые культуры ели, сеянцы, фаза приживания, открытая корневая система, закрытая корневая система, фитосреда.

DOI: 10.31857/S0024114823010084, **EDN:** NJRUGK

Одной из важнейших задач современного лесного хозяйства является эффективное восстановление лесных массивов. При этом все больше внимание уделяется экологически ориентированным технологиям создания и выращивания лесных культур.

Преобладающий и наиболее распространенный в России вид лесных культур — последующие (открытые) культуры, создаваемые на вырубках. Такие культуры наряду с известными преимуществами имеют и существенные недостатки, к которым можно отнести проведение большого числа агротехнических уходов — особенно на старых, сильно задерненных вырубках. Кроме того, на таких вырубках утрачена лесная среда: изменен со-

став напочвенного покрова, водный режим почвы, ветровой режим и другие условия среды, что негативно влияет на приживаемость и качество культур на ранних стадиях.

Наиболее уязвимой стадией молодых культур является стадия приживания, которая у хвойных растений может длиться от 1 года до 3 лет и характеризуется наибольшим отпадом (Огиевский, Хиров, 1964). С одной стороны, в фазе приживания сеянцы демонстрируют свой потенциал в зависимости от физиологических и морфологических параметров, что в дальнейшем и определит их полевые характеристики (Grossnickle, 2018). С другой стороны, экологические и топографические особенности местоположения вырубки могут

оказывать влияние на длительность стадии приживания (Писаренко, Мерзленко, 1990). При этом замечено, что основным фактором, влекущим гибель лесных культур на ранних стадиях развития, являются климатические условия (Саксонов, 2020). Опытным путем был установлен факт, что у двухлетних сеянцев ели фаза приживания продолжается год и характеризуется торможением роста в высоту и толщину (Мерзленко, Бабич, 2002).

Значительно реже в расстроенных рубками низкополнотных древостоях создаются подпологовые культуры. Вместе с тем требования рационального использования лесных ресурсов — в том числе использования довольно широко распространенных в условиях востока Ленинградской области лесных участков со значительным запасом спелой или перестойной осины, не представляющей существенного коммерческого интереса для лесозаготовителей, — позволяют более эффективно вовлекать разреженные в результате лесозаготовительной деятельности древостои осины в процесс лесовосстановления.

Сохранение древесного яруса обеспечивает наличие ряда благоприятных условий для саженцев (Редько и др., 2018): подавления роста травяного покрова, обогащения почвы органикой за счет листового опада (Соколовский, Юренин, 2007), защиты от поздневесенних и раннелетних заморозков (Сунгурова, Сунгуров, 2012; Сюнев, 2014). Вместе с тем негативное воздействие при сохранении древостоя проявляется в виде корневой конкуренции и снижения инсоляции, что приводит к задержке роста сеянцев в высоту (Сидоренков, 2003; Агеев, 2017). Было отмечено, что состояние елового подроста под пологом древостоев зависит от характеристик почвы, микрорельефа, степени развития живого напочвенного покрова и подлеска, а также режима освещенности и температурных условий. С изменением комплекса этих факторов изменяется состояние подростка ели и его структура (Грязькин, 2001).

Зависимость ростовых процессов и развитие вегетативных органов ели европейской в основном рассматривается в зависимости от региональных климатических параметров (температуры и количества атмосферных осадков), а также почвенных факторов (Miina, Saksa, 2013; Caudullo et al., 2016; Кищенко, 2017; Саксонов, 2020). На общую требовательность ели к влагообеспеченности почв и влажности воздуха обращают внимание во многих работах (Чернышов и др., 2007; Особенности культур ..., 2014; Caudullo et al., 2016). В условиях средней тайги максимальный прирост побегов ели европейской отмечен при влажности воздуха 60–70%. Вместе с тем значения данного метеорологического фактора не находятся в условиях средней тайги в минимуме (кроме засушливых лет), поэтому относительная влажность воздуха

как региональный климатический показатель существенно не влияет на ход прироста вегетативных органов (Кищенко, 2017).

Ожидаемо, что с улучшением почвенно-грунтовых условий продолжительность и интенсивность деятельности меристематических тканей возрастает, а значит, увеличивается годичный прирост древостоев. При сравнении роста плантационных культур ели европейской показано, что в условиях Ленинградской области недостаток тепла в течение вегетационного периода может компенсироваться плодородием почв, что сокращает разницу в росте между культурами в Псковской и Ленинградской областях к 20-летнему возрасту по среднему объему ствола и текущему приросту (Бутенко, 2013).

На стадии приживания сеянцы находятся под влиянием не только климатических параметров, но и в значительной мере под влиянием параметров фитоценоза и сформированной им фитосреды. Учет лесной типологии для целей лесокультурного производства оправдан на стадии проектирования способов лесовосстановления с точки зрения будущей выживаемости искусственных насаждений в тех или иных условиях местопроизрастания. Тем не менее, на примере хвойно-широколиственных лесов Среднего Поволжья показана неоднозначность применения способов лесовосстановления с ориентацией только на лесную типологию (Черных и др., 2021).

Живой напочвенный покров, являясь одним из компонентов лесного фитоценоза, оказывает разноплановое, а главное комбинированное воздействие на лесовозобновительные процессы, производя как положительный, так и отрицательный эффект на начальные этапы возобновления леса (Санников, Санникова, 1985; Рунова, Савченкова, 2008; Фролова и др., 2019). Так, на злаковой стадии демутации лесной растительности на вырубках образуется плотная дернина, препятствующая росту всходов древесных растений, а продукты разложения злаковой ветоши снижают энергию прорастания семян и приживаемость сеянцев сосны и ели (Рунова, Савченкова, 2008; Фролова и др., 2019). Показано, что на вырубках в условиях относительно богатых супесчаных и суглинистых почв развивается пышная травянистая растительность, затрудняющая возобновление не только хвойных, но и лиственных пород (Савченкова, 2009). Однако влияние лесной наземной растительности на регенерацию деревьев выявляется не всегда (Frolova et al., 2019).

Снизить зависимость растущих сеянцев от условий среды на ранних стадиях создания культур помогает использование контейнеризованного посадочного материала (Leinonen et al., 2009; Бартенев, 2013). Сеянцы с ЗКС хорошо себя зарекомендовали в условиях слабой конкуренции с

травянистой растительностью, годового количества осадков не менее 600–700 мм, преобладания западных влажных ветров (Бартенев, 2013). Считается, что контейнеризированные сеянцы лучше переносят период пересадки, так как за счет торфа их корневая система развивается быстрее и становится более конкурентоспособной, чем у сеянцев с открытыми корнями (Жигунов и др., 2016).

Таким образом, можно отметить, что факторы, регулирующие динамику возобновления древесных растений, многообразны и во многом зависят от среды конкретной территории и часто действуют разнонаправленно. Выявить вклад определенного фактора в общий процесс возобновления древостоя без разностороннего изучения экологических условий, складывающихся как под пологом древостоя, так и вне его влияния, невозможно.

Цель настоящего исследования – сравнительный анализ влияния эколого-ценотических условий произрастания на жизненность и параметры сеянцев ели европейской с ОКС и ЗКС на стадии приживания при различных технологиях выращивания в условиях востока Ленинградской области.

О региональных особенностях подпологового выращивания лесных культур известно сравнительно немного (Бутенко, 2013). Данное исследование является актуальным для оценки эффективности различных технологий лесовосстановления не только непосредственно на территории Ленинградской области, но и на сопредельных территориях Северо-Запада России.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Сбор материала был осуществлен летом 2018 г. в Бокситогорском районе Ленинградской области, на опытных делянках культур ели европейской в границах Анисимовского и Радогощинского лесничеств. Бокситогорский район располагается в умеренно-континентальном климатическом поясе. Среднемесячная температура января составляет –10...–12°C, а июля – 15–17°C, среднегодовое количество осадков в районе – 600–750 мм (Калинченко и др., 1991). Равнинный характер описываемой территории связан с размещенной здесь докембрийско-палеозойской кристаллической гранито-гнейсовой платформы, залегающей под толщей осадочных пород и четвертичных отложений (Геоботаническое районирование ..., 1989). Основной почвообразующей породой являются валунные суглинки. Широко представлены в районе подзолистые и дерново-подзолистые суглинистые, супесчаные или песчаные почвы.

В соответствии с утвержденным перечнем лесорастительных зон и лесорастительных районов территория Бокситогорского лесничества относится к Балтийско-Белозерскому таежному району

(Приказ МПР и Экологии РФ № 569; Приказ Федерального агентства лесного хозяйства № 353).

В геоботаническом отношении территория Бокситогорского района принадлежит к Тихвинскому округу полосы южнотаежных лесов Северодвинско-Верхнеднепровской подпровинции Североевропейской таежной провинции (Геоботаническое районирование ..., 1989). Коренные леса здесь сложены елью европейской и гибридогенной елью финской (*P. × fennica*) (Regel) Kom. [*P. abies* (L.) Karst. × *P. obovata* Ledeb.]. В дренированных позициях рельефа обычны ельники кисличные и черничные, в понижениях распространены преимущественно ельники сфагновые. Вторичные лесные сообщества представлены мелколиственными (осиново-березовыми и березовыми) и елово-мелколиственными лесами. В нижних ярусах лесов встречаются как бореальные (черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.), майник двулистный (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt.), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), золотарник обыкновенный (*Solidago virgaurea* L.) и т.д.), так и неморальные виды (звездчатка ланцетолистная (*Stellaria holostea* L.), медуница неясная (*Pulmonaria obscura* Dumort.), лютик кашубский (*Ranunculus cassubicus* L.), печеночница благородная (*Hepatica nobilis* Mill.) и т.д.).

Исследования проводили на опытных делянках Анисимовского и Радогощинского лесничеств. На момент рубки на делянках Анисимовского лесничества произрастал смешанный 80-летний березняк с осинкой и елью (4Б4Ос2Е) кисличный, полнотой 0.8. Почвы – подзолы альфегумусовые супесчаные на моренных отложениях волнистых равнин. В Радогощинском лесничестве рубке подвергся 80-летний березняк с осинкой и елью (5Б4Ос1Е) травяно-дубравный с полнотой 0.8. Почвы – подзолистые поверхностно-оглеенные на завалуненных суглинках.

На опытных делянках обоих лесничеств культуры ели были высажены в контрастные условия: под полог частично сохраненного осинового древостоя и в обширных окнах площадью до 2000 м² между оставленными синузиями осины, где древесный ярус отсутствовал.

В 2016 г. на территории делянки Анисимовского лесничества произведена частичная обработка почвы, характерная для нераскорчеванных рубок (Корчагов и др., 2017). После пропашки плугом через каждые 3–3.5 м были сформированы борозды. На дно канав вручную при помощи меча Колесова сеянцы ели с ОКС были высажены в шахматном порядке на расстоянии 0.7–1 м друг от друга. Уборка порубочных остатков и выкорчевывание пней на участке не производилась. Сеянцы ели трех лет с открытой корневой системой были взяты из Тихвинского питомника и имели стандартные, согласно ГОСТ 3317-90, параметры (вы-

сота стволика — 12 см; диаметр стволика у корневой шейки — не менее 2.0 мм).

В 2016 г. в Радогощинском лесничестве высаживание семян с ЗКС происходило также вручную при помощи меча Колесова в ненарушенный травяной покров без пропашки друг за другом на расстоянии 1 м. Ряды семян располагались на расстоянии 3–3.5 м. Контейнеризированные сеянцы ели двух лет с аналогичными морфологическими параметрами поступили из Лужского селекционно-семеноводческого центра.

В анализ были включены 202 сеянца ели европейской. В Радогощинском лесничестве измерения проводились для 151 сеянца с ЗКС. Из них 77 сеянцев были обследованы в условиях полога осины и 74 — вне его влияния. В Анисимовском лесничестве был обследован 51 сеянец ОКС: 27 — под пологом осины и 24 — вне полога. Неравномерное количество сеянцев с ОКС и ЗКС связано с тем, что в основном в подпологовых условиях на делянках были высажены сеянцы с закрытой корневой системой. Но при этом соотношение сеянцев по условиям (наличие/отсутствие полога) примерно равномерное в каждом типе посадочного материала. У каждого сеянца были измерены прирост по главной оси (стволу) за первый и второй годы роста на делянках, прирост в питомнике, подсчитано количество распустившихся и засохших почек, оценена жизненность.

Жизненность сеянцев оценена по трем категориям. Отличной жизненностью характеризовались равномерно охвоенные растения, имеющие зеленую окраску, без признаков усыхания ветвей и хвои, с полностью раскрывшимися почками. Удовлетворительная жизненность фиксировалась для сеянцев с частично пожелтевшей хвоей и (или) несколькими (1–2) пожелтевшими, раскрывшимися недостаточно почками. Сеянцы со значительно или полностью пожелтевшей хвоей, с большим количеством пожелтевших или засохших почек относились к категории неудовлетворительной жизненности. Также фиксировалось число усохших сеянцев.

Вокруг каждого сеянца на учетных геоботанических рамках (размером 0.5×0.5 м) выполнено геоботаническое описание, которое включало: определение общего проективного покрытия растительности и проективного покрытия каждого вида из травянистого и мохового яруса, измерение господствующей высоты травостоя. Общее количество геоботанических описаний соответствовало количеству сеянцев — 202.

Дополнительно на участках с сохраненным древесным пологом при помощи высотомера была измерена высота древостоя, а также определена сомкнутость крон осин. При наличии кустарников и отрастания пород возобновления опре-

деляли их видовой состав, обилие (в процентах) и господствующую высоту.

Характеристика условий среды на учетных площадках в пределах опытных делянок проводилась методом фитоиндикации на основе экологического шкалирования; оценки факторов (влажность почвы, освещенность, богатство почвы азотом, кислотность) приведены в баллах (Ellenberg et al., 1991; Булохов, 1996). Латинские названия видов растений приведены в соответствии с The International Plant Names Index (www.ipni.org).

Обработка материала проведена при помощи пакета программы Statistica версии 12.0. Для проверки выборок на нормальность использован критерий Колмогорова-Смирнова. Поскольку распределение значений переменных (приросты сеянцев по главной оси, общая высота и количество почек сеянцев ели) не соответствовало нормальному, для дальнейшей работы с данными были использованы непараметрические методы анализа. Сравнение выборок по исследуемым параметрам проведено по критерию Краскела—Уоллиса (Kruskal–Wallis test, далее K–W test) и медианному тесту. Для выявления связи между исследуемыми параметрами сеянцев и факторами биотопа (влажность почвы, освещенность, богатство почвы азотом), экотопа (кислотность) и фитоценотическими условиями среды (сомкнутость древостоя, высота и общее проективное покрытие травянистого яруса, общее проективное покрытие мохового покрова) был использован корреляционный анализ Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика фитоценологических условий на опытных делянках. Различия в фитоценологических условиях на делянках двух лесничеств изначально определяются типом лесорастительных условий. В Радогощинском лесничестве распространены более плодородные покровные суглинки, в Анисимовском — более кислые и менее плодородные супеси. Другой существенный фактор — частичное сохранение осинового полога (высота взрослых деревьев — 25–30 м, господствующий диаметр стволов — 24–28 см). При этом сомкнутость крон осин на делянках в Радогощинском лесничестве несколько выше, чем в Анисимовском (табл. 1).

На делянках Анисимовского лесничества в ходе рубок сохранен разреженный осинник (10Ос), 80-ти лет, полнота — 0.3, где в подпологовых условиях в значительной мере доминируют луговые (в том числе виды нарушенных лугов и залежей) и опушечные виды: вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* L.), ситник развесистый (*Juncus effusus* L.), земляника лесная (*Fragaria vesca* L.). Всего здесь было отмечено 29 видов травянистых растений и

Таблица 1. Средние значения параметров фитоценозов на опытных делянках лесничеств

Культуры:	Сеянцы с ОКС (Анисимовское лес-во)		Сеянцы с ЗКС (Радогощинское лес-во)	
	под пологом осин	без полога	под пологом осин	без полога
Среднее значение сомкнутости древесного яруса (в долях от 1)	0.25 ± 0.03	0	0.36 ± 0.02	0
Среднее значение высоты травостоя, мм	350 ± 30	310 ± 20	360 ± 20	480 ± 20
Среднее значение проективного покрытия травянистого яруса, %	40 ± 5	46 ± 5	71 ± 3	76 ± 2
Среднее значение проективного покрытия мохового яруса, %	18 ± 3	12 ± 2	6.5 ± 1.5	0.7 ± 0.5
Число видов травянистого яруса	29	19	43	43
Фитоиндикационные значения показателей (баллы):				
Шкала освещенности	6.2	6.6	5.7	6.7
Шкала влажности почвы	5.8 ± 0.1	5.2 ± 0.1	5.8 ± 0.1	6.6 ± 0.1
Шкала кислотности	4.4 ± 0.1	4.5 ± 0.1	5.5 ± 0.1	5.4 ± 0.1
Шкала обеспеченности почвы азотом	4.3 ± 0.1	4.9 ± 0.2	4.5 ± 0.2	4.9 ± 0.1
Тип лесорастительных условий	Осинник кисличный на дренированных супесях		Осинник травяно-дубравный на дренированных суглинках	

три вида мхов: политрихум можжевельниковидный (*Polytrichum juniperinum* Hedw.), атрихум волнистый (*Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv), дикранелла разностороннелистная (*Dicranella heteromalla* (Hedw.) Schimp.). В условиях отсутствия древесного полога в Анисимовском лесничестве напочвенный покров был гетерогенен, в нем пятнами доминировали те же виды, что и в подпологовых условиях, а также костяника (*Rubus saxatilis* L.). Всего в данных условиях нами было выявлено меньше видов травянистых растений и только два вида мхов (политрихум можжевельниковидный, атрихум волнистый). На участке наблюдали активное возобновление рябины и осины высотой до 0.5 м. В ходе вырубki был сохранен подрост ели, а также наблюдалось редкое естественное возобновление ели.

На делянках Радогощинского лесничества сохранный разреженный осинник (10Ос) имел чуть большую полноту — 0.4. Видовое разнообразие травяного покрова здесь оказалось значительно выше, чем в Анисимовском лесничестве — это определено большим богатством суглинистых почв. В подпологовых условиях доминантами в покрове являются неморальные и южнотажные лесные и опушечные виды: сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), ландыш (*Convallaria majalis* L.), земляника лесная, марьянник луговой (*Melampyrum pratense* L.), медуница (*Pulmonaria officinalis*), грушанка (*Pyrola rotundifolia* L.) и костяника. Из мхов — плагиомниум остроконечный

(*Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T.J. Кор.), политрихум можжевельниковидный.

Вне полога растительность также более неравномерная, выделяется несколько локально доминирующих видов: ситник нитевидный (*Juncus filiformis* L.), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris* L.), клевер средний (*Trifolium medium* L.). Мхи представлены только двумя видами: плагиомниум остроконечный, политрихум можжевельниковидный. Отсутствие пропашки перед посадкой лучше сохраняет травяной покров. Так, проективное покрытие травянистого яруса заметно выше в Радогощинском лесничестве (в среднем 70–75%), чем в Анисимовском (в среднем 40–45%). При этом вне полога осин оно немного выше, чем в подпологовых условиях (табл. 1). Теснота связи между высотой травостоя и сомкнутостью является статистически значимой (умеренной), коэффициент корреляции Спирмена составил –0.33. Разница по высоте травостоя более заметна в контрастных условиях Радогощинского лесничества (K–W test; $p = 0.0001$).

Значительное разрастание трав угнетает развитие мохового покрова. В связи с этим покрытие мхов в целом незначительно (не более 20%) на делянках обоих лесничеств как в подпологовых условиях, так и вне их.

Фитоиндикационное исследование, проведенное методом экологического шкалирования, выявило некоторые различия в биотопических и экотопических условиях на опытных делянках (табл. 1). Так, по показателю реакция среды (кис-

Таблица 2. Средние значения параметров сеянцев ели в отличающихся лесокультурных условиях

Параметры сеянцев (мм):	Сеянцы с ОКС (Анисимовское лес-во)		Сеянцы с ЗКС (Радогощинское лес-во)	
	под пологом осин	без полога	под пологом осин	без полога
Прирост сеянцев в питомнике	25 ± 2	27 ± 3	25 ± 2	26 ± 2
Прирост сеянцев в первый год после посадки на делянку	20 ± 2	28 ± 5	23 ± 2	24 ± 2
Прирост сеянцев во второй год после посадки на делянку	32 ± 2	40 ± 4	40 ± 3	31 ± 2
Высота сеянцев во второй год после посадки на делянку	158 ± 7	180 ± 12	160 ± 6	170 ± 4
Количество открывшихся почек (шт.)	7 ± 1	9 ± 1	11 ± 1	10 ± 1

лотность), условия в пределах каждой из делянок практически не различаются и соответствуют умеренной кислотности (балл 4–5). Почвы обоих лесничеств умеренно богаты азотом (балл 4–5), при этом местообитания вне влияния полога осины немного лучше обеспечены данным элементом питания. В Радогощинском лесничестве по сравнению с Анисимовским сохраненный осино-вый полог имел большую сомкнутость, что отразилось в значительных различиях по показателю освещенности на обследованных местообитаниях. Суглинистые почвы на делянках более влаго-емки по сравнению с супесчаными, поэтому по шкале влажности почвы показатели более высокие вне влияния осинового полога в Радогощинском лесничестве.

Влияние условий выращивания на ростовые показатели сеянцев. В первый год жизни на делянках сеянцы не демонстрируют существенного изменения величины прироста по главной оси по сравнению с питомником, а тенденция уменьшения статистически незначима (табл. 2). Это является следствием после пересадочного стресса, поскольку в фазе приживания обычно наблюдается снижение темпов роста растений в высоту (Grossnickle, 2018). Окончанием данной фазы, в течение которой сеянцы испытывают послепересадочный стресс, является период, когда прирост в высоту становится равным или большим, чем прирост за последний год пребывания в питомнике (Жигунов и др., 2016). С этих позиций влияния условий на длительность прохождения фазы приживания у сеянцев выявлено не было. На второй год после посадки на всех опытных делянках у сеянцев наблюдается статистически значимое увеличение прироста по главной оси. При этом под пологом осин сеянцы с ЗКС прирастают в среднем на 9 мм больше (K–W test: $p = 0.0072$), чем вне его влияния. В условиях отсутствия полога большими приростами характеризовались се-

янцы с ОКС (K–W test: $p = 0.02$), разница составила в среднем 8 мм. Незначительные приросты сеянцев с ЗКС на открытых делянках во второй год можно объяснить негативным влиянием со стороны густого травостоя, высота которого здесь составила почти 50 см, что на 12–17 см выше, чем на остальных делянках. В результате на второй год жизни сеянцы с ЗКС и ОКС, растущие вне влияния полога, все же оказались в среднем на 16 мм выше, чем под осиновым пологом. Эта разница статистически значима как для сеянцев с ОКС (K–W test: $p = 0.037$), так и для сеянцев с ЗКС (K–W test: $p = 0.03$). Сохраненный осиновый полог оказывал затенение на культуры, ведь разница в фитоиндикационной оценке по фактору освещенности составила 1.00 балл между делянками в Радогощинском лесничестве (табл. 1). Ранее высокая значимость освещенности в подпологовых условиях для выживания проростков древесных растений была показана на примере березы, дуба и сосны (Frolova et al., 2019). В Анисимовском лесничестве осиновый древостой имел меньшую полноту и сомкнутость крон, вследствие чего разница в фитоиндикационных оценках освещенности между делянками не столько заметна. В различных условиях выращивания статистически значимой разницы по числу открывшихся почек у сеянцев разных типов не выявлено (K–W test: $p = 0.6$ – для сеянцев с ЗКС; $p = 0.2$ – для сеянцев с ОКС).

Влияние условий выращивания на приживаемость и жизнеспособность сеянцев. В фазу приживания обычно наблюдается значительный отпад сеянцев (Мерзленко, Бабич, 2002). Полученные нами данные по приживаемости культур ели, созданных разным типом посадочного материала, демонстрируют большую (89%) приживаемость сеянцев ели европейской с ЗКС по сравнению с сеянцами с ОКС, у которых приживаемость составила всего 75%. При этом использование контейнеризованного посадочного материала по-

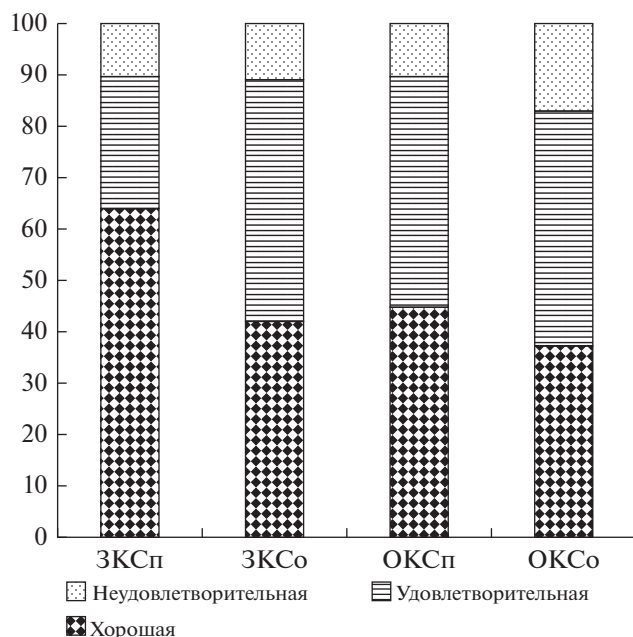


Рис. 1. Жизненность сеянцев ели европейской при различных технологиях выращивания. Примечание. ЗКСп, ОКСп — сеянцы, выращиваемые под пологом осин; ЗКСо, ОКСо — сеянцы, выращиваемые вне полога осин.

вышает приживаемость сеянцев ели именно в условиях отсутствия древесного полога, тогда как под пологом осин статистически значимых различий по приживаемости культур, созданных разным типом посадочного материала, выявлено не было (Кузьмина и др., 2018). Тем не менее, в подпологовых условиях доля сеянцев хорошей жизненности (64%) максимальна только при использовании контейнеризированного посадочного материала. На этих же делянках не производилась обработка почвы и пропашка, что также благоприятно сказывается на сохранности культур (Бутенко, 2013). Во всех остальных случаях доля сеянцев удовлетворительной жизненности сопоставима с сеянцами хорошего качества (рис. 1). Вне влияния полога при использовании сеянцев с ОКС суммарная доля культур удовлетворительного и неудовлетворительного качества (63%) превосходит культуры хорошего состояния. Статистический анализ также подтверждает, что в подпологовых условиях сеянцы обладают лучшими жизненными показателями (K–W test: $p = 0.0074$).

Влияние высоты и густоты травостоя и мохового покрова на сеянцы ели. Высота травостоя во всех случаях оказывает отрицательное влияние как на количество открывшихся почек, так и на общую жизненность сеянцев (табл. 4). Это не только следствие затенения, которое оказывает травостой, но также негативное влияние корневой конкуренции с растениями травянистого

яруса, поскольку именно для незащищенных корней сеянцев с ОКС выявлена наибольшая отрицательная теснота связи между анализируемыми параметрами. На возможное ограничивающее влияние конкуренции в подземной сфере за воду и минеральное питание, в том числе с видами живого напочвенного покрова обращали внимание при исследовании естественного возобновления древесных пород (Шаньгина, Феклистов, 2010; Шаньгина и др., 2010; Kuuluvainen, Ylläsjärvi, 2011; Axelsson et al., 2014; Фролова и др., 2019).

В целом для сеянцев с ОКС можно отметить, что не только травяной, но и моховой покров имеет тенденцию к негативному влиянию, особенно на открытых пространствах, где даже незначительное омоложение поверхности отрицательно сказывается как на ветвлении, так и на общей жизненности культур данного типа. Нами обнаружена тесная отрицательная связь между параметрами (табл. 4).

Ранее было показано отрицательное влияние некоторых ботанических групп и даже отдельных видов травянистых растений на культуры хвойных пород. Так, виды разнотравья (например, кипрей узколистый (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.)) в большей степени влияют на надземные органы хвойных культур, тогда как злаковые растения (луговик (*Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv.) и ветвистый (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth)) образуют задернение и заглушают культуры в подземной сфере (Лесные культуры Карелии, 2007; Гаврилова и др., 2020). Влияния отдельных видов трав на параметры и жизненность сеянцев нами статистически не выявлено в виду значительной гетерогенности травяного покрова на всех обследованных делянках. Тем не менее нами установлено, что на открытых территориях (вне полога осин) сомкнутый травяной покров эффективно притеняет сеянцы с ЗКС, повышая их жизненность.

Влияние параметров биотопа на сеянцы ели. Влияние факторов среды на жизненные показатели сеянцев ели ярко прослеживается только вне полога осин. На открытых делянках именно жизненность сеянцев с ОКС улучшается с увеличением почвенного богатства, повышением кислотности и влажности почвы. Обнаружена тесная связь анализируемых параметров. Под пологом осины фитосреда более стабильна и сеянцы менее зависимы от основных биотопических параметров (табл. 3). С этих позиций использование контейнеризированного посадочного материала на открытых делянках более оправдано, поскольку состояние сеянцев с ЗКС оказалось менее обусловлено основными факторами биотопа. Значения коэффициента корреляции оказались низкими.

Таблица 3. Теснота связи между факторами биотопа и экотопа анализируемых делянок и параметрами исследуемых семян (Spearman Rank Order Correlations $p < 0.05$)

Параметры семян	Освещенность	Влажность почвы	Кислотность	Богатство почвы азотом
ЗКС-культуры под пологом осины				
Количество открывшихся почек	0.01	−0.11	0.061	0.03
Жизненность семян	−0.06	−0.15	0.02	0.07
ЗКС-культуры в отсутствии полога осины				
Количество открывшихся почек	−0.14	−0.14	0.07	0.04
Жизненность семян	−0.08	−0.14	−0.02	−0.07
ОКС-культуры под пологом осины				
Количество открывшихся почек	0.10	0.03	−0.24	0.23
Жизненность семян	0.07	0.09	−0.18	−0.08
ОКС-культуры в отсутствии полога осины				
Количество открывшихся почек	−0.29	0.23	0.08	−0.12
Жизненность семян	−0.02	<u>0.47</u>	<u>0.54</u>	<u>0.40</u>

Примечание. Здесь и далее нижним подчеркиванием выделены высокие значения коэффициента корреляции Спирмена, отражающие умеренную (более 0.3) и заметную (более 0.5) тесноту связи анализируемых параметров.

Таблица 4. Теснота связи между параметрами фитоценоза, количеством почек и общей жизненностью семян ели европейской (Spearman Rank Order Correlations $p < 0.05$)

Параметры фитоценоза	Сеянцы с ОКС (Анисимовское лес-во)		Сеянцы с ЗКС (Радогощинское лес-во)	
	под пологом осин	без полога	под пологом осин	без полога
Количество открывшихся почек у семян				
Сомкнутость древостоя	−0.24	—	−0.10	—
Проективное покрытие мохового яруса	0.22	− <u>0.32</u>	0.23	0.05
Проективное покрытие травостоя	− <u>0.37</u>	−0.20	− <u>0.30</u>	<u>0.30</u>
Высота травостоя	− <u>0.51</u>	−0.03	−0.04	−0.01
Жизненность семян				
Сомкнутость древостоя	0.05	—	−0.01	—
Проективное покрытие мохового яруса	0.12	− <u>0.44</u>	0.08	0.03
Проективное покрытие травостоя	−0.05	0.21	0.06	<u>0.30</u>
Высота травостоя	−0.12	−0.2	−0.05	−0.06

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что древесный ярус оказывает влияние на культуры ели не напрямую, а через трансформацию основных экологических факторов как абиотической природы (освещенность, влажность), так и биотической (под пологом покров лесных трав обычно более разреженный и низкий, чем на открытых пространствах). В подпологовых условиях для семян с открытой и закрытой корневыми системами характерны более высокие жизненные по-

казатели. При этом культуры ели, созданные посадочным материалом с закрытой корневой системой, в фазе приживания обладают наилучшими показателями жизнестойкости и больше прирастают по главной оси, чем вне влияния крон.

В фазу приживания в подпологовых условиях наибольшее отрицательное влияние на рост и развитие лесных культур ели европейской вне зависимости от типа посадочного материала оказывает высота и густота травянистого яруса. Увеличение значений данных фитоценологических параметров

приводит к затенению сеянцев и усиливает корневую конкуренцию, что сокращает количество открявшихся почек и тем самым тормозит процессы ветвления у сеянцев. При этом для незащищенных корней ОКС-культур это влияние оказывается существенно более критичным, чем для контейнеризированного посадочного материала.

В отличие от подпологовых условий, на открытой территории состояние сеянцев больше подвержено влиянию абиотических факторов. Это особенно проявляется для сеянцев с ОКС. В силу лучшей освещенности на лишенных полога делянках сеянцы ели с открытой корневой системой, по сравнению с сеянцами с ЗКС, имеют стабильно большие показатели прироста. Кроме того, вне влияния древесного полога жизненное состояние сеянцев с открытой корневой системой более существенно зависит и от влажности почвы.

Таким образом, на открытых участках травяной покров на стадии приживания ели оказывает скорее защитное действие, поддерживая более оптимальный режим увлажнения, и притеняет корневые шейки сеянцев от ожогов. Кроме того, с увеличением проективного покрытия травостоя на открытых участках увеличивается количество жизнеспособных почек у контейнеризированных сеянцев и улучшается их жизненное состояние. Следовательно, умеренное окашивание культур ели в открытых условиях позволит сохранить защитные функции травостоя и избежать излишнего затенения сеянцев.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. В фазу приживания наибольшее влияние на рост и развитие лесных культур оказывает травянистый ярус фитоценозов. При этом в подпологовых условиях высота и густота травяного покрова отрицательно влияет на рост и развитие лесных культур ели европейской (вне зависимости от типа посадочного материала), тогда как на открытых участках травяной покров умеренной густоты оказывает скорее защитное действие, поддерживая более оптимальный режим увлажнения и притеня корневые шейки сеянцев от ожогов.

2. Прямого влияния сомкнутости крон сохраненного древесного полога на биометрические показатели и жизнеспособность сеянцев ели европейской выявлено не было вне зависимости от типа посадочного материала. Влияние древесного полога сказывается на сохранности и качестве лесных культур опосредованно, через изменение биотопических и фитоценологических параметров. Кроме того, оставление деревьев и отсутствие пропашки сохраняет травяной напочвенный покров, свойственный исходному типу леса, что в дальнейшем ускорит процессы демутиации.

3. Использование контейнеризированного посадочного материала более оправдано на открытых делянках, поскольку состояние сеянцев с ЗКС менее зависит от основных параметров биотопа. Кроме того, густота травостоя на открытых участках положительно коррелирует с параметрами сеянцев с закрытой корневой системой, что говорит о защитной роли травянистого яруса в данных условиях.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность руководству и сотрудникам компании ООО "Майер-Мелнхоф Хольц Ефимовский", по инициативе и при поддержке которой было организовано данное исследование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агеев А.А. Лесные культуры: учебное пособие для студентов направления 35.03.01 "Лесное дело". Красноярск, 2017. 95 с.
- Бартенев И.М. К вопросу создания лесных культур посадкой ПЗМК // Лесотехнический журн. 2013. № 2(10). С. 123–130.
- Булохов А.Д. Экологическая оценка среды методами фитоиндикации. Брянск: БГПУ, 1996. 104 с.
- Бутенко О.Ю. Рост плантационных культур ели в Ленинградской и Псковской областях // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2013. № 4. С. 53–57.
- Гаврилова О.И., Морозова И.В., Ольхин Ю.В., Юрьева А.Л., Иоффе А.О. Динамика роста и оценка состояния культур сосны обыкновенной на вейниково-луговых вырубках методами дистанционного зондирования // Изв. вузов. Лесной журн. 2020. № 1. С. 63–74.
- Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР / Под ред. В.Д. Александровой, Т. К. Юрковской. Л.: Наука, 1989. 63 с.
- ГОСТ 3317-90 Сеянцы деревьев и кустарников. Технические условия.
- Грязькин А.В. Возобновительный потенциал таежных лесов (на примере ельников Северо-Запада России). СПб.: СПбГЛТА, 2001. 188 с.
- Жигунов А.В., Данилов Д.А., Шестакова Т.А., Неверовский В.Ю. Влияние вида посадочного материала на рост насаждений ели и сосны на постагрогенных землях Северо-Запада России // Вестник Поволжского ГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2016. Вып. 3. № 31. С. 30–39.
- Калининченко Н.П., Писаренко А.И., Смирнов Н.А. Лесовосстановление на вырубках. М.: Экология, 1991. 384 с.
- Кищенко И.Т. Влияние климатических факторов на сезонный рост деревьев лиственных лесобразующих видов в таежной зоне // Лесной журн. (Изв. высш. учеб. заведений). 2017. № 1. С. 51–63.
- Коломинова М.В. Особенности культур основных лесобразующих пород: метод. указания. Ухта: УГТУ, 2014. 32 с.
- Корчагов С.А., Грибов С.Е., Карбасникова Е.Б., Карбасников А.А. Приживаемость и рост смешанных культур

ели и лиственницы // Лесотехнический журн. 2017. № 1(25). С. 80–87.

Кузьмина Ю.В., Чеснокова П.Д., Концева Е.М. Приживаемость культур ели европейской *Picea abies* (L.) Karst. в контрастных условиях среды на востоке Ленинградской области при различных технологиях посадки // Актуальные вопросы в лесном хозяйстве. Матер. II молодеж. междунар. науч.-практ. конф. г. Санкт-Петербург, 14–15 ноября 2018 г. СПб.: Полиграф Экспресс, 2018. С. 28–30.

Лесные культуры Карелии: (этапы раннего возраста) / Под ред. В.К. Хлюстова, О.И. Гавриловой, И.В. Морозовой; М-во сельского хоз-ва, Российский гос. аграрный ун-т — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва: ФГОУ ВПО РГАУ — МСХА, 2007. 223 с.

Мерзленко М.Д., Бабич Н.А. Теория и практика выращивания сосны и ели в культурах. Архангельск: АГТУ, 2002. 220 с.

Огиевский В.В., Хиров А.А. Обследование и исследование лесных культур. М.: Лесная промышленность, 1964. 49 с.

Писаренко А.И., Мерзленко М.Д. Создание искусственных лесов. М.: Агропромиздат, 1990. 270 с.

Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 23 декабря 2014 г. № 569 “О внесении изменений в приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18.08.2014 г. № 367 “Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации”.

Приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 8 октября 2015 г. № 353 “Об установлении лесосеменного районирования”.

Редько Г.И., Мерзленко М.Д., Бабич Н.А. Лесные культуры. В 2 ч. Часть 2. М.: Юрайт, 2018. 305 с.

Рунова Е.М., Савченкова В.А. Исследование влияния живого напочвенного покрова на характер возобновления вырубков в среднем Приангарье // Успехи современного естествознания. 2008. № 5. С. 49–51.

Савченкова В.А. Влияние живого напочвенного покрова на естественное возобновление вырубков // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2009. № 23. С. 127–130.

Саксонов С.С. Влияние засух на приживаемость лесных культур // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2020. Т. 29. № 4. С. 37–42.

Санников С.Н., Санникова Н.С. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса. М.: Наука, 1985. 152 с.

Сидоренков В.М. Влияние условий произрастания на состояние культур ели под пологом средневозрастных мягколиственных насаждений // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2003. № 7. С. 24–26.

Соколовский И.В., Юренин А.В. Опыт выращивания культур ели на дерново-подзолистой временно избыточно увлажняемой супесчаной почве // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство. Минск: БГТУ, 2007. № 15. С. 270–272.

Сунгурова Н.Р., Сунгуров Р.В. Культуры ели на луговой вырубке в северной подзоне тайги // Вестник КрасГАУ. Красноярск: Экология. 2012. Вып. 11. С. 123–128.

Сюнев В.С. Интенсивное лесное хозяйство. Петрозаводск: ПетрГУ, 2014. 174 с.

Фролова Г.Г., Фролов П.В., Шанин В.Н., Иванова Н.В. Анализ факторов, влияющих на возобновление основных лесобразующих пород в сосновых лесах южного Подмосковья // Математическое моделирование в экологии: Матер. VI Национ. науч. конф. с междунар. участ. Пушкино, 2019. С. 224–225.

Черных Л.В., Черных Д.В., Черных В.Л. Апробация методики лесоводственно-статистического обоснования способов и объемов лесовосстановления на лесном участке // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2021. № 1(49). С. 64–81.

Чернышов М.П., Аретфьев Ю.Ф., Титов Е.В., Беспаленко О.Н., Дорофеева В.Д., Кругляк В.В., Пятых А.М. Хвойные породы в озеленении Центральной России / Под ред. М.П. Чернышова. М.: Колос, 2007. 328 с.

Шаньгина Н.П., Феклистов П.А. Возобновление коренных ельников и влияние экологических факторов на формирование подростов ели под пологом древостоев // Проблемы экологии в современном мире в свете учения В.И. Вернадского: Материалы Международной конференции. Тамбов: ТГУ, 2010. С. 118–122.

Шаньгина Н.П., Феклистов П.А., Кузнецова А.А. Возобновление ели под пологом ельников в зависимости от напочвенного покрова // Экологические проблемы Севера: Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 13. Архангельск, 2010. С. 27–30.

Axelsson E., Lundmark T., Högborg P., Nordin A. Below-ground competition directs spatial patterns of seedling growth in boreal pine forests in Fennoscandia // Forests. 2014. V. 5. № 9. P. 2106–2121.

Caudullo G., Tinner W., de Rigo D. *Picea abies* in Europe: distribution, habitat, usage and threats // European Atlas of Forest Tree Species. 2016. P. 114–116.

Ellenberg H., Weber H.E., Dull R., Wirth V., Werner W., Paulsen D. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa // Scripta Geobotanica. 1991. № 18. P. 9–166.

Frolova G.G., Frolov P.V., Shanin V.N., Ivanova N.V. Analysis of factors affecting the regeneration of major forest-forming species in the pine forests of the southern Moscow region // Forest Science Issues, 2019. № 4. P. 1–27.

Grossnickle S.C. Seedling establishment on a forest restoration site-An ecophysiological perspective // Reforesta. Canada, 2018. № 6. P. 110–139.

Kuuluvainen T., Ylläsjärvi I. On the natural regeneration of dry heath forests in Finnish Lapland: a review of V.T. Aaltonen // Scandinavian J. Forest Research. 2011. V. 26. P. 34–44.

Leinonen T., Turtiainen M., Siekkinen A. Лесовосстановление на Северо-Западе России и сравнение с Финляндией: Комментарий финских специалистов. Йоэнсуу: Науч.-исслед. ин-т леса Финляндии, 2009. 38 с.

Miina J., Saksa T. Predicting establishment of tree seedlings in regeneration areas of *Picea abies* in southern Finland // Baltic Forestry. 2013. V. 19. № 2. P. 187–200.

The International Plant Names Index (www.ipni.org) (дата обращения: 19.11.2021)

Phytocenotic and Biotopic Parameters Affect the Condition of European Spruce Cultures during the Establishment Stage in the South-East of the Leningrad Region

Ye. M. Koptseva^{1, *}, Yu. V. Kuzmina¹, I. A. Sorokina^{1, 2}, and A. A. Bushkovskiy³

¹Saint Petersburg State University, Universitetskaya emb., 7–9, Saint Petersburg, 199034 Russia

²Komarov Botanical Institute of the RAS, Professora Popova st., 2, Saint Petersburg, 197376 Russia

³Mayr-Melnhof Holz-Yefimovskiy Ltd.,

Gagarina st., 30, Yefimovskiy settl., Boksitogorskiy district, Leningrad oblast, 187620 Russia

*E-mail: e.koptseva@spbu.ru

In the Boksitogorskiy district of the Leningrad oblast, the study was conducted regarding the influence of phytocenotic parameters (crowns density, height, herbage density, moss cover) and biotopic parameters (illumination, acidity, moisture and soil richness) on the morphometric parameters and vitality of European spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) BRT (bare root trees) and RBT (root-balled trees) seedlings during the establishment phase under contrasting growing conditions: under the sparse aspen canopy left in clearings and in open spaces, outside the influence of tree crowns. The positive effect of undercanopy cultivation on the safety and viability of seedlings of both types has been statistically proven; with RBT seedlings having the best indicators of vitality and growth along the main axis. However, the herbaceous layer's height and density under these conditions adversely affected the branching of seedlings. Unlike the undercanopy conditions, when growing in the open, the condition of seedlings was more susceptible to the influence of abiotic factors. Under these conditions, a close positive correlation was found between the viability of seedlings with BRT and the main soil parameters (humidity, acidity, and nitrogen supply). Due to the better illumination on plots without canopies, seedlings with BRT had consistently high growth rates along the main axis. Under these conditions, the grass cover at the stage of spruce establishment was found to have a protective effect, maintaining a more optimal moisture regime and shading the seedlings. The practicality of using the RBT cultures in open spaces was still substantiated, since they were less susceptible to the negative influence of factors.

Keywords: spruce underplants, seedlings, establishment stage, bare root trees, root-balled trees, phytogenic medium.

REFERENCES

- Ageev A.A., *Lesnye kul'tury* (Forest cultures), Krasnoyarsk, 2017, 95 p.
- Axelsson E., Lundmark T., Högborg P., Nordin A., Below-ground competition directs spatial patterns of seedling growth in boreal pine forests in Fennoscandia, *Forests*, 2014, Vol. 5, No. 9, pp. 2106–2121.
- Bartenev I.M., K voprosu sozdaniya lesnykh kul'tur posadkoi PZMK (On the question of creation of forest cultures by PMCR planting), *Lesotekhnicheskii zhurnal*, 2013, No. 2 (10), pp. 123–130.
- Bulokhov A.D., *Ekologicheskaya otsenka sredi metodami fitoindikatsii* (Ecological assessment of the environment by phytindication methods), Bryansk: BGPU, 1996, 104 p.
- Butenko O.Y., Rost plantatsionnykh kul'tur eli v Leningradskoi i Pskovskoi oblastiakh (Intermediate results of growing plantation *Picea abies* in Leningrad and Pskov regions), *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaistva*, 2013, No. 4, pp. 53–57.
- Caudullo G., Tinner W., de Rigo D., *Picea abies* in Europe: distribution, habitat, usage and threats, *European Atlas of Forest Tree Species*, 2016, pp. 114–116.
- Chernykh L.V., Chernykh D.V., Chernykh V.L., Aprobatsiya metodiki lesovodstvenno-statisticheskogo obosnovaniya sposobov i ob'emov lesovosstanovleniya na lesnom uchastke (Testing of the procedure of forest and statistical justification of methods and volumes of reforestation in the forest area), *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie*, 2021, No. 1 (49), pp. 64–81.
- Chernyshov M.P., Aref'ev Y.F., Titov E.V., Bespalenko O.N., Dorofeeva V.D., Kruglyak V.V., Pyatykh A.M., *Khvoynye porody v ozelenenii Tsentral'noi Rossii* (Conifers in the landscaping of Central Russia), Moscow: Kolos, 2007, 328 p.
- Ellenberg H., Weber H.E., Dull R., Wirth V., Werner W., Paulsen D., *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*, *Scripta Geobotanica*, 1991, No. 18, pp. 9–166.
- Frolova G.G., Frolov P.V., Shanin V.N., Ivanova N.V., Analiz faktorov, vliyayushchikh na vozobnovlenie osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod v sosnovykh lesakh yuzhnogo Podmoskov'ya (Analysis of the factors influencing the renewal of the main forest-forming species in the pine forests of the southern Moscow region), *Matematicheskoe modelirovanie v ekologii* (Mathematical modeling in ecology), Pushchino, Proc. of VI National sci. conf with international participation, Pushchino, 2019, pp. 224–225.
- Frolova G.G., Frolov P.V., Shanin V.N., Ivanova N.V., Analysis of factors affecting the regeneration of major forest-forming species in the pine forests of the southern Moscow region, *Forest Science Issues*, 2019, No. 4, pp. 1–27.
- Gavrilova O.I., Morozova I.V., Ol'khin Y.V., Yur'eva A.L., Ioffe A.O., Dinamika rosta i otsenka sostoyaniya kul'tur sosny obyknovЕННОI na veinikovo-lugovikovykh vyrubkakh

- metodami distantionnogo zondirovaniya (Growth dynamics and status assessment of Scots pine crops on reedgrass meadow cuts by remote sensing techniques), *Izv. vuzov. Lesnoi zhurnal*, 2020, No. 1, pp. 63–74.
- Geobotanicheskoe raionirovanie Nechernozem'ya evropeiskoi chasti RSFSR (Geobotanical zoning of the Non-Chernozem region of the European part of the RSFSR)*, Leningrad: Nauka, 1989, 63 p. GOST 3317-90.
- Grossnickle S.C., Seedling establishment on a forest restoration site—An ecophysiological perspective, *Reforesta*, Canada, 2018, No. 6, pp. 110–139.
- Gryaz'kin A.V., *Vozobnovitel'nyi potentsial taezhnykh lesov (na primere el'nikov Severo-Zapada Rossii)* (Renewal potential of taiga forests (on the example of spruce forests in the North-West of Russia)), Saint Petersburg: SPbGLTA, 2001, 188 p.
- Kalinichenko N.P., Pisarenko A.I., Smirnov N.A., *Lesovosstanovlenie na vyрубках* (Reforestation in deforested area), Moscow: Ekologiya, 1991, 384 p.
- Kishchenko I.T., Vliyanie klimaticheskikh faktorov na sezonnyi rost derev'ev listvennykh lesoobrazuyushchikh vidov v taezhnoi zone (The impact of climatic factors on the seasonal growth of deciduous trees of the forest-forming species in the taiga zone), *Lesnoi zhurnal*, 2017, No. 1, pp. 51–63.
- Kolominova M.V., *Osobennosti kul'tur osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod* (Peculiarities of cultures of the main forest-forming species), Ukhta: UGTU, 2014, 32 p.
- Korchagov S.A., Gribov S.E., Karbasnikova E.B., Karbasnikov A.A., Prizhivaemost' i rost smeshannykh kul'tur eli i listvenitsy (The survival and growth of mixed cultures of spruce and larch), *Lesotekhnicheskii zhurnal*, 2017, No. 1(25), pp. 80–87.
- Kuuluvainen T., Ylläsjarvi I., On the natural regeneration of dry heath forests in Finnish Lapland: a review of V.T. Aaltonen, *Scandinavian J. Forest Research*, 2011, Vol. 26, pp. 34–44.
- Kuz'mina Y.V., Chesnokova P.D., Koptseva E.M., Prizhivaemost' kul'tur eli evropeiskoi Picea abies (L.) Karst. v kontrastnykh usloviyakh sredy na vostoке Leningradskoi oblasti pri razlichnykh tekhnologiyakh posadki (The survival rate of crops Picea abies ((L.)H. Karst.) in contrasting environmental conditions in the east of the Leningrad region with various technologies of planting), *Aktual'nye voprosy v lesnom khozyaistve (The current issues in forestry)*, Saint Petersburg, Proc. of II Sci.-Pract. Conf. of Young Scientists, November 14–15, 2018, Saint Petersburg: Poligraf Ekspress, pp. 28–30.
- Leinonen T., Turtiainen M., Siekkinen A., *Lesovosstanovlenie na Severo-Zapade Rossii i sravnenie s Finlyandiei: Kommentarii finskikh spetsialistov* (Reforestation in the North-West of Russia and comparison with Finland: Comments from Finnish specialists), Joensuu: Nauch.-issled. in-t lesa Finlyandii, 2009, 38 p.
- Lesnye kul'tury Karelii: etapy rannego vozrasta* (Forest plantings of Karelia (earlyage stages)), Moscow: FGOU VPO RGAU – MSKhA, 2007, 223 p.
- Merzlenko M.D., Babich N.A., *Teoriya i praktika vyrashchivaniya sosny i eli v kul'turakh* (Theory and practice of growing pine and spruce in crops), Arkhangel'sk: AGTU, 2002, 220 p.
- Miina J., Saksa T., Predicting establishment of tree seedlings in regeneration areas of Picea abies in southern Finland, *Baltic Forestry*, 2013, Vol. 19, No. 2, pp. 187–200.
- Ogievskii V.V., Khiron V.V., *Obsledovanie i issledovanie lesnykh kul'tur* (Survey and study of forest plantations), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1964, 50 p.
- Pisarenko A.I., Merzlenko M.D., *Sozdanie iskusstvennykh lesov* (Creation of homogeneous forests), Moscow: Agropromizdat, 1990, 270 p.
- Prikaz Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaistva ot 8 oktyabrya 2015 g. № 353 "Ob ustanovlenii lesosemennogo raionirovaniya"* (Order of the Federal Forestry Agency of October 8, 2015 No. 353 "On the establishment of forest seed zoning").
- Prikaz Ministerstva prirodnnykh resursov i ekologii RF ot 23 dekabrya 2014 g. № 569 "O vnesenii izmenenii v prikaz Ministerstva prirodnnykh resursov i ekologii Rossiiskoi Federatsii ot 18.08.2014 g. № 367 "Ob utverzhdenii Perechnya lesorastitel'nykh zon Rossiiskoi Federatsii i Perechnya lesnykh raionov Rossiiskoi Federatsii"* (Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation of December 23, 2014 No. 569 "On Amendments to the Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation of August 18, 2014 No. 367 "On Approval of the List of Forest Plantation Zones of the Russian Federation and the List of Forest Regions of the Russian Federation").
- Red'ko G.I., Merzlenko M.D., Babich N.A., *Lesnye kul'tury. V 2 ch. Chast' 2* (Forest cultures. In 2 parts. Part 2), Moscow: Yurait, 2018, 305 p.
- Runova E.M., Savchenkova V.A., *Issledovanie vliyaniya zhivogo napochvennogo pokrova na kharakter vozobnovleniya vyrubok v srednem Priangar'e* (Investigation of the influence of living ground cover on the nature of the resumption of clearings in the middle Angara region), *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2008, No. 5, pp. 49–51.
- Saksonov S.S., Vliyanie zasukh na prizhivaemost' lesnykh kul'tur (Influence of droughts on the survival rate of forest crops), *Samarskaya Luka: problemy regional'noi i global'noi ekologii*, 2020, Vol. 29, No. 4, pp. 37–42.
- Sannikov S.N., Sannikova N.S., *Ekologiya estestvennogo vozobnovleniya sosny pod pologom lesa* (Ecology of natural regeneration of pine under the forest canopy), Moscow: Nauka, 1985, 152 p.
- Savchenkova V.A., Vliyanie zhivogo napochvennogo pokrova na estestvennoe vozobnovlenie vyrubok (Influence of living ground cover on the natural regeneration of clearcuts), *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2009, No. 23, pp. 127–130.
- Shan'gina N.P., Feklistov P.A., Kuznetsova A.A., *Vozobnovlenie eli pod pologom el'nikov v zavisimosti ot napochvennogo pokrova* (Renewal of spruce under the canopy of spruce forests depending on the ground cover), *Ekologicheskie problemy Severa: Mezhhvuzovskii sbornik nauchnykh trudov*, 2010, Vol. 13, pp. 27–30.
- Shan'gina N.P., Feklistov P.A., *Vozobnovlenie korennykh el'nikov i vliyanie ekologicheskikh faktorov na formirovanie*

podrosta eli pod pologom drevostoev (Renewal of indigenous spruce forests and the influence of environmental factors on the formation of spruce undergrowth under the canopy of forest stands), *Problemy ekologii v sovremennom mire v svete ucheniya V.I. Vernadskogo* (Problems of ecology in the modern world in the light of the teachings of V.I. Vernadsky), Tambov, Proc. of Intl. Conf, Tambov: TGU, 2010, pp. 118–122.

Sidorenkov V.M., Vliyanie uslovii proizrastaniya na sostoyanie kul'tur eli pod pologom srednevozrastnykh myagkolistvennykh nasazhdenii (Influence of growing conditions on the state of spruce crops under the canopy of medium-aged soft-leaved plantations), *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2003, No. 7, pp. 24–26.

Sokolovskii I.V., Yurenaya A.V., Opyt vyrashchivaniya kul'tur eli na dernovo-podzolistoi vremenno izbytochno uvlazhnyayemoi supeschanoi pochve (Experience in growing spruce crops on soddy-podzolic temporarily excessively

moistened sandy loamy soil), *Trudy BGTU. Seriya 1: Lesnoe khozyaistvo*, 2007, No. 15, pp. 270–272.

Sungurova N.R., Sungurov R.V., Kul'tury eli na lugovikovo vyрубке v severnoi podzone taigi (Fir tree cultures on meadow cutting down place in the taiga northern subzone), *Vestnik KrasGAU*, 2012, Vol. 11, pp. 123–128.

Syunev V.S., *Intensivnoe lesnoe khozyaistvo* (Intensive forestry), Petrozavodsk: PetrGU, 2014, 174 p.

The International Plant Names Index, www.ipni.org (November 19, 2021).

Zhigunov A.V., Danilov D.A., Shestakova T.A., Nevrovskii V.Y., Vliyanie vida posadochnogo materiala na rost nasazhdenii eli i sosny na postagrogennykh zemlyakh Severo-Zapada Rossii (The impact of the planting material on the growth rate of spruce and pine plantations on post-agricultural lands of the north-west of Russia), *Vestnik Povolzhskogo GTU. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie*, 2016, Vol. 3, No. 31, pp. 30–39.