

ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ / FORESTRY, FORESTRY, FOREST CROPS, AGROFORESTRY,
LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.45.9>

К ВОПРОСУ О ПОЛИВЕ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ ОТКРЫТОГО ГРУНТА В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ
ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Научная статья

Демина Н.А.^{1,*}, Тюкавина О.Н.², Воронин В.В.³, Наквасина Е.Н.⁴, Михайлов К.Л.⁵, Романов Е.М.⁶

¹ ORCID : 0000-0001-5626-1523;

² ORCID : 0000-0003-4024-6833;

⁴ ORCID : 0000-0002-7360-3975;

⁵ ORCID : 0000-0001-9296-3266;

⁶ ORCID : 0000-0002-8225-1991;

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельск, Российская Федерация

^{2, 4, 6} Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (monitoringlesov[at]sevniilh-arh.ru)

Аннотация

Известно, что недостаток воды в почве лесных питомников приводит к нарушению водного баланса сеянцев, вызывая снижение интенсивности роста и ослабляя иммунитет растений. В статье приводятся результаты оценки полевой влажности почвы на полях выращивания сеянцев ели обыкновенной разного возраста в лесных питомниках открытого грунта в таежной зоне Европейского Севера. Целью работы являлась оценка полевой влажности почвы на полях лесных питомников и подготовка рекомендаций по регулированию данного показателя для оптимизации выращивания посадочного материала. Проведен анализ существующей ситуации с влажностью почв в действующих лесных питомниках. Установлено, что полевая влажность почвы в 8 из 9 изученных лесных питомников указывает на нехватку влаги в почве для полноценного роста и развития сеянцев. Почвы лесного питомника, в котором проводится полив сеянцев, имеют высокий процент полевой влажности. Показаны различия по выходу сеянцев и их ростовым параметрам при сравнении двух питомников, расположенных в одних лесорастительных условиях, но с разным режимом орошения (с поливом и без него). Приведена оценка технологической себестоимости проведения мероприятий по организации полива на питомниках открытого грунта. Предложен алгоритм действий по повышению эффективности выращивания посадочного материала хвойных пород при организации системного полива в разные фазы развития сеянцев. Проектирование оросительной системы в момент планирования лесного питомника, организация полива при производстве посадочного материала, применение дополнительных вариантов удержания влаги в почве могут решить проблему сниженного выхода стандартных сеянцев в лесных питомниках открытого грунта.

Ключевые слова: лесной питомник, открытый грунт, полив, полевая влажность, удержание влаги.

TO THE ISSUE OF IRRIGATION IN OPEN FOREST PLANT NURSERIES IN THE TAIGA ZONE OF THE
EUROPEAN PART OF RUSSIA

Research article

Demina N.A.^{1,*}, Tyukavina O.N.², Voronin V.V.³, Nakvasina E.N.⁴, Mikhailov K.L.⁵, Romanov Y.M.⁶

¹ ORCID : 0000-0001-5626-1523;

² ORCID : 0000-0003-4024-6833;

⁴ ORCID : 0000-0002-7360-3975;

⁵ ORCID : 0000-0001-9296-3266;

⁶ ORCID : 0000-0002-8225-1991;

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russian Federation

^{2, 4, 6} Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation

* Corresponding author (monitoringlesov[at]sevniilh-arh.ru)

Abstract

It is known that the lack of water in the soil of forest nurseries leads to a violation of the water balance of seedlings, causing a decrease in growth intensity and weakening plant immunity. The article presents the results of estimation of field soil moisture in the fields of growing seedlings of spruce of different ages in open forest nurseries in the taiga zone of the European North. The aim of the work was to evaluate the field soil moisture in the fields of forest nurseries and to prepare recommendations on the regulation of this indicator to optimize the cultivation of planting material. The existing situation with soil moisture in the operating forest nurseries was analysed. It was established that field soil moisture in 8 out of 9 studied forest nurseries indicates the lack of moisture in the soil for full growth and development of seedlings. The soils of the forest nursery where irrigation of seedlings is carried out have high percentage of field moisture. Differences in seedling yield and their growth parameters are shown when comparing two nurseries located in the same forest conditions, but with different irrigation regimes (with and without irrigation). The estimation of the technological cost of measures to organize irrigation in open-ground nurseries is given. The algorithm of actions to increase the efficiency of growing coniferous planting material at

the organization of system irrigation in different phases of seedling development is proposed. Designing irrigation system at the time of forest nursery planning, organization of irrigation during planting material production, application of additional options of soil moisture retention can solve the problem of reduced yield of standard seedlings in open-ground forest nurseries.

Keywords: forest nursery, open ground, irrigation, field moisture, moisture retention.

Введение

Классическая технология выращивания посадочного материала в лесных питомниках открытого грунта предусматривает выполнение такого приема как орошение полей, особенно важного в первые годы развития сеянца. Недостаток воды в почве приводит к нарушениям жизнедеятельности живого организма, который негативно отражается на росте и анатомическом строении молодых деревьев [10]. Фактор воды является определяющим при адаптации сеянцев [1], его влияние может быть выше, чем наличие питательных веществ [11]. Для роста и адаптационного потенциала посадочного материала важным считаются условия влажности почвы и годовые колебания доступной почвенной влаги [12].

Ранее, в советский период лесные питомники площадью от 15 га и более организовывали по индивидуальным или типовым проектам Союзгипролесхоза. При разработке индивидуальных проектов выполнялись комплексные геодезические, агролесомелиоративные, почвенные, геологические, гидротехнические изыскания, агрохимическое обследование почв и др. При выборе участка под питомник должны были соблюдаться обязательные гидрологические условия, а лесной питомник располагали вблизи водного источника или в местах, где можно устроить водоем.

Цель работы – оценить полевую влажность почвы на полях лесных питомников и дать рекомендации по регулированию данного показателя с целью оптимального роста сеянцев хвойных пород.

Методы и принципы исследования

Для оценки полевой влажности почв было выбрано 9 лесных питомников, расположенных в Северо-таежном, Двинско-Вычегодском, Карельском, Балтийско-Белозерском таежных лесных районах.

В лесных питомниках изучили полевую влажность почвы на полях с сеянцами ели обыкновенной разного возраста. Влажность почвы (полевую влажность) определяли общепринятым в почвоведении весовым методом как процент содержания доступной растениям влаги в образце почвы, взятом в естественном сложении.

Отбор образцов почвы проводили пробоотборником в благоприятных погодных условиях. Количество точечных образцов на одном поле составляло не менее 10 шт. После отбора образцы почвы помещали в алюминиевые боксы, взвешивали и транспортировали в лабораторию. Образцы высушивали до абсолютно сухого состояния при температуре 105 град С, далее расчетным путем определяли показатель полевой влажности по общепринятой методике [3]. Полученные данные по результатам исследования обрабатывали статистическими методами с использованием программы *Microsoft Office Excel*.

Основные результаты

Анализ существующего положения в лесных питомниках открытого грунта в рамках проведенных ранее исследований [4] показал, что только в 10% лесных питомников, отобранных для изучения, применяется полив сеянцев.

Показатели полевой влажности почвы на полях выращивания сеянцев ели разного возраста при обследовании лесных питомников представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Показатель полевой влажности почвы на полях выращивания сеянцев ели разного возраста

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.45.9.1>

Таежный лесной район	Гранулометрический состав почв	Дата обследования	Полевая влажность (%) на полях выращивания сеянцев ели в возрасте, лет			
			1	2	3	4
Северо-таежный	Легкие суглинки	01.06	–	–	12,35±1,37	30,19±1,28
	Средний суглинок	24.06	–	11,04±0,47	15,74±0,86	16,42±0,82
Балтийско-Белозерский	Супесчаная	14.07	5,80±0,44	5,93±0,45	4,99±0,32	–
	Средний суглинок	21.07	15,55±0,90	16,96±0,62	–	–
Двинско-Вычегодский	Торфянистая с сильной степенью разложения	04.08	117,86±16,4	120,57±10,9	107,93±12,4	–
	Средний суглинок	05.08	15,01±1,05	–	–	18,23±0,56
Карельский	Средний суглинок	15.08	19,4±1,8	14,31±1,64	14,47±1,55	–
Балтийско-	Легкие	17.08	12,08±3,23	8,73±0,56	11,12±0,76	10,69±0,25

Белозерский	суглинки					
	Средний суглинок	20.08	9,55±0,65	16,62±0,52	16,39±0,97	–

Влажность почвы на полях при выращивании сеянцев разного возраста ниже нормативных значений. Это указывает на нехватку влаги в почве для полноценного роста и развития сеянцев. Считается, что влажность почвы 10-20% недостаточна для оптимального роста растений. Оптимум влажности в фазе прорастания семян – 23-26% к абсолютно-сухой почве, в фазе укрепления проростка – 20-25% (для песчаной) и 28-35% (для супесчаной) [5], [6]. Данный показатель очень изменчив, и в питомниках открытого грунта зависит от многих факторов: количества выпадающих атмосферных осадков, температуры воздуха, гранулометрического состава, культивируемых растений, состояния пахотного слоя и т.д.

Только в лесном питомнике Северо-таежного лесного района, расположенного на легких суглинках, на поле выращивания 4-летних сеянцев полевая влажность составляет 30%, что находится в пределах нормы. Скорее всего, это обусловлено притенением сеянцев, произрастающих на краевом поле питомника, приспевающими насаждениями, расположенными по периметру объекта. В Двинско-Вычегодском таежном лесном районе лесной питомник с торфянистой почвой имеет полевую влажность почвы в десять раз выше (108-121%) по сравнению с другими объектами исследования. На данном предприятии организован полив, а также применяется укрывной материал (спанбонд) с целью сохранения влаги в торфяной почве, защиты от ночных заморозков, снижения степени засорения посевов сорной растительностью. В питомнике, расположенном на среднем суглинке в Карельском лесном районе на поле выращивания 1-летних сеянцев полевая влажность составляет 22%, что имеет отличие от полей выращивания двух и трехлетних сеянцев, благодаря мульчированию посевов опилками.

При сравнении параметров сеянцев, произрастающих в лесных питомниках, расположенных в Двинско-Вычегодском лесном районе, но в первом случае с поливом растений, а в другом – без него, следует отметить значительные различия сеянцев по высоте, диаметру, а также по количеству на 1 погонном метре (таблица 2).

Таблица 2 - Параметры разновозрастных сеянцев ели при разном режиме орошения полей в год выращивания в Двинско-Вычегодском лесном районе

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.45.9.2>

Параметры сеянцев	Режим орошения полей				
	С поливом, в возрасте сеянцев, лет			Без полива в возрасте сеянцев, лет	
	1	2	3	1	4
Выход, шт. на 1 п.м.	209±20,2	95±8,8	66±4,0	2±0,2	11±0,7
Средняя высота, см	4,5±0,17	10,1±0,12	29,1±0,61	1,9±0,15	11,0±0,15
Средний диаметр, мм	0,5±0,02	1,5±0,02	3,7±0,09	0,3±0,01	1,8±0,03

Безусловно, сравнение двух лесных питомников, где применяются при выращивании сеянцев разные технологические приемы, а развитие растений ведется на разных типах почв, не совсем приемлемо. Но при одинаковых природно-климатических условиях произрастания сеянцев и при наличии сравнительно однородного посевного материала выход семян на 1 п.м. в первый год выращивания в разы больше при технологии с осуществлением полива, что позволяет сделать вывод о значимом влиянии данного мероприятия. Обычно, в питомниках севера практически ежегодно при прорастании семян наблюдаются довольно продолжительные засушливые периоды (в течение 2-3 недель осадки выпадают в количестве 3-10 мм), влажность верхнего слоя почвы достигает критического предела для прорастания семян, что соответствует необходимости в искусственных поливах [7]. На третий год выращивания ели на объекте с применением полива по высоте сеянцы достигают 29,1 см, что более чем в 2 раза больше, по сравнению с лесным питомником, не осуществляющим полив растений.

Обсуждение

В настоящий период разработаны Правила создания лесных питомников и их эксплуатации, которые утверждены приказом Минприроды России от 12 октября 2021 года N 737 и обязательны к исполнению при создании новых питомников. В настоящих правилах требуется отражать сведения об организации территории лесного питомника, где должны указываться способы и нормы полива, что предполагает наличие поливной системы в лесном питомнике.

В фазе прорастания семян, укрепления проростка, в хвойной, переходной и корневой фазе роста растения влага – решающий фактор жизни сеянца. Сроки высева семян можно приурочить к достаточной влажности почвы для прорастания семян в соответствии с прогнозом погоды. В таежной зоне наиболее благоприятный период для посева: май – начало июня. При недостаточном увлажнении в фазе укрепления проростка, фазе роста сеянцев полив является обязательным, в особенности при выращивании сравнительно требовательных к влаге сосны и ели.

В бездождевые периоды, после посева поливы следует проводить через 2-3 дня с расходом 100-150 м³/га, на замульчированных посевах через 6-7 дней. На 2-й и 3-й годы роста сеянцев поливают через 5-10 дней по 120 м³/га [8]. В среднем, за вегетацию сеянцев необходимо проводить 4-6 поливов (7-8). Существуют рекомендации по срокам и нормам полива отдельно по каждому периоду роста растений [9]. Также в лесных питомниках могут проводиться поливы, которые применяются для защиты посадочного материала от неблагоприятных климатических факторов, к которым можно отнести заморозки [2]. При засухах может применяться полив паровых полей: чистых – для провоцирования прорастания сорняков, в период роста сидератов для увеличения их массы, после запахивания – для ускорения разложения травы [6]. Наиболее распространенный способ полива в лесных питомниках – дождевание, которое проводят коротко- и дальнотруйными установками. В августе, обычно поливы прекращают.

При экономических расчетах технологической себестоимости выращивания посадочного материала с открытой корневой системой важно знать, какую часть затрат составляют затраты на полив. Расчетные данные получены при анализе технологической себестоимости выращивания 3-летних сеянцев ели (таблица 3) на основе Рекомендаций по выращиванию посадочного материала для северной подзоны тайги (технологическая карта №1) [9] с нормативным выходом сеянцев 1 000 000 штук на 1 га в современном аспекте и с адаптацией цен на 2023 год.

Исходя из приведенной таблицы технологическая себестоимость сеянцев ели, включающая основные технологические приемы выращивания: подготовка парового поля, приобретение семян, снегование, обработка семян, мульчирование посевов, внесение удобрений (подкормки), обработка гербицидами, прополка с проведением полива сеянцев на 5,3% больше, чем исполнение аналогичной технологической схемы – без полива.

Таблица 3 - Технологическая себестоимость выращивания 3-летних сеянцев ели, расчет на 1 га для северной подзоны тайги

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.45.9.3>

Выполняемый комплекс работ по выращиванию посадочного материала	Технологическая себестоимость, тыс. руб.	Технологическая себестоимость 1 сеянца, руб.
с поливом	2 425,035	2,43
без полива	2 299,571	2,30

При планировании экономических расчетов по выращиванию посадочного материала необходимо закладывать расходы на полив порядка 5% от общей стоимости. Затраты на орошение полей не являются значимыми, но исполнение этого наиболее важного мероприятия способно повысить эффективность выращивания сеянцев хвойных пород в таежной зоне европейской части России.

В случае отсутствия возможности обеспечения полива лесного питомника, вариантами удержания влаги в почве могут стать:

– мульчирование посевов материалами светлых оттенков. В настоящее время в практике лесных питомников открытого грунта таежной зоны применяется мульчирующий материал в виде опилок, торфяной крошки. Поиск новых материалов для сохранения влаги в почве, для уменьшения роста сорняков и улучшения структуры почвы остается актуальным.

– отенение посевов щитами применяется для ослабления нагрева поверхности почвы, предохранения всходов от солнцепека и ожога корневой шейки, а также для снижения испарения с поверхности почвы и уменьшения расхода влаги сеянцами при сухой и жаркой погоде [6].

Заключение

Орошение полей является необходимым мероприятием в лесных питомниках, не требующим значительных расходов при выращивании посадочного материала. На территории таежной зоны европейской части России могут случаться продолжительные засушливые периоды. Наличие поливной системы в лесном питомнике может решить проблемы, возникающие по причине недостаточной обеспеченности растения водой в период прорастания семян, укоренения всходов, интенсивного роста, формирования сеянцев. Рекомендуемые нормы и кратность полива позволяют осуществлять рациональное использование водных ресурсов и поддерживать оптимальную влажность почвы для питания хвойных растений. Дополнительными вариантами удержания влаги в почве могут стать мульчирование посевов и затенение сеянцев.

Финансирование

Работа проведена по результатам исследований, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований. Регистрационный номер темы: 122020100292-5.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The work was carried out based on the results of research carried out within the framework of the state assignment of the Federal State Budgetary Institution "SevNIILH" for conducting applied scientific research. The registration number of the topic is 122020100292-5.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Бартнев И.М. К вопросу создания лесных культур посадкой ПЗМК / И.М. Бартнев // Лесотехнический журнал. — 2013. — 2 (10). — с. 123–130.
2. Волкович А.П. Интенсивные технологии выращивания посадочного материала и лесовосстановления: тексты лекций для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство» специализации 1-75 01 01 06 «Лесовосстановление и питомническое хозяйство» / А.П. Волкович — Минск: БГТУ, 2015. — 74 с.
3. ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. — Введ. 1990-06-01. — М: Стандартинформ, 2006.— 8 с.
4. Демина Н.А. . Технологические приемы выращивания сеянцев хвойных пород и проблемы в лесных питомниках открытого грунта таежной зоны европейской части России / Н.А. Демина, В.В. Воронин, А.А. Парамонов и др. // Актуальные проблемы развития лесного комплекса. Материалы XX Международной научно-технической конференции ; под ред. Е.А. Иванищевой — Вологда: ВоГУ, 2022. — с. 25-28.
5. Интенсификация выращивания посадочного материала ели и сосны. Практические рекомендации. — Йошкар-Ола, 1978. — 26 с.
6. Маркова И.А. Лесные культуры: агротехника выращивания посадочного материала в лесных питомниках таежной зоны: учебное пособие для студентов по направлению подготовки 35.03.01 "Лесное дело" / И.А. Маркова, А.В. Жигунов — Санкт-Петербург: СИНЭЛ: СПбГЛТУ, 2021. — 134 с.
7. Мочалов Б.А.. Производство посадочного материала и повышение продуктивности лесов на севере России / Б.А. Мочалов // Лесовосстановление на Европейском Севере. Материалы финляндско-российского семинара по лесовосстановлению в Вуоокатти, Финляндия (28.09-2.10.1998); под ред. Э. Мялкенен, Н.А. Бабич, В.И. Крутов, И.А. Маркова — Хельсинки: Науч. центр Вантаа, 2000. — с. 147-153.
8. Мочалов Б.А. Некоторые особенности выращивания сеянцев хвойных пород в питомниках севера / Б.А. Мочалов, Г.А. Мочалова, Т.И. Новосельцева и др. // Материалы отчетной сессии по итогам НИР в XI пятилетке; — Архангельск: АИЛиЛХ, 1986. — с. 21-23.
9. Мочалов Б.А. Рекомендации по выращиванию посадочного материала хвойных пород в лесных питомниках средней и северной подзон тайги Европейского Севера / Б.А. Мочалов, Г.А. Мочалова, Т.И. Новосельцева — Архангельск: АИЛиЛХ, 1991. — 80 с.
10. Пономарева Т.В. Влияние влагозапасов почвы на рост видов хвойных в условиях эксперимента / Т.В. Пономарева, Н.А. Кузьмина, С.Р. Кузьмин // Вестник КрасГАУ. — 2009. — 12. — с. 45-49.
11. Nzokou P. Morphology and foliar chemistry of containerized *Abies fraseri* (Pursh) Poir. seedlings as affected by water availability and nutrition / P. Nzokou, B.M. Cregg // Ann. For. Sci.. — 2010. — 67. — p. 602.
12. Holmström E. Within-site variation in seedling survival in Norway spruce plantations / E. Holmström, H. Gålnander, M. Petersson // Forests. — 2019. — 10(2). — p. 181.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bartenev I.M. K voprosu sozdaniya lesnyh kul'tur posadkoj PZMK [On the issue of creating forest crops by planting PZMK] / I.M. Bartenev // Forestry Journal. — 2013. — 2 (10). — p. 123–130. [in Russian]
2. Volkovich A.P. Intensivnye tehnologii vyraschivaniya posadochnogo materiala i lesovosstanovlenija: teksty lektzij dlja studentov spetsial'nosti 1-75 01 01 «Lesnoe hozjajstvo» spetsializatsii 1-75 01 01 06 «Lesovosstanovlenie i pitomnicheskoe hozjajstvo» [Intensive technologies growing planting material and reforestation: texts of lectures for students of specialty 1-75 01 01 "Forestry" specialization 1-75 01 01 06 "Forest restoration and nursery farming"] / A.P. Volkovich — Minsk: BGTU, 2015. — 74 p. [in Russian]
3. GOST 28268-89. Pochvy. Metody opredelenija vlazhnosti, maksimal'noj gigroskopicheskoj vlazhnosti i vlazhnosti ustojchivogo zavjadaniya rastenij. [GOST 28268-89. Soils. Methods for determining humidity, maximum hygroscopic humidity and humidity stable wilting of plants. Date of introduction] — Introduced 1990-06-01. — M: Standartinform, 2006.— 8 p. [in Russian]
4. Demina N.A. . Tehnologicheskie priemy vyraschivaniya sejantsev hvojnnyh porod i problemy v lesnyh pitomnikah otkrytogo grunta taehznoj zony evropejskoj chasti Rossii [Technological methods for growing coniferous seedlings and problems in open ground forest nurseries of the taiga zone of the European part of Russia] / N.A. Demina, V.V. Voronin, A.A.

Paramonov et al. // Current problems of development of the forestry complex. Materials of the XX International Scientific and Technical Conference; edited by E.A. Ivanischevoj — Vologda: VoGU, 2022. — p. 25-28. [in Russian]

5. Intensifikaciya vyrashchivaniya posadochnogo materiala eli i sosny. Prakticheskie rekomendacii [Intensification of the cultivation of spruce and pine planting material. Practical recommendations]. — Yoshkar-Ola, 1978. — 26 p. [in Russian]

6. Markova I.A. Lesnye kul'tury: agrotehnika vyrashchivaniya posadochnogo materiala v lesnyh pitomnikah taezhnoj zony: uchebnoe posobie dlja studentov po napravleniju podgotovki 35.03.01 "Lesnoe delo" [Forest crops: agricultural technology growing planting material in forest nurseries of the taiga zone: a textbook for students in the field of training 03/35/01 "Forestry"] / I.A. Markova, A.V. Zhigunov — Sankt-Peterburg: SINEL: SPbGLTU, 2021. — 134 p. [in Russian]

7. Mochalov B.A.. Proizvodstvo posadochnogo materiala i povyshenie produktivnosti lesov na severe Rossii [Production of planting material and increase productivity of forests in the north of Russia] / B.A. Mochalov // Reforestation in the European North. Materials of the Finnish-Russian seminar on reforestation in Vuokatti, Finland (28.09-2.10.1998); edited by E. Mjalkenen, N.A. Babich, V.I. Krutov, I.A. Markova — Hel'sinki: Nauch. tsentr Vantaa, 2000. — p. 147-153. [in Russian]

8. Mochalov B.A. Nekotorye osobennosti vyrashchivaniya sejantsev hvojnnyh porod v pitomnikah severa [Some features of growing coniferous seedlings in nurseries of the north] / B.A. Mochalov, G.A. Mochalova, T.I. Novosel'tseva et al. // Materials of the reporting session on the results of research in the XI five-year plan; — Arhangel'sk: AILiLH, 1986. — p. 21-23. [in Russian]

9. Mochalov B.A. Rekomendatsii po vyrashchivaniyu posadochnogo materiala hvojnnyh porod v lesnyh pitomnikah srednej i severnoj podzon tajgi Evropejskogo Severa [Recommendations for growing planting material of coniferous species in forest nurseries of the middle and northern subzones of the taiga of the European North] / B.A. Mochalov, G.A. Mochalova, T.I. Novosel'tseva — Arhangel'sk: AILiLH, 1991. — 80 p. [in Russian]

10. Ponomareva T.V. Vlijanie vlagozapasov pochvy na rost vidov hvojnnyh v uslovijah eksperimenta [Influence of moisture reserves soil on the growth of coniferous species under experimental conditions] / T.V. Ponomareva, N.A. Kuz'mina, S.R. Kuz'min // Bulletin of KrasSAU. — 2009. — 12. — p. 45-49. [in Russian]

11. Nzokou P. Morphology and foliar chemistry of containerized *Abies fraseri* (Pursh) Poir. seedlings as affected by water availability and nutrition / P. Nzokou, B.M. Cregg // Ann. For. Sci.. — 2010. — 67. — p. 602.

12. Holmström E. Within-site variation in seedling survival in Norway spruce plantations / E. Holmström, H. Gålnander, M. Petersson // Forests. — 2019. — 10(2). — p. 181.