

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ
ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИН.А. ДЕМИНА¹, О.Н. ТЮКАВИНА^{1,2}, В.В. ВОРОНИН¹,
Е.Н. НАКВАСИНА^{1,2}, Е.М. РОМАНОВ^{1,2}¹Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова)

При производстве посадочного материала в таежной зоне крайне важно оценивать проблемные позиции в лесных питомниках. Следует обратить внимание на низкое качество почв, которое может существенно влиять на интенсивность роста сеянцев и выход стандартного посадочного материала. Рассматривается комплексная оценка состояния почв в лесных питомниках таежной зоны Европейской части России. Исследования проведены в 6 лесных питомниках. Определены агрохимические и физические свойства почвы. Содержание в почвах лесных питомников органического вещества является низким, а подвижных форм фосфора, обменного калия и щелочногидролизуемого азота – недостаточным для оптимального роста и развития сеянцев хвойных пород. Величина кислотности в почвах питомников таежной зоны Европейской части России оказалась благоприятной. Половина исследуемых лесных питомников имеет повышенную плотность сложения почвы, что может приводить к формированию почв с низкой скважностью, ограничивающей поступление воздуха и удержание влаги в почве. Снижение интенсивности роста сеянцев и выхода стандартных сеянцев может происходить ввиду отсутствия таких технологических мероприятий, как борьба с сорной растительностью, отсутствие полива и т.д., но одной из наиболее важных причин является недостаточная обеспеченность почв минеральными и органическими веществами. Выравнивание параметров плодородия почв лесных питомников может быть достигнуто путем внесения необходимых удобрений и проведения культиваций. Результаты исследований позволяют акцентировать внимание специалистов, занимающихся выращиванием посадочного материала в таежной зоне Европейской части России, на проблеме низкого почвенного плодородия.

Ключевые слова: лесные питомники, открытый грунт, почва, агрохимические свойства, физические характеристики, количество сеянцев, рост.

Введение

Европейский Север Российской Федерации является многолесным регионом, который с давних времен характеризовался интенсивным лесопользованием и остается одним из основных лесопромышленных районов страны. В настоящее время, как и ранее, остается необходимость восстановления утраченных лесов усиленными темпами. Даже незначительные ошибки в технологии создания и выращивания лесных культур приводят к существенным потерям материальных средств и трудовых затрат, для выявления и исправления которых требуются десятилетия [5; 15]. Успешность лесокультурного производства в значительной мере определяется качеством посадочного материала, обеспечивающим высокий лесокультурный эффект, отвечающий

целевому назначению культивируемой площади [11]. Это достигается организацией комплексного лесного питомнического хозяйства [4], состоящего из постоянных лесных питомников с открытой и закрытой корневой системой, малых, приближенных к местам массового лесокультурного производства, и временных лесных питомников.

Вопросы сохранения лучшей практики выращивания семян, разработка современных, экологически ориентированных приемов, новых подходов к оценке качества посадочного материала остаются актуальными и востребованными [1–3; 8; 10; 11; 14; 16–25]. Крайне важно оценивать проблемные позиции в лесных питомниках, так как это способствует принятию в дальнейшем эффективных управленческих решений при производстве посадочного материала. Особое внимание необходимо обратить на проблемы низкого качества почв лесных питомников, их несоответствие нормативным требованиям, что существенно влияет на выход и интенсивность роста посадочного материала [7; 17].

Цель исследований: оценка состояния почв лесных питомников таежной зоны Европейской части России для разработки предложений по повышению выхода стандартного посадочного материала.

Материал и методы исследований

Натурное обследование почв проводили в полевой сезон 2022 г. в 6 лесных питомниках, расположенных в Северо-таежном лесном районе Европейской части Российской Федерации, Двинско-Вычегодском и Балтийско-Белозерском таежных районах на территории Архангельской и Ленинградской областей. Площади питомников составляли от 0,11 до 80 га.

Исследования проводили в посевных отделениях на полях, где выращивались сеянцы ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst. × *P. obovata* (Ledeb.)). Почвы питомников по гранулометрическому составу представлены в основном легким и средним суглинками, в питомнике № 4 (Двинско-Вычегодский таежный район) – торфяной почвой. С каждого поля отбирали 3 объединенных почвенных пробы на агрохимический анализ. Отбор производили по маршрутному ходу, по диагонали поля, объединенную почвенную пробу составляли не менее чем из 50 точечных индивидуальных проб. Подвижные формы фосфора и калия определяли по методу Кирсанова, щелочногидролизующий азот – по методу Корнфилда, органическое вещество почвы – по методу Тюрина, показатель рН солевой вытяжки – по ГОСТ Р 58594–2019 [6]. Определение агрохимических показателей проводили в аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУ САС «Архангельская».

Отбор проб для определения физических свойств почвы осуществляли в естественном сложении пробоотборником, не менее чем в десятикратной повторности с каждого поля. Далее пробы помещали в бьюксы для транспортировки. В лабораторных условиях общепринятыми в почвоведении методами определяли плотность твердой фазы, плотность сложения и общую пористость.

Перечет семян ели производили на полях по диагональному ходу. При пересечении с лентами откладывали учетные отрезки и пересчитывали все имеющиеся сеянцы с измерением высоты и диаметра. Количество учтенных семян на одном поле составило от 150 до 600 шт. Для оценки выхода стандартных семян руководствовались требованиями к посадочному материалу, отраженными в действующих Правилах лесовосстановления [13].

Полученные данные по результатам исследований обрабатывали общепринятыми статистическими методами с использованием программы Microsoft Office Excel 2019.

Результаты и их обсуждение

Для обеспечения оптимального роста сеянцев хвойных пород обменная кислотность ($pH_{КСЛ}$) почв лесных питомников таежной зоны должна быть в пределах 4,6...6,0 [11], содержание органического вещества должно составлять не менее 3–4%, содержание подвижного фосфора – 100–200 мг/кг, обменного калия – 100–250 мг/кг, щелочногидролизуемого азота – 90 мг/кг и более [12]. Для торфяных почв оптимальное содержание подвижного фосфора и обменного калия для сельскохозяйственных земель составляет 600–1000 мг/кг и 800–1200 мг/кг почвы соответственно [9].

Усредненные показатели агрохимических свойств почв в исследуемых лесных питомниках таежной зоны Европейской части России приведены в таблице 1.

Для оптимального роста и развития сеянцев ели содержания фосфора и калия недостаточно в большинстве изученных лесных питомников, азота недостаточно на всех объектах исследований несмотря на среднюю и повышенную категории обеспеченности почвы по общепринятым в почвоведении шкалам. Торфяные почвы питомника в достаточной мере обеспечены подвижным калием, но бедны фосфором.

Обеспеченность органическим веществом почвы варьирует от очень бедных до хорошо обеспеченных, основная масса питомников имеет низкое содержание. При этом хорошо обеспеченные почвы имеются только в одном лесном питомнике – на торфяных почвах. В питомнике № 2, расположенном в Северо-таежном лесном районе, показатель содержания органического вещества почвы имеет высокое значение, но усредненные данные являются статистически незначимыми ($p > 0,05$) ввиду сильно различающихся показателей по полям.

Степень кислотности почв практически во всех лесных питомниках слабокислая и находится в пределах нормы, рекомендуемой для выращивания хвойных пород.

Таблица 1

Усредненные показатели агрохимических свойств почв лесных питомников таежной зоны Европейской части России

Показатели	Лесной район					
	Северо-таежный		Двинско-Вычегодский таежный		Балтийско-Белозерский таежный	
	1	2	3	4	5	6
Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг	71,2±2,2	96,5±9,0	62,3±1,8	298,5±49	161,9±9,6	131,2±21,3
Содержание K ₂ O, мг/кг	59,8±7,0	148,3±40,2	69,3±5,2	831,7±102,7	63,3±4,1	53,8±3,9
Содержание Нщ.г., мг/кг	52,7±2,3	84±13,9	59±1,4	57,3±10,1	53±2,6	59,6±1,8
Содержание органического вещества почвы, %	1,24±0,1	3,1*±0,8	1,11±0,1	36,4±9,28	2,3±0,2	2,6±0,2
pH солевой вытяжки, ед. pH	5,3±0,09	5,5±0,13	5,5±0,03	5,2±0,26	5,4±0,09	4,9±0,08

*Данные являются статистически незначимыми.

Низкое естественное плодородие почв таежной зоны, на которых в большинстве случаев созданы лесные питомники таежной зоны Европейской части России, постоянный вынос питательных веществ при выкопке сеянцев, недостаточное количество вносимых органических и минеральных удобрений способствуют постоянной нехватке важных для роста сеянцев веществ. На низкую обеспеченность элементами питания и органическим веществом накладываются и проблемы с физическими показателями почв, от которых зависят водно-воздушные свойства, жизнедеятельность микроорганизмов и рост растений.

Считается, что почва имеет благоприятные водно-физические свойства, если ее объемная масса или плотность сложения составляют менее 1,2–1,3 г/см³, общая пористость – 50–70% [11; 12]. Плотность твердой фазы почвы в среднем должна составлять не более 2,5–2,7 г/см³, а плотность торфяных горизонтов – 1,4–1,8 г/см³. Усредненные значения физических показателей почв питомников представлены в таблице 2.

Лесные питомники по плотности твердой фазы почвы можно признать соответствующими нормативным показателям. В то же время 50% лесных питомников уплотнены, имеют плотность сложения, выходящую за пределы нормативов. Это приводит к формированию почв с низкой скважностью – ниже или на пределе оптимума, ограничивающей поступление воздуха и удержание влаги в почве. В торфяной почве, наоборот, рыхлая, насыщенная воздухом почва может привести к обезвоживанию сеянцев в летний период, что требует периодических поливов.

Определенное сочетание агрофизических и физических свойств почвы в питомниках обеспечивает различный выход и стандартизацию посадочного материала. Основные характеристики сеянцев и их выход представлены в таблице 3. Оценка характеристик сеянцев приведена для трехлетнего возраста при условии, что посадочный материал достиг нормативных размеров (питомники № 4–6), в остальных случаях – для четырехлетнего возраста (питомники № 1–3).

Нормой выхода стандартного посадочного материала считается 40–50 шт. сеянцев на 1 пог. м (для северной и средней подзон тайги) [11]. Недостаточное количество сеянцев на 1 пог. м (до 2 шт.) установлено на тех объектах (питомники № 1 и № 2), где оказывают достаточно сильное влияние природно-климатические факторы, а ведение лесопитомнического хозяйства требует исполнения полного цикла технологических операций, включающего в себя внесение органики, минеральных удобрений, борьбу с сорной растительностью, а в ряде случаев – поливов.

Таблица 2

Усредненные показатели физических свойств почв лесных питомников таежной зоны Европейской части России

Показатели	Лесной район					
	Северо-таежный		Двинско-Вычегодский таежный		Балтийско-Белозерский таежный	
	1	2	3	4	5	6
Плотность твердой фазы, г/см ³	2,40±0,10	2,36±0,09	2,11±0,09	1,62±0,03	2,73±0,07	2,55±0,08
Плотность сложения, г/см ³	1,37±0,01	1,10±0,03	1,36±0,03	0,34±0,02	1,31±0,01	1,23±0,01
Пористость, %	42,9	53,4	35,5	79,0	52,0	51,8

Усредненные показатели основных параметров сеянцев ели, произрастающих в лесных питомниках таежной зоны Европейской части России

Показатели	Лесной район					
	Северо-таежный		Двинско-Вычегодский таежный		Балтийско-Белозерский таежный	
	1	2	3	4	5	6
Количество сеянцев на 1 пог. м, шт.	2±1,3	0,2±0,2	11±0,7	66±4,0	174±13,2	52±3,3
Высота сеянцев, см	6,3±0,11	8,9±0,36	11,0±0,15	29,1±0,61	29,1±0,30	17,5±0,96
Диаметр сеянцев у шейки корня, мм	1,2±0,02	1,4±0,05	1,8±0,03	3,7±0,09	4,2±0,06	2,6±0,04

В трех питомниках (№ 4–6) выход стандартных сеянцев с 1 пог. м посевной строки находится в пределах нормы или даже превышает ее (52–174 шт.). В этих питомниках поддерживаются агротехнические технологии. Так, в лесном питомнике № 4 технология проведения работ включает в себя борьбу с сорной растительностью, полив, рыхление, внесение минеральных удобрений. Лесные питомники № 5 и № 6 обеспечивают внесение органических, минеральных удобрений, борьбу с сорной растительностью, культивацию межленточного пространства. Применяются, в том числе, биологически активные препараты для повышения устойчивости растений и увеличения темпа их роста.

Аналогичная ситуация складывается по показателю высоты сеянцев. Причиной недостаточной интенсивности роста является отсутствие основных технологических приемов, применяемых при выращивании посадочного материала. В лесных питомниках № 1–3, которые, достигая 4-летнего возраста, не соответствуют критериям стандарта, высота сеянца – ниже на 1–4 см установленных требований. Трехлетние сеянцы ели в лесных питомниках № 4–6 с применением интенсивной технологии выращивания посадочного материала – выше нормативных требований по высоте и диаметру, что соответствует параметрам стандартного посадочного материала.

Низкое содержание минеральных и органических веществ в почвах является весомой причиной, снижающей выход стандартного посадочного материала и ограничивающей рост растений. Установлена высокая степень корреляции между показателями количества сеянцев на 1 пог. м и содержанием калия ($R = 0,98$), а также значительная корреляция между высотой на третий, четвертый годы выращивания сеянцев ели с подвижным фосфором, обменным калием и органическим веществом ($R = 0,55–0,85$). В случае нехватки в почвах лесных питомников фосфора, калия и органического вещества выход сеянцев и интенсивность роста значительно снижаются.

При выращивании сеянцев в лесных питомниках нельзя скрыть значимость того или иного технологического приема. Каждый прием играет важную роль в поддержании оптимальных параметров для роста и развития растений. Технологические приемы, направленные на поддержание благоприятных характеристик почв лесных питомников, необходимо корректировать в зависимости от их типа и свойств.

Выводы

При проведении анализа агрохимических и физических показателей почв в лесных питомниках таежной зоны Европейской части России установлено, что объекты исследований находятся в зоне низкого естественного плодородия почв с недостаточным содержанием органических и минеральных элементов питания для роста и развития семян хвойных пород. В лесных питомниках, имеющих сниженный выход посадочного материала, рекомендуется обратить внимание на содержание в почве азота, фосфора, калия, а также органического вещества. Это требует постоянного агрохимического мониторинга состояния качества почв и оперативного принятия мер по снижению негативных факторов: ведение севооборотов, внесение удобрений, обеспечение поливной нормы и др. Только при сочетании содержания органического вещества, подвижного азота, фосфора и калия, а также кислотности почвы в оптимальных значениях для роста семян хвойных пород можно увеличить интенсивность роста растений и выход стандартного посадочного материала в лесных питомниках. При внесении удобрений следует руководствоваться региональными рекомендациями, а также указаниями, разработанными для конкретного предприятия. Для решения проблемы уплотнения верхних горизонтов почвы необходимо проводить культивацию на полях выращивания.

При выращивании посадочного материала в Северо-таежном лесном районе Европейской части Российской Федерации, Двинско-Вычегодском, Балтийско-Белозерском таежных районах следует учитывать, что природно-климатические условия являются не совсем благоприятными, и исполнение полного цикла приемов, в том числе регулирование почвенного плодородия и улучшение физических свойств почв, предусмотренных технологической картой лесного питомника, будет способствовать увеличению выхода стандартного посадочного материала.

Работа проведена по результатам исследований, выполненных в рамках Государственного задания ФБУ СевНИИЛХ на проведение прикладных научных исследований (рег. № темы: 122020100292–5).

Библиографический список

1. Антонов А.М., Макаров С.С., Лютикова А.И., Сорокин Е.С., Чудецкий А.И. Влияние стимуляторов корнеобразования на укоренение зеленых черенков туи западной (*Thuja occidentalis* L.) в условиях Архангельской области // Лесохозяйственная информация. – 2024. – № 1. – С. 91–98. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2024.1.07.
2. Багаев Е.С., Макаров С.С., Багаев С.С., Родин С.А. Исполинская осина: биологические особенности и перспективы плантационного выращивания: Монография. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2021. – 72 с.
3. Багаев Е.С., Чудецкий А.И., Макаров С.С. Оценка возможности использования быстрорастущих форм осины для закладки лесосырьевых плантаций с коротким оборотом рубки // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 1. – С. 55–67. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://lhi.vniilm.ru/> (дата обращения: 27.03.2024). DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2023.1.05.
4. Бырдина С.С. Механизация малых круговых и ленточных подпологовых лесных питомников // Colloquium-Journal. – 2020. – № 35 (87). – С. 19–22.
5. ГОСТ Р 58004–2017. Лесовосстановление. Технические условия. – М., 2018. – 16 с.

6. ГОСТ Р 58594–2019. Метод определения обменной кислотности. – М., 2019. – 9 с.
7. Дурова А.С., Фетисова А.А. Современное состояние почв лесных питомников Ленинградской области // Лесохозяйственная информация. – 2020. – № 1. – С. 31–39. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://lhi.vniilm.ru/> (дата обращения: 27.03.2024). DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2020.1.03.
8. Зарубина Л.В., Макаров С.С. Влияние азотных удобрений на сезонный рост хвой сосны обыкновенной в условиях торфяно-болотных почв Севера России // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 4. – С. 29–40. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://lhi.vniilm.ru/> (дата обращения: 27.03.2024). DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2023.4.03.
9. Корелина В.А., Лагутина Т.Б., Попова Л.А., Антропова Г.Е., Романов Е.М., Макарова М.В., Прожерина Г.П. Научно обоснованная система земледелия и технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Архангельской области: Монография. – Архангельск, 2016. – 114 с.
10. Макаров С.С., Антонов А.М., Лютикова А.И. Влияние стимуляторов корнеобразования на укоренение одревесневших черенков туи западной (*Thuja occidentalis* L.) в гидропонной установке // Естественные и технические науки. – 2023. – № 5 (180). – С. 178–181.
11. Маркова И.А., Жигунов А.В. Лесные культуры: агротехника выращивания посадочного материала в лесных питомниках: Учебное пособие. – СПб.: СИНЭЛ, СПбГЛТУ, 2021. – 134 с.
12. Мочалов Б.А. Рекомендации и технологические карты по выращиванию саженцев сосны и ели в питомниках северной и средней подзон тайги Европейской части России. – Архангельск: СевНИИЛХ, 2005. – 35 с.
13. Правила лесовосстановления: утв. приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 29 декабря 2021 г. № 1024. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/728111110> (дата обращения: 19.04.2024).
14. Острошенко В.Ю. Эффективность применения стимуляторов роста при выращивании посадочного материала хвойных древесных пород в Приморском крае: Дис. ... канд. с.-х. наук. – Уссурийск, 2021. – 281 с.
15. Редько Г.И., Бабич Н.А. Рукотворные леса Европейского Севера: монография. – Архангельск: Северо-Западное книжное изд-во, 1991. – 96 с.
16. Сорокин Е.С., Беляева Е.А., Генрих Э.А., Макаров С.С., Боровикова А.А., Киселева Н.А., Лютикова А.И., Антонов А.М. Влияние отходов целлюлозно-бумажного комбината в субстратах на развитие корневой системы ели европейской (*Picea abies* L.) при выращивании в гидропонных установках // Естественные и технические науки. – 2024. – № 2 (189). – С. 122–126.
17. Федорец Н.Г., Солодовников А.Н., Ткаченко Ю.Н. Водно-физические и агрохимические показатели почв базисных питомников Карелии // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 8. – С. 139–144.
18. Феклистов П.А., Тюкавина О.Н., Сунгурова Н.Р., Макаров С.С., Болотов И.Н., Тарханов С.Н. Особенности накопления минеральных элементов и азота в ассимиляционном аппарате сосны обыкновенной // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2024. – № 3. – С. 118–129. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-3-118-129.
19. Чудецкий А.И., Багаев С.С. Оценка потенциала еловых насаждений для создания лесных плантаций лесоводственными методами в южно-таежном районе Европейской части России // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2019. – № 2. – С. 22–31. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.22.

20. Чукарина А.В. Сравнительный анализ влияния биологически активных веществ на густоту и рост однолетних сеянцев сосны обыкновенной и сосны крымской // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2021. – № 59. – С. 208–211.

21. Davis A.S., Pinto J.R. The Scientific Basis of the Target Plant Concept: An Overview // Forest. – 2021. – Vol. 12. – P. 1293. Doi: 10.3390/f12091293.

22. Grossnickle S.C., MacDonald J.E. Seedling Quality: History, Application, and Plant Attributes // Forests. – 2018. – Vol. 9, № 5. – Pp. 283–305.

23. Makarov S.S., Bagaev E.S., Chudetsky A.I., Kuznetsova I.B., Lebedeva O.P., Antonov A.M. Features of Triploid Aspen Clonal Micropropagation Using Modern Growth-Stimulating Preparations // Lesnoy Zhurnal: Russian Forestry Journal. – 2023. – № 2 (392). – Pp. 183–194. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-2-183-194.

24. Perumal M., Wasli M.E. Target Plant Concept (TPC): A Holistic Framework for Seedling Quality within a Forest Restoration Programme // Bulletin Institut Ekosains Borneo. – 2023. – Vol. 2, № 1. – Pp. 35–40.

25. Trukhachev V.I., Sklyarov I.Y., Sklyarova J.M., Latysheva L.A., Lapina H.N. Contemporary state of resource potential of agriculture in South Russia // International Journal of Economics and Financial Issues. – 2016. – Vol. 6. – No. S5. – P. 33–41.

CURRENT STATE OF SOILS IN FOREST NURSERIES IN THE TAIGA ZONE OF EUROPEAN PART OF RUSSIA

N.A. DEMINA¹, O.N. TYUKAVINA^{1,2}, V.V. VORONIN¹,
E.N. NAKVASINA^{1,2}, E.M. ROMANOV^{1,2}

(¹Northern Research Institute of Forestry;

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov)

When producing planting material in the taiga zone, it is extremely important to assess problematic sites in forest nurseries. Attention should be paid to poor soil quality, which can significantly affect the growth rate of seedlings and the yield of standard planting material. The article considers a comprehensive assessment of soil conditions in forest nurseries of the taiga zone of the European part of Russia. The research was conducted in six forest nurseries. Agrochemical and physical properties of soils were determined. The content of organic matter in the soils of forest nurseries is low, mobile forms of phosphorus, exchangeable potassium and alkaline hydrolyzable nitrogen are insufficient for optimal growth and development of coniferous seedlings. The level of acidity in the soils of nurseries in the taiga zone of the European part of Russia turned out to be favorable. Half of the studied forest nurseries have increased density of soil composition, which can lead to the formation of soils with low pore volume, limiting air intake and moisture retention in the soil. A decrease in the intensity of seedling growth and yield of standard seedlings may occur due to the lack of technological measures such as weed control, lack of irrigation, etc., but one of the most important reasons is the insufficient supply of soils with mineral and organic substances. Equalization of soil fertility parameters in forest nurseries can be achieved by application of necessary fertilizers and by means of cultivation. The results of the presented work will make it possible to draw the attention of specialists engaged in the cultivation of planting material in the taiga zone of the European part of Russia to the problem of low soil fertility.

Keywords: forest nurseries, bare ground, soil, agrochemical properties, physical characteristics, number of seedlings, growth.

References

1. Antonov A.M., Makarov S.S., Lyutikova A.I., Sorokin E.S., Chudetsky A.I. The influence of root formation stimulants on the rooting of green cuttings of western thuja (*Thuja occidentalis* L.) in the conditions of the Arkhangelsk region. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya*. 2024;1:91–98. <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2024.1.07>. (In Russ.)
2. Bagaev E.S., Makarov S.S., Bagaev S.S., Rodin S.A. *Giant aspen: biological features and prospects of plantation cultivation*: monograph. Pushkino, Russia: VNIILM, 2021:72. (In Russ.)
3. Bagaev E.S., Chudetsky A.I., Makarov S.S. Evaluation of the possibility of the use of fast-growing aspen forms for laying timber plantations with a short turnover of felling. *Forestry Information*. 2023;1:55–67. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2023.1.05>
4. Byrdina S.S. Mechanization of small circular and belt underland forest. *Colloquium-Journal*. 2020;35(87):19–22. (In Russ.)
5. GOST R58004–2017. *Reforestation. Technical conditions*. Moscow, Russia, 2018:16. (In Russ.)
6. GOST R58594–2019. *Method for determining exchangeable acidity*. Moscow, Russia, 2019:9. (In Russ.)
7. Durova A.S., Fetisova A.A. Modern condition of nursery forest soils of the Leningrad region. *Forestry Information*. 2020;1:31–39. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2020.1.03>
8. Zarubina L.V., Makarov S.S. The influence of nitrogen fertilisers on the seasonal growth of Scots pine needles in peat-bog soils of the north of Russia. *Forestry Information*. 2023;4:29–40. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2023.4.03>
9. Korelina V.A., Lagutina T.B., Popova L.A., Antropova G.E. et al. *Scientifically based farming system and technologies for cultivating crops in the Arkhangelsk region*. Arkhangelsk, Russia, 2016:114. (In Russ.)
10. Makarov S.S., Antonov A.M., Lyutikova A.I. The influence of root formation stimulants on the rooting of lignified cuttings of western thuja (*Thuja occidentalis* L.) in a hydroponic installation. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2023;5:178–181. (In Russ.)
11. Markova I.A., Zhigunov A.V. *Forest crops: agro-techniques for growing planting material in forest nurseries*: textbook. St. Petersburg, Russia: SINEL, SPbGLTU, 2021:134. (In Russ.)
12. Mochalov B.A. *Recommendations and technological maps for the cultivation of pine and spruce seedlings in nurseries of the northern and middle taiga subzones of the European part of Russia*. Arkhangelsk, Russia: SevNIILKh, 2005:35. (In Russ.)
13. Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation of December 29, 2021 No. 1024 “On approval of the rules of reforestation, form, composition, procedure for approving the reforestation project, grounds for refusal to approve it, as well as requirements for the format in electronic form of the reforestation project”. (In Russ.) [Electronic source] URL: <https://docs.cntd.ru/document/728111110> (accessed: April 19, 2024)
14. Ostroshenko V.Yu. Efficiency of using growth stimulants when growing planting material of coniferous trees in the Primorsky Territory. CSc (Agr) thesis: 06.03.01. Ussuriysk, Russia, 2021:281. (In Russ.)
15. Red’ko G.I., Babich N.A. *Man-made forests of the European North*. Arkhangelsk, Russia: Sev. – Zap. kn. izd-vo, 1991:96. (In Russ.)
16. Sorokin E.S., Belyaeva E.A., Genrih E.A., Makarov S.S. et al. Effect of pulp and paper mill residues in substrates on the development of the root system of European

spruce (*Picea abies* L.) when grown in hydroponic plants. *Natural and Technical Sciences*. 2024;2(189):122–126. (In Russ.)

17. Fedorets N.G., Solodovnikov A.N., Tkachenko Yu.N. Hydrophysical and agrochemical characteristics of soils in permanent nurseries in Karelia. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2016;8:139–144. (In Russ.)

18. Feklistov P.A., Tyukavina O.N., Sungurova N.R., Makarov S.S., Bolotov I.N., Tarkhanov S.N. Features of the accumulation of mineral elements and nitrogen in the assimilation apparatus of Scots pine. *Lesnoy zhurnal*. 2024;3:118–129. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-3-118-129> (In Russ).

19. Chudetsky A.I., Bagaev S.S. Evaluation of the potential of spruce stands for forest plantations by silvicultural methods in the southern taiga region of the European part of Russia. *Russian Forestry Journal*. 2019;2:22–31. (In Russ.) <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.2.22>

20. Chukarina A.V. Comparative analysis of the effect of biologically active substances on the density and growth of annual seedlings of Scots pine and Crimean pine. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*. 2021;59:208–211. (In Russ.)

21. Davis A.S., Pinto J.R. The Scientific Basis of the Target Plant Concept: An Overview. *Forest*. 2021;12:1293. <https://doi.org/10.3390/f12091293>

22. Grossnickle S.C., MacDonald J.E. Seedling quality: history, application, and plant attributes. *Forests*. 2018;9(5):283–305.

23. Makarov S.S., Bagaev E.S., Chudetsky A.I., Kuznetsova I.B. et al. Features of Triploid Aspen Clonal Micropropagation Using Modern Growth-Stimulating Preparations. *Russian Forestry Journal*. 2023;2(392):183–194. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-2-183-194>

24. Perumal M., Wasli M.E. Target Plant Concept (TPC): A Holistic Framework for Seedling Quality within a Forest Restoration Program. *Bulletin Institut Ekosains Borneo*. 2023;2(1):35–40.

25. Trukhachev V.I., Sklyarov I.Y., Sklyarova J.M., Latysheva L.A., Lapina H.N. Contemporary state of resource potential of agriculture in South Russia. *International Journal of Economics and Financial Issues*. 2016;6(S5):33–41. (In Russ.)

Сведения об авторах

Демина Надежда Александровна, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»; 163062, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Никитова, 13; e-mail: monitoringlesov@sevniilh-arh.ru; тел.: (8182) 61–79–55

Тюкавина Ольга Николаевна, д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»; 163062, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Никитова, 13; тел.: (8182) 61–79–55; профессор, доцент кафедры ботаники, общей экологии и природопользования Высшей школы естественных наук и технологий, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; 163002, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, 17; e-mail: o.tukavina@narfu.ru

Воронин Василий Владимирович, научный сотрудник, ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»; 163062, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Никитова, 13

Наквасина Елена Николаевна, д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»; 163062, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Никитова, 13; тел.: (8182) 61–79–55;

профессор, профессор кафедры лесоводства и лесоустройства Высшей школы естественных наук и технологий, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; 163002, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, 17; e-mail: e.nakvasina@narfu.ru

Романов Евгений Михайлович, канд. с.-х. наук, научный сотрудник, ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»; 163062, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Никитова, 13; тел.: (8182) 61–79–55; доцент кафедры лесоводства и лесоустройства Высшей школы естественных наук и технологий, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; 163002, Российская Федерация, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, 17; e-mail: RomanovE.M@yandex.ru

Information about the authors

Nadezhda A. Demina, CSc (Agr), Senior Research Associate, Northern Research Institute of Forestry (13 Nikitova St., Arkhangelsk, 163062, Russian Federation; phone: (182) 61–79–55; e-mail: monitoringlesov@sevniilh-arh.ru)

Olga N. Tyukavina, DSc (Agr), Leading Research Associate, Northern Research Institute of Forestry (13 Nikitova St., Arkhangelsk, 163062, Russian Federation; phone: (182) 61–79–55); Professor, Associate Professor at the Department of Botany, General Ecology and Environmental Management, Higher School of Natural Sciences and Technology, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (17 Severnoy Dviny St., Arkhangelsk, 163062, Russian Federation; e-mail: o.tukavina@narfu.ru)

Vasily V. Voronin, Research Associate, Northern Research Institute of Forestry (13 Nikitova St., Arkhangelsk, 163062, Russian Federation)

Elena N. Nakvasina, DSc (Agr), Leading Research Associate, Federal Budgetary Institution Northern Research Institute of Forestry (13 Nikitova St., Arkhangelsk, 163062, Russian Federation); Professor, Professor at the Department of Forestry and Forestry Management, Higher School of Natural Sciences and Technologies, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (17 Severnoy Dviny St., Arkhangelsk, 163062, Russian Federation; phone: (182) 61–79–55; e-mail: e.nakvasina@narfu.ru)

Evgeniy M. Romanov, CSc (Agr), Research Associate, Northern Research Institute of Forestry (13 Nikitova St., Arkhangelsk, 163062, Russian Federation); Associate Professor at the Department of Forestry and Forestry Management, Higher School of Natural Sciences and Technologies, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (17 Severnoy Dviny St., Arkhangelsk, 163062, Russian Federation; phone: (182) 61–79–55; e-mail: RomanovE.M@yandex.ru)