

Н.Р. Сунгурова, А.А. Дрочкова, С.С. Макаров, С.Е. Страздаускас

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРЕПАРАТОВ
ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА И РАЗВИТИЯ
СЕЯНЦЕВ *PINUS SYLVESTRIS* L.**

Введение. В настоящее время выращивание посадочного материала для лесовосстановления – достаточно распространенная практика. Исследования и производственный опыт показывают, что перспективным для лесовосстановления является молодой и достаточно крупный посадочный материал (возрастом 1-2 года), который хорошо приживается и лучше противостоит заглушению травянистой растительностью. Таким требованиям отвечают сеянцы, выращенные в теплицах [Мочалов, Синников, 1977; Бабич и др., 1999; Salaš et al., 2013]. Для сокращения срока выращивания стандартного высокоэффективного посадочного материала применяют ростостимулирующие препараты, способствующие ускорению процессов, связанных с ростом и развитием растений, а также улучшению их адаптационных способностей. При использовании ростостимулирующих препаратов, которые активизируют в растении определенные синтезы протеинов, что в свою очередь приводит к увеличению темпов клеточного деления, также улучшается иммунная система растений, помогая сеянцам лучше справляться с неблагоприятными условиями среды. Применение препаратов способствует развитию корневой системы растений, что улучшает доступ к воде и питательным веществам [Попова и др., 1991; Родин, Попова, 1991; Родин и др., 1997; Сунгурова, Дрочкова, 2021; Гордеева, 2023; Рунова, Денисенко, 2024; Barber, 1972; Grossnickle, MacDonald, 2018].

Исследование влияния стимуляторов роста на качество посадочного материала имеет особое значение в практическом аспекте, так как при положительных результатах применение этих препаратов позволит изменить концепцию и систему выращивания сеянцев, от состояния и развития которых зависит дальнейший успех лесовосстановления [Иванов, 2001; Сунгурова и др., 2022; Hoffmann, 1966; Louder, 2010; Calvo et al., 2014].

На данный момент стимуляторы роста активно применяются для регулирования древесных пород, в том числе сосны обыкновенной. Однако не все из доступных препаратов обладают такими важными достоинствами,

как экономичность, экологичность и простота применения. Продолжаются поиски новых препаратов различного происхождения: микробного, химического и других, – которые эффективно действовали бы на рост и развитие посадочного материала [Острошенко, Острошенко, 2023; Пентелькин, Пентелькина, 1990; Пентелькин, 2000, 2003; Тюкавина, Демина, 2023]. Важно, чтобы стоимость производства стимуляторов роста была доступна для каждого питомника и их применение не оказывало отрицательного влияния на окружающую среду, поэтому изучение данного вопроса является актуальным.

Цель работы – изучить влияние экологически безопасных стимуляторов роста на сеянцы *Pinus sylvestris* L. в защищенном грунте.

Материалы и методика исследований. Исследования проводились в питомнике Вологодского селекционно-семеноводческого лесохозяйственного центра, расположенном в г. Кадников Вологодской области. Территория питомника входит в Южно-таёжный лесной район европейской части Российской Федерации. Доминирование хвойных пород в лесном районе региона исследований продиктовано климатическими и почвенными условиями, но длительное ведение хозяйственной деятельности человеком оказало сильное влияние на породный состав. Доля хвойных пород в соотношении с лиственными за последние годы заметно сократилась. Возобновление насаждений хозяйственно ценными породами является одной из главных задач лесовосстановления [Беляев, 2001].

Особенностью формирования элементов климата (температура, осадки, влажность, облачность) является влияние на них радиационных и циркуляционных процессов. Средняя зимняя температура варьирует от $-10,0$ °C до $-14,1$ °C. Зима в регионе характеризуется ясной, морозной погодой. Летом средняя температура воздуха меняется в пределах от $+16,4$ °C до $+17,5$ °C. Благодаря влиянию морских воздушных масс климатические условия смягчаются [Антипов, 1957; Агроклиматические..., 1972]. Вегетация растений начинается приблизительно 22-27 апреля, а завершается с 30 сентября по 6 октября и имеет продолжительность от 150 до 164 дней [Авдошенко, 1980; Климат..., 2001]. Массовые всходы сосны появляются при температуре от $+18$ до $+30$ °C, которая должна держаться 118-134 ч [Мочалов и др., 1991].

Методика полевых исследований представляла собой комплексный подход с использованием эксперимента, сравнения и анализа. При изучении биометрических показателей сеянцев пользовались общепринятыми методами.

Выращивание сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) выполнялось в теплицах площадью 100 м² (рис. 1).



Рис. 1. Выращивание сеянцев в защищенном грунте
Fig. 1. Growing of seedlings in protected soil

Перед посевом семена замачивали в стимуляторах роста на 24 ч. Такая продолжительность замачивания установлена нами в лабораторных условиях и является оптимальной [Егорова, Бабич, 2012; Дрочкова, 2017, 2020]. В качестве стимуляторов всхожести семян и активации роста сеянцев *Pinus sylvestris* в наших исследованиях использованы: технические лигносульфонаты (хлорированный и нитрозированный) 10%-ной концентрации; экстракт луба березы (фракция менее 1 мм и фракция более 1 мм) концентрацией 1:10000; фильтрат, полученный при выделении суберина из бересты, концентрацией 1:10000; «Флавобактерин»; «Мизорин»; конденсат, образующийся при сушке пиломатериалов (без разбавления); пепел вулкана Эйяфьядлайёкюдль (концентрация 1:8). Последний собран после извержения вулкана для проведения нашего эксперимента [Дрочкова, 2021]. Имеются сведения, что на юге Исландии на землях, пострадавших от извержения, наблюдается чрезвычайно хороший рост травянистых и зерновых культур. Вулканический пепел оказывает положительное влияние на рост растений из-за высокой концентрации питательных веществ и минералов, особенно железа. Установлено, что на поверхности свежевывавших пепловых частиц сорбируется большое количество фосфатов, реже калия, которые, вероятно, и вызывают повышение урожайности, что говорит о нали-

чий ростостимулирующих свойств пепла [Louder, 2010]. Кроме стимулирующего рост и развитие растений эффекта у вулканического пепла существуют другие преимущества – экологичность и отсутствие затрат на производство сырья. Выбор веществ, используемых в опытах, основывался на их биологически активном составе и использовании некоторых из них в качестве стимуляторов роста для сельскохозяйственных культур. Также принимались во внимание простота использования, безопасное воздействие на окружающую среду и экономически выгодное производство или приобретение вещества. Экологическую безопасность и влияние технических лигносульфонатов, используемых в нашем исследовании, оценивали на жизнедеятельности почвенных организмов. В качестве объекта воздействия выбраны дождевые черви рода *Allolobophora*.

В качестве контроля высевались сухие семена без предварительной подготовки к посеву. Посевы семян сосны проводили на свежем фрезерованном торфе переходного типа с рН 5, без внесения извести. Высота гряд составляла 15 см. На одном квадратном метре гряды посев каждого варианта выполняли в десятикратной повторности, размер варианта составлял 1 м². Определение количества всходов происходило на 5-й, 7-й, 10-й, 15-й день выращивания сеянцев. В конце вегетационного периода производили сплошной учёт всходов.

Биометрические показатели сеянцев (высота, диаметр шейки корня, длина стволика и корней) определяли после завершения учета всходов, в конце эксперимента. Высоту растения и длину корневой системы измеряли линейкой, диаметр у шейки корня – штангенциркулем. Массу растений определяли на электронных весах. Перед взвешиванием у каждого растения отделяли корни от субстрата, промывали, затем хлопчатобумажной тканью удаляли капли воды с растений.

Результаты исследований. Микроклимат теплиц отличается от условий открытого грунта. Полиэтиленовая плёнка защищает сеянцы от ветра, не нарушая естественную циркуляцию воздуха. Температура воздуха и почвы, освещенность представляют главные микроклиматические характеристики теплицы [Игаунис, 1974].

Регулирование температуры и относительной влажности в теплицах представляет собой ключевой аспект современного лесного хозяйства, особенно когда речь идет о производстве сеянцев растений. Внутренняя среда теплицы значительно отличается от условий открытого грунта, что обусловлено множеством факторов, таких как солнечное освещение, возможность регулирования водного режима и вентиляция. Температура

и влажность воздуха в различные часы дня и ночи значительно варьируют. Как было упомянуто в исследованиях различных авторов [Синников и др., 1986; Мочалов, 1999; Пентелькина, 2012; Rikala, 2000; Davis, Jacobs, 2005; Grossnickle, 2012; Shchukin et al., 2020], температура в теплице может меняться в зависимости от метеорологических условий. В солнечные дни температура воздуха в теплице может превышать температуру открытого грунта на 10 °С, что позволяет создать более теплые условия для роста растений. Пассивное солнечное отопление теплиц дает возможность увеличить эффективность фотосинтеза, а, значит, и общий рост растений. В пасмурные дни разница составляет всего 5 °С, а в холодные – 2 °С, но это все равно создает благоприятные условия, которые эффективнее защищают растения от резких температурных колебаний. Кроме того, благодаря особенностям конструкции теплиц можно добиться оптимального микроклимата, что включает не только поддержание необходимой температуры, но и контроль за уровнем влажности и углекислого газа. Высокая относительная влажность способствует лучшему усвоению воды растениями, а повышенное содержание углекислого газа служит дополнительной стимуляцией для роста. Все это в итоге способствует удлинению вегетационного периода, что особенно важно в условиях нашей климатической зоны, где возможность заморозков значительно ограничивает сроки выращивания растений. Практическое применение теплиц можно рассматривать в контексте сокращения сроков выращивания сеянцев, экономии семян, увеличения выхода сеянцев с единицы площади и получения высококачественных сеянцев, обладающих высокой адаптивной способностью при создании лесных культур.

Проведение измерений температуры почвы и воздуха в следующие временные промежутки – 9, 13 и 17 ч – представляет собой важный этап в анализе микроклиматических условий теплицы. Такой подход позволяет получить более полное представление о температурных колебаниях в течение дня, что в свою очередь может оказать значительное влияние на физиологические процессы роста и развития растений (рис. 2).

Температура воздуха на высоте 10 см от поверхности почвы дает представление об общих климатических условиях в теплице, которые отличаются от температурных значений, зарегистрированных на уровне корней. Измерение температуры почвы на глубине 10 см предоставляет важную информацию о термическом режиме зоны корневой системы растений, что позволяет оценить, насколько эффективно корни усваивают влагу и питательные вещества.

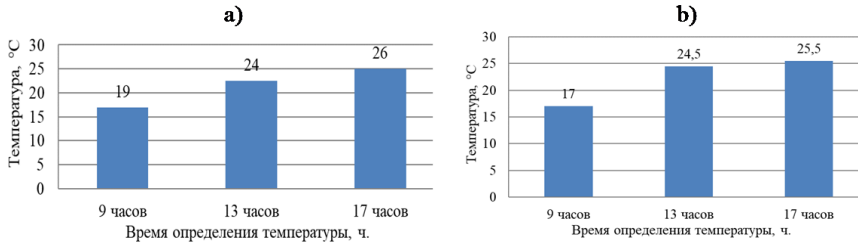


Рис. 2. Средняя температура (°С) в теплице за период с мая по август:
а) воздуха на высоте 10 см от поверхности почвы; б) почвы на глубине 10 см

Fig. 2. Average temperature (°C) in the greenhouse for May-August:
а) air at a height of 10 cm from the soil surface; б) soil at a depth of 10 cm

В утренние часы, в частности, в 9 ч температура почвы ниже, так как она не успела прогреться под воздействием солнечного света. Это может спровоцировать замедление процессов усвоения воды растениями. Днем, в 13 ч температура как почвы, так и воздуха повышается, что способствует активизации фотосинтетических процессов. Однако если температура воздуха становится слишком высокой, это негативно сказывается на здоровье растений, вызывая стресс и даже ожоги. В 17 ч наблюдается тенденция к падению температуры, особенно если небо начинает затягиваться облаками или в случае сильного ветра. Понижение температуры может быть благоприятным для вечернего роста растений.

Исследованиями установлено, что в защищенном грунте средняя температура воздуха варьировала от +19 до +26 °С, а почвы – от +17 до +25,5 °С в дневные часы в период с мая по август.

Изучена динамика прорастания обработанных биологически активными веществами семян сосны обыкновенной в теплицах на 5-й, 7-й, 10-й, 15-й день. Опыты заложены в 10-кратной повторности.

На 5-й день после посева семян в теплице происходил процесс активного набухания семян и выделения экзогенных фитогормонов, которые способствовали запуску метаболических процессов. С 7-го дня количество проросших семян увеличилось до 30–40%, что свидетельствует об активной стадии метаболизма. Параллельно происходил синтез хлорофилла в семядолях. К 10–15-му дню выращивания лучшие результаты (72–98% проростков) показали всходы семян, обработанных растворами хлорированного (рис. 3) и нитрозированного (рис. 4) лигносульфонатов.

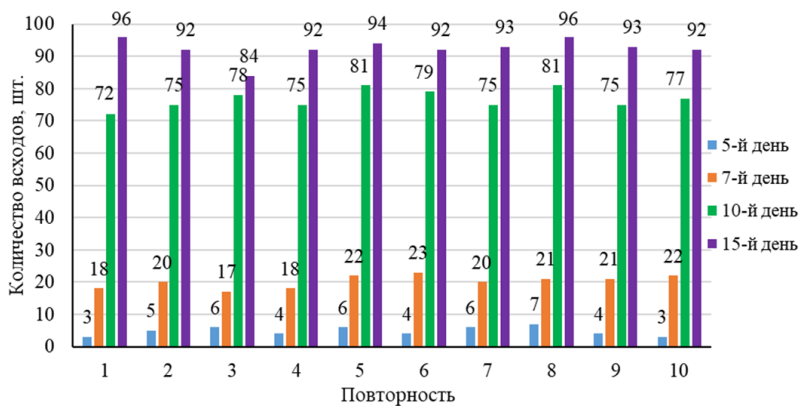


Рис. 3. Динамика прорастания семян сосны обыкновенной, обработанных хлорированным лигносульфонатом

Fig. 3. Dynamics of germination of *Pinus sylvestris* seeds treated with chlorinated lignosulfonate

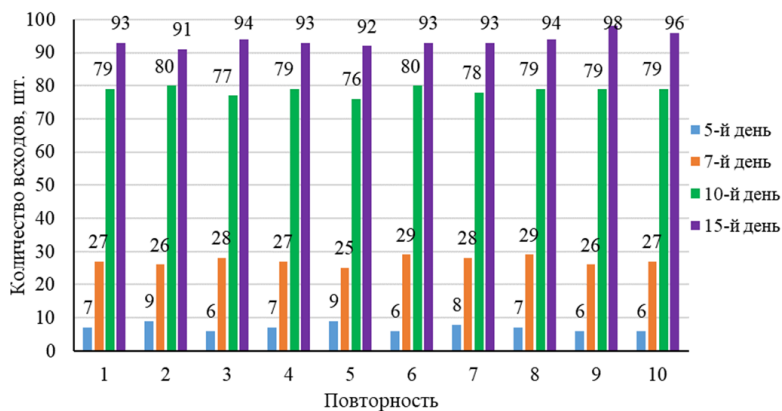


Рис. 4. Динамика прорастания семян сосны обыкновенной, обработанных нитрозированным лигносульфонатом

Fig. 4. Germination dynamics of *Pinus sylvestris* seeds treated with nitrosated lignosulfonate

В этот момент происходило завершение стадии эмбрионального развития и переход к вегетативному росту. Всходы семян, обработанных растворами фильтра от выделения суберина из бересты, конденсата от сушки древесины, пепла вулкана Эйяфьядлайёкюдль, «Мизорина» и «Флавобактерина», на

15-й день после посева по сравнению с контрольным вариантом (рис. 5) преваляют в 1,5 раза. В этот период наблюдалась адаптация семян к условиям закрытого грунта, которая в случае с предварительно замоченными семенами в препаратах проходила с наилучшими результатами, что способствовало положительной динамике их дальнейшего роста и развития.

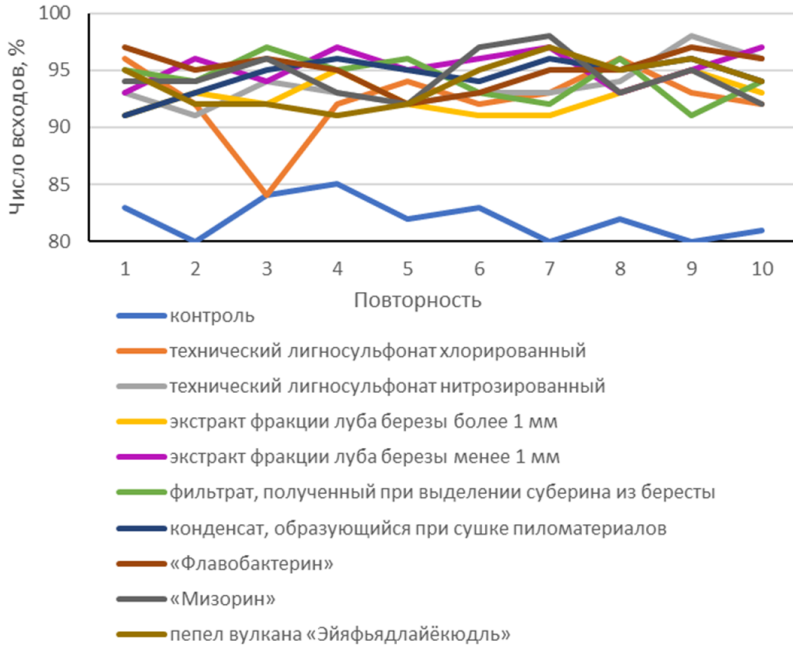


Рис. 5. Динамика прорастания обработанных стимуляторами роста семян сосны обыкновенной (%) по повторностям

Fig. 5. Dynamics of germination of *Pinus sylvestris* seeds treated with growth stimulators (%) by repetition

Исследование влияния различных препаратов на семена сосны обыкновенной имеет большое значение для лесного хозяйства, так как показатели роста растений (табл. 1) служат индикаторами их здоровья и жизнеспособности. Высота сеянцев, диаметр шейки корня, длина корней и их состояние — это ключевые биометрические параметры, позволяющие оценить как адаптацию растений к окружающей среде, так и эффективность применяемых технологий по выращиванию посадочного материала.

Высота сеянцев является одним из основных показателей их роста и развития. Чем выше сеянец, тем лучше его потенциал для фотосинтетической активности, что, в свою очередь, сказывается на общей жизнеспособности растения. Диаметр шейки корня является индикатором устойчивости растения к условиям окружающей среды. Посадочный материал с наибольшим диаметром шейки корня характеризуется лучшей способностью к аккумуляции питательных веществ и воды, что особенно актуально в условиях стресса при пересадке его на лесокультурную площадь, при ином режиме влажности и питания.

Таблица 1

Средние биометрические показатели однолетних сеянцев, выращенных с применением исследуемых веществ

Average biometric indicators of annual seedlings grown with the use of the studied substances

Высота, см	Диаметр шейки корня, мм	Длина корней, см	Масса 100 сеянцев в абсолютно сухом состоянии, г			Выход стандартных сеянцев, %
			наземная часть	корни	всего	
Контроль						
8,1±0,13	1,5±0,30	11,1±0,10	9,0±0,14	9,1±0,50	19,1	40
Лигносульфонат нитрозированный						
12,0±0,15	2,2±0,24	17,1±0,33	14,5±0,33	14,5±0,44	29,0	98
Лигносульфонат хлорированный						
12,3±0,32	2,2±0,30	17,8±0,26	15,1±0,40	15,6±0,11	30,7	99
Экстракт фракции луба березы менее 1 мм						
11,7±0,25	2,2±0,25	17,2±0,34	19,3±0,20	14,3±0,18	29,6	96
Экстракт фракции луба березы более 1 мм						
10,3±0,35	2,2±0,35	13,8±0,22	12,3±0,19	8,8±0,22	18,9	61
Фильтрат от выделения суберина из бересты						
10,9±0,20	2,2±0,34	15,8±0,22	18,2±0,11	10,0±0,30	27,1	65
Конденсат, образующийся при сушке пиломатериалов						
11,8±0,24	2,1±0,27	17,1±0,35	13,7±0,30	13,0±0,21	26,7	96
Флавобактерин						
12,2±0,15	2,2±0,25	17,9±0,26	15,4±0,70	15,6±0,93	31,0	99
Мизорин						
12,2±0,23	2,0±0,31	16,3±0,21	14,3±0,21	16,7±0,77	31,0	99
Пепел вулкана Эйяфьядлайёкюдль						
11,4±0,30	2,2±0,21	15,3±0,32	17,5±0,05	16,5±0,16	34,0	96

Исследования показали, что наибольшая средняя высота ($12,30 \pm 0,32$ см) наблюдается у сеянцев, обработанных раствором хлорированных лигносульфонатов; максимальный средний диаметр ($2,19 \pm 0,25$ мм) и длина корней ($17,90 \pm 0,26$ см) зафиксированы у особей сосны, обработанных «Флавобактерином». Как известно из Правил лесовосстановления¹, в Южно-таежном районе европейской части РФ стандартными сеянцами являются 2-летние растения сосны обыкновенной с высотой стволика не менее 12 см и диаметром у корневой шейки не менее 2,5 мм.

Средняя масса растений является важным индикатором их устойчивости к различным стрессовым факторам, включая конкуренцию с травянистой растительностью. На основании исследований [Родин, 1977; Пигарев и др., 1987] можно сделать вывод, что крупный посадочный материал, обладающий оптимальным соотношением массы корней и надземной части, демонстрирует значительно более высокую выживаемость и устойчивость на вырубках.

Более крупные молодые растения имеют развитую корневую систему, что позволяет им более эффективно извлекать влагу и питательные вещества из почвы. Хорошо сбалансированное соотношение между корнями и надземной частью не только способствует повышению общей биомассы, но и улучшает устойчивость растений к заглушению. В условиях жесткой конкуренции за свет, воду и питательные вещества именно такие растения имеют больше шансов на успешное развитие и адаптацию.

Оптимальное соотношение массы корней к надземной части позволяет сеянцам сосны развивать не только сильные корни, но и хорошо сформированную крону. Это, в свою очередь, улучшает фотосинтетическую активность и общую продуктивность растений. Когда корневая система хорошо развита, растение получает возможность обеспечивать себя необходимыми ресурсами даже в условиях дефицита, что является важным аспектом успешного роста и жизнеспособности.

Таким образом, выбор крупного посадочного материала с правильным соотношением массы корней и надземной части не только способствует укреплению сеянцев в условиях конкуренции, но и повышает их шансы на выживание в сложных экосистемах, таких как вырубки. Это означает, что при планировании лесовосстановительных мероприятий целесообразно

¹ Правила лесовосстановления, состав проекта лесовосстановления, порядок разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений. Утверждены приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 29 декабря 2021 г. № 1024.

делать акцент на отбор тех семян, которые способны продемонстрировать наилучшие результаты в условиях ограниченной среды.

В наших исследованиях наибольшей массой обладают растения, семена которых были обработаны «Флавобактерином», «Мизорином» и пеплом вулкана Эйяфьядлайёкюдль. Применение этих препаратов спровоцировало рост более мощной корневой системы. Также выход стандартных семян повысился до 96–99% при использовании лигносульфонатов, экстрактов фракции луба березы менее 1 мм, растворов конденсата, «Мизорина», «Флавобактерина» и пепла вулкана Эйяфьядлайёкюдль, в то время как на контрольной площади этот показатель составил всего 40%.

При использовании «Мизорина» и «Флавобактерина» можно заметно повысить выживаемость и общее развитие семян сосны. Азотфиксирующие бактерии, обеспечивая растения важными питательными веществами, способствуют не только ускорению роста, но и укреплению их иммунной системы, что делает их более устойчивыми к неблагоприятным условиям – конкуренции, недостатку воды и питательных веществ, а также различным заболеваниям. Это особенно важно в современных условиях, когда изменение климата и антропогенные факторы влияют на состояние экосистем. По этой причине рекомендуется применять «Мизорин» и «Флавобактерин» не только в случае сосны обыкновенной, но и при восстановлении других древесных пород, чтобы повысить общую эффективность лесовосстановительных мероприятий и обеспечить их устойчивость в долгосрочной перспективе.

Препараты «Мизорин» и «Флавобактерин» показали ростостимулирующий эффект на семенах сосны обыкновенной благодаря содержанию в них азотофиксирующих бактерий.

Улучшение всех перечисленных параметров может значительно снизить влияние стресса на семена сосны и повысить их выживаемость. Это также открывает новые возможности для планирования мероприятий по улучшению условий роста, в том числе выбора оптимальных агротехнических приемов и корректировки системы удобрений. Внимание к исследованиям в этой области способствует созданию более устойчивых лесных экосистем, что представляет собой стратегически важную задачу для устойчивого управления лесными ресурсами и охраны окружающей среды.

Заключение. В настоящее время существует огромный спектр различных по происхождению веществ, стимулирующих рост и развитие посадочного материала древесных пород. Всходы семян, обработанных растворами фильтрата от выделения суберина из бересты, конденсата от сушки древе-

сины, пепла вулкана Эйяфьядлайёкюдль, «Мизорина» и «Флавобактерина» на 15-й день после посева по сравнению с контрольным вариантом превалируют в 1,5 раза. В этот период наблюдалась адаптация сеянцев к условиям закрытого грунта, которая в случае с предварительно замоченными в препаратах семенами проходила с наилучшими результатами, что способствовало положительной динамике их дальнейшего роста и развития.

При соблюдении рекомендованных методов использования стимуляторов период выращивания стандартных сеянцев сокращается до одного года и исключается необходимость дорастивания сеянцев в течение двух лет, как требуют нормативные документы, что позволяет существенно снизить затраты на производство посадочного материала. Дополнительный выход стандартных сеянцев с одного гектара может составлять от 10 до 20% (120–240 тыс. шт.). На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что технические лигносульфонаты, экстракт луба березы, фильтрат, полученный при выделении суберина из бересты, «Флавобактерин», «Мизорин», конденсат, образующийся при сушке пиломатериалов, пепел вулкана Эйяфьядлайёкюдль положительно влияют на рост и развитие посадочного материала древесных пород.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Авдошенко А.К. Сезонная ритмика природы г. Вологды (рукопись). Вологда, 1980. 85 с.

Агроклиматические ресурсы Вологодской области. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 185 с.

Антипов Н.П. Климат // Природа Вологодской области. Вологда, 1957. С. 111–135.

Бабич Н.А., Барабин А.И., Тутыгин Г.С. Состояние и проблемы лесовосстановления на Европейском Севере // Сб. науч. тр. Архангельск, 1999. С. 4–12.

Беляев В.В. Состояние и основные направления повышения эффективности лесовосстановления на Европейском Севере России // Вестник Поморского ун-та. 2001. Вып. 2. С. 45–50.

Гордеева Д.В. Эффективность применения стимуляторов роста при выращивании сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. 2023. № 1. С. 188–191. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.3/8.

Дрочкова А.А. Анализ влияния лигносульфонатов на всхожесть и энергию прорастания семян *Pinus sylvestris* L. // Папанинские чтения: ст. уч. междунар. молодеж. науч. конф. Архангельск, 2017. С. 52–55.

Дрочкова А.А. Анализ воздействия конденсата, образующегося при сушке пиломатериалов, на всхожесть и энергию прорастания семян *Pinus sylvestris* L. // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: матер. XVIII Междунар. науч.-тех. конф. Вологда, 2020. С. 31–32.

Дрочкова А.А. Анализ влияния пепла вулкана «Эйяфьядлайёкюдль» на основные показатели качества семян *Pinus sylvestris* L. // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. XLIV Междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2021. С. 137–139.

Егорова А.А., Бабич Н.А. Влияние «Флавобактрина» на всхожесть и энергию прорастания семян сосны обыкновенной // Экологические проблемы Арктики и северных территорий: межвуз. сб. науч. тр. 2012. Вып. 15. С. 89–91.

Иванов В.П. Длительная стимуляция роста как эффект повышения устойчивости сосны обыкновенной под воздействием ПАБК // Лесной журнал. 2001. № 5-6. С. 192–195.

Игаунис Г.А. Выращивание посадочного материала в теплицах с синтетическим покрытием. М.: Лесн. пром-сть, 1974. 236 с.

Климат России. СПб.: Гидрометеиздат, 2001. 654 с.

Мочалов Б.А. Развитие лесопитомнического дела на севере России // Наука – лесному хозяйству Севера. Архангельск, 1999. С. 56-60.

Мочалов Б.А., Синников А.С. Рекомендации по выращиванию посадочного материала хвойных пород в полиэтиленовых теплицах. Архангельск, 1977. 12 с.

Мочалов Б.А., Кресцова В.П., Дранникова В.А., Мочалова Г.А., Чечуева Т.А. Выращивание селекционного улучшенного посадочного материала в теплицах // Материалы отчетной сессии по итогам научно-исследовательских работ за 1990. Архангельск, 1991. С. 16–18.

Острошенко В.Ю., Острошенко Л.Ю. Влияние стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // ИВУЗ. Лесной журнал. 2023. № 4(394). С. 93–104. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-4-93-104.

Пентелькин С.К. Использование безопасных химических средств при выращивании сеянцев сосны // Лесохозяйственная информация. 2000. С. 16–19.

Пентелькин С.К. Итоги изучения стимуляторов роста и полимеров в лесном хозяйстве за последние 20 лет // Лесохозяйственная информация. 2003. № 10. С. 34-53.

Пентелькина Н.В. Проблемы выращивания посадочного материала в лесных питомниках и пути их решения // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2012. № 31. С. 189-193.

Пентелькин С.К., Пентелькина Н.В. Изучение возможности использования новых регуляторов роста при выращивании сеянцев хвойных пород // Совершенствование научного обеспечения лесохозяйственного производства: тез. докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и спец. отрасли. Пушкино, 1990. 93 с.

Пигарев Ф.Т., Беляев В.В., Сунгуров Р.В. Комплексная оценка качества посадочного материала и его применение на Европейском Севере: метод. указания. Архангельск, 1987. 16 с.

Попова Н.Я., Родин А.Р., Шарамко Д.В. Проблемы и перспективы использования регуляторов роста в лесных питомниках // Сб. науч. тр. МЛТИ. 1991. Вып. 245. С 12–16.

Родин А.Р. Культуры ели на вырубках. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 169 с.

Родин А.Р., Попова Н.Я. Перспективы использования экологически чистых препаратов в лесных питомниках // Лесной журнал. 1991 № 6. С. 12–16.

Родин А.Р., Попова Н.Я., Кандыба Е.В. Высокоэффективные препараты для питомников // Лесное хозяйство. №1. 1997. С. 28-30.

Рунова Е.М., Денисенко А.В. Влияние ростогенерирующих препаратов на показатели прорастания семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2024. № 65. С. 125–128.

Синников А.С., Мочалов Б.А., Драчков В.Н. Выращивание сеянцев хвойных пород в полиэтиленовых теплицах. М.: Агропромиздат, 1986. 125 с.

Сунгурова Н.Р., Дрочкова А.А. Биометрические характеристики посадочного материала как тест-показатель успешности культур *Pinus sylvestris* L. // ИВУЗ. Лесной журнал. 2021. № 4. С. 107–116. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-4-107-116.

Сунгурова Н.Р., Дрочкова А.А., Гаевский Н.П., Вольхина Н.В., Бабич Н.А. Конденсат сушки древесины как активатор энергии прорастания и всхожести семян сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. // Лесной вестник. 2022. Т. 26, № 4. С. 39-45. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-4-39-45.

Тюкавина О.Н., Демина Н.А. Биологически активные препараты для стимуляции роста сеянцев хвойных // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2023. № 1(70). С. 122–133. DOI: 10.34655/bgsha.2023.70.1.015.

Barber J.J. Recent advances in planting techniques // Forest Farmer. 1972. Vol. 32. 26 p.

Davis A.S., Jacobs D.F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance // New Forests. 2005. Vol. 30. P. 295–311. DOI: 10.1007/s11056-005-7480-y.

Grossnickle S.C. Why seedlings survive: influence of plant attributes // New Forests. 2012. Vol. 43. P. 711–738. DOI: 10.1007/s11056-012-9336-6.

Grossnickle S.C., MacDonald J.E. Why seedlings grow: influence of plant attributes // New Forests. 2018. Vol. 49. P. 1–34. DOI: 10.1007/s11056-017-9606-4.

Hoffmann F. Untersuchungen zur Stickstoffernährung junger Koniferen // Archiv für Forstwesen. 1966. B. 10. S. 1093-1103.

Louder R. Volcanic ash may be helping vegetation growth. Reykjavik: Grapevine, 2010. 24 p.

Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. Agricultural uses of plant biostimulants // Plant and Soil. 2014. Vol. 383, iss. 1-2. P. 3–41. DOI: 10.1007/s11104-014-2131-8.

Rikala R. Seedling production for reforestation // Forest regeneration in the Northern Parts of Europe: proceeding of the Finnish-Russian Forest Regeneration Seminar. Vuokatti, 2000. P. 127-140.

Salaš P., Sasková H., Mokričková J., Litschmann T. Evaluation of Different Types of Rooting Stimulators // *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2013. Vol. 60, no. 8. P. 217–228. DOI: 10.11118/actaun201260080217.

Shchukin R.A., Bogdanov O.E., Zavaloka I.P., Ryazanov G.S., Kruglov N.M. Biotechnological Basis for Application of Growth Regulators for Rooting of Green Cuttings of Trees and Shrubs in a Greenhouse with a Misting System // *BIO Web of Conferences*. 2020. Vol. 23. Art. no. 01009. DOI: 10.1051/bioconf/20202301009.

References

Agro-climatic resources of the Vologda region. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1972. 185 p. (In Russ.)

Antipov N.P. Climate. *Nature of the Vologda region*. Vologda, 1957, pp. 111–135. (In Russ.)

Avdoshenko A.K. Seasonal rhythmicity of Vologda nature: manuscript. Vologda, 1980. 85 p. (In Russ.)

Babich N.A., Barabin A.I., Tutygin G.S. The state and problems of reforestation in the European North. *Collection of scientific papers*. Arkhangelsk, 1999, pp. 4–12. (In Russ.)

Barber J.J. Recent advances in planting techniques. *Forest Farmer*, 1972, vol. 32, 26 p.

Belyaev V.V. The state and main directions of increasing the efficiency of reforestation in the European North of Russia. *Bulletin of the Pomor University*, 2001, iss. 2, pp. 45–50. (In Russ.)

Calvo P., Nelson L., Klopper J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 2014, vol. 383, iss. 1–2, pp. 3–41. DOI: 10.1007/s11104-014-2131-8.

Climate of Russia. St. Petersburg: Hydrometeoizdat, 2001. 654 p. (In Russ.)

Davis A.S., Jacobs D.F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. *New Forests*, 2005, vol. 30, pp. 295–311. DOI: 10.1007/s11056-005-7480-y.

Drochkova A.A. Analysis of the effect of lignosulfonates on germination and germination energy of *Pinus sylvestris* L. seeds. *Papanin readings: articles by participants of the int. youth sci. conf.* Arkhangelsk, 2017, pp. 52–55. (In Russ.)

Drochkova A.A. Analysis of the effects of condensate formed during the drying of lumber on the germination and germination energy of *Pinus sylvestris* L. seeds. *Actual problems of the development of the forest complex: proceedings of the XVIII int. sci.-tech. conf.* Vologda, 2020, pp. 31–32. (In Russ.)

Drochkova A.A. Analysis of the influence of the ash of the Eyjafjallajökull volcano on the main quality indicators of *Pinus sylvestris* L. seeds. *Fundamental and applied scientific research: current issues, achievements and innovations: collection of articles of the XLIV int. sci.-pract. conf.* Penza, 2021, pp. 137–139. (In Russ.)

Egorova A.A., Babich N.A. The effect of Flavobacterin on germination and germination energy of pine seeds. *Ecological problems of the Arctic and Northern*

territories: an interuniversity collection of scientific papers, 2012, iss. 15, pp. 89–91. (In Russ.)

Gordeeva D.V. The effectiveness of growth stimulants in the cultivation of seedlings of Scots pine with a closed root system. *Engineering personnel is the future of Russia's innovative economy*, 2023, no. 1, pp. 188–191. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.3/8. (In Russ.)

Grossnickle S.C. Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests*, 2012, vol. 43, pp. 711–738. DOI: 10.1007/s11056-012-9336-6.

Grossnickle S.C., MacDonald J.E. Why seedlings grow: influence of plant attributes. *New Forests*, 2018, vol. 49, pp. 1–34. DOI: 10.1007/s11056-017-9606-4.

Hoffmann F. Untersuchungen zur Stickstoffernährung junger Koniferen. *Archiv für Forstwesen*, 1966, b. 10, ss. 1093–1103.

Igaunis G.A. Cultivation of planting material in greenhouses with synthetic coating. Moscow: Lesn. prom-st', 1974. 236 p. (In Russ.)

Ivanov V.P. Long-term growth stimulation as an effect of increasing the stability of Scots pine under the influence of PABA. *Russian forestry journal*, 2001, no. 5-6, pp. 192–195. (In Russ.)

Louder R. Volcanic ash may be helping vegetation growth. Reykjavik: Grapevine, 2010. 24 p.

Mochalov B.A. Development of forestry in the north of Russia. *Science – to the forestry of the North*. Arkhangelsk, 1999, pp. 56–60. (In Russ.)

Mochalov B.A., Sinnikov A.C. Recommendations for the cultivation of coniferous planting material in polyethylene greenhouses. Arkhangelsk, 1977. 12 p. (In Russ.)

Mochalov B.A., Krestsova V.P., Drannikova V.A., Mochalova G.A., Chechueva T.A. Cultivation of breeding improved planting material in greenhouses. *Materials of the reporting session on the results of scientific research for 1990*. Arkhangelsk, 1991, pp. 16–18. (In Russ.)

Ostroshenko V.Yu., Ostroshenko L.Yu. The effect of stimulants on seed germination and the growth of seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *BHEI. Russian forestry journal*, 2023, no. 4(394), pp. 93–104. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-4-93-104. (In Russ.)

Pentelkin S.K. The use of safe chemicals in the cultivation of pine seedlings. *Forestry information*, 2000, pp. 16–19. (In Russ.)

Pentelkin S.K. Results of the study of growth stimulators and polymers in forestry over the past 20 years. *Forestry information*, 2003, no. 10, pp. 34–53. (In Russ.)

Pentelkina N.V. Problems of growing planting material in forest nurseries and ways to solve them. *Actual problems of the forest complex*, 2012, no. 31, pp. 189–193. (In Russ.)

Pentelkin S.K., Pentelkina N.V. Studying the possibility of using new growth regulators in the cultivation of coniferous seedlings. *Improving scientific support for forestry production*: tez. dokl. the All-Union sci.-pract. conf. of young scientists, graduate students and specialists of the branch. Pushkino, 1990, 93 p. (In Russ.)

Pigarev F.T., Belyaev V.V., Sungurov R.V. Comprehensive assessment of the quality of planting material and its application in the European North: method. guidelines. Arkhangelsk, 1987. 16 p. (In Russ.)

Popova N.Ya., Rodin A.R., Sharamko D.V. Problems and prospects of using growth regulators in forest nurseries. *Collection of sci. works of MLTI*, 1991, iss. 245, pp. 12-16. (In Russ.)

Rikala R. Seedling production for reforestation. *Forest regeneration in the Northern Parts of Europe: proceedings of the Finnish-Russian Forest Regeneration Seminar*. Vuokatti, 2000, pp. 127-140.

Rodin A.R. Spruce crops in logging areas. Moscow: Lesn. pro-'st, 1977. 169 p. (In Russ.)

Rodin A.R., Popova N.Ya. Prospects of using environmentally friendly preparations in forest nurseries. *Russian forestry journal*, 1991, no. 6, pp. 12-16. (In Russ.)

Rodin A.R., Popova N.Ya., Kandyba E.V. Highly effective preparations for nurseries. *Forestry*, 1997, no. 1, pp. 28-30. (In Russ.)

Runova E.M., Denisenko A.V. The effect of growth-generating drugs on the germination of seeds of the common pine (*Pinus sylvestris* L.). *Actual problems of the forest complex*, 2024, no. 65, pp. 125-128. (In Russ.)

Salaš P., Sasková H., Mokříčková J., Litschmann T. Evaluation of Different Types of Rooting Stimulators. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 2013, vol. 60, no. 8, pp. 217-228. DOI: 10.11118/actaun201260080217.

Shchukin R.A., Bogdanov O.E., Zavaloka I.P., Ryazanov G.S., Kruglov N.M. Biotechnological Basis for Application of Growth Regulators for Rooting of Green Cuttings of Trees and Shrubs in a Greenhouse with a Misting System. *BIO Web of Conferences*, 2020, vol. 23, art. no. 01009. DOI: 10.1051/bioconf/20202301009.

Sinnikov A.S., Mochalov B.A., Drachkov V.N. Cultivation of coniferous seedlings in polyethylene greenhouses. Moscow: Agropromizdat, 1986. 125 p. (In Russ.)

Sungurova N.R., Drochkova A.A. Biometric characteristics of planting material as a test indicator of the success of *Pinus sylvestris* L. crops. *BHEI. Russian forestry journal*, 2021, no. 4, pp. 107–116. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-4-107-116. (In Russ.)

Sungurova N.R., Drochkova A.A., Gayevsky N.P., Volykhina N.V., Babich N.A. Wood drying condensate as an activator of germination and germination energy of *Pinus sylvestris* L. pine seeds. *Lesnoy vestnik*, 2022, vol. 26, no. 4, pp. 39–45. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-4-39-45. (In Russ.)

Tyukavina O.N., Demina N.A. Biologically active preparations for stimulating the growth of coniferous seedlings. *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov*, 2023, no. 1(70), pp. 122–133. DOI: 10.34655/bgsha.2023.70.1.015. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 06.02.2025

Сунгурова Н.Р., Дрочкова А.А., Макаров С.С., Страздаускас С.Е. Применение экологически безопасных препаратов для стимуляции роста и развития семян *Pinus sylvestris* L. // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2026. Вып. 257. С. 64–83. DOI: 10.21266/2079-4304.2026.257.64-83

Исследование влияния стимуляторов роста на качество посадочного материала для целей лесовосстановления имеет важное значение в практическом аспекте. Ростостимулирующие препараты способствуют ускорению процессов, связанных с ростом и развитием растений, а также улучшению их адаптации к факторам внешней среды. Исследования проводились в защищенном грунте питомника Вологодского селекционно-семеноводческого лесохозяйственного центра, расположенного в г. Кадников Вологодской области. В качестве стимуляторов всхожести семян и активации роста семян *Pinus sylvestris* использовались технические лигносульфонаты (хлорированный и нитрозированный) 10%-й концентрации; экстракт луба березы (фракция менее 1 мм и фракция более 1 мм) концентрацией 1:10000; фильтрат, полученный при выделении суберина из бересты, концентрацией 1:10000; «Флавобактерин»; «Мизорин»; конденсат, образующийся при сушке пиломатериалов; пепел вулкана Эйяфьядлайёкюдль. Установлено, что к 10–15-му дню выращивания лучшие результаты показали всходы семян, обработанных растворами хлорированного и нитрозированного лигносульфонатов – 70–94% проростков. Всходы семян, обработанных растворами фильтрата от выделения суберина из бересты, конденсата от сушки древесины, пепла вулкана Эйяфьядлайёкюдль, «Мизорина» и «Флавобактерина» на 15-й день после посева по сравнению с контрольным вариантом превалируют в 1,5 раза. Отмечено, что наибольшая средняя высота ($12,30 \pm 0,32$ см) наблюдается у семян, обработанных раствором хлорированных лигносульфонатов; максимальный средний диаметр ($2,19 \pm 0,25$ мм) и длина корней ($17,90 \pm 0,26$ см) зафиксированы у особой сосны, обработанных «Флавобактерином». Выявлено, что выход стандартных семян повысился до 96-99% при использовании лигносульфонатов, экстрактов фракции луба березы менее 1 мм, растворов конденсата, «Мизорина», «Флавобактерина» и пепла вулкана Эйяфьядлайёкюдль, в то время как на контрольной площади этот показатель составил всего 40%. При соблюдении рекомендованных методов использования стимуляторов исключается необходимость доращивания семян, что позволяет существенно снизить затраты на производство посадочного материала.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, семена, сеянцы, ростостимулирующие препараты, защищенный грунт.

Sungurova N.R., Drochkova A.A., Makarov S.S., Strazdauskas S.E. The use of environmentally friendly preparations to stimulate the growth and development of *Pinus sylvestris* L. seedlings. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoy Akademii*, 2026, iss. 257, pp. 64–83 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2026.257.64-83

The study of the effect of growth stimulants on the quality of planting material for reforestation purposes has great practical importance. Growth-stimulating drugs help accelerate the processes associated with the growth and development of plants, as well as improve their adaptation to environmental factors. The research was carried out in the protected soil of the Vologda Breeding and Seed Forestry Center nursery, located in Kadnikov, Vologda region. As stimulators of seed germination and activation of seedlings of *Pinus sylvestris* L. technical lignosulfonates (chlorinated and nitrosated) of 10% concentration; birch bark extract (fraction less than 1 mm and fraction more than 1 mm) with a concentration of 1:10000; filtrate obtained by separating suberin from birch bark with a concentration of 1:10000; “Flavobacterin”; “Mizorin”; condensate formed during drying of lumber; the ashes of Ejjafyadlajyokyudl volcano were used. It was found that by 10-15th day of cultivation, the best results were shown by seedlings of seeds treated with chlorinated and nitrosated lignosulfonate solutions (70-94% of seedlings). Seedlings of seeds treated with filtrate solutions from the release of suberin from birch bark, condensate from drying wood, ash from the Ejjafyadlajyokyudl volcano, “Mizorin” and “Flavobacterin” prevail 1.5 times on the 15th day after sowing compared with the control variant. It was noted that the highest average height (12.30 ± 0.32 cm) was observed in seedlings treated with a solution of chlorinated lignosulfonates; the maximum average diameter (2.19 ± 0.25 mm) and root length (17.90 ± 0.26 cm) were recorded in pine specimens treated with “Flavobacterin”. It was found that the yield of standard seedlings increased to 96–99% with the use of lignosulfonates, extracts of birch bark fraction less than 1 mm, condensate solutions, “Mizorin”, “Flavobacterin” and ash from the Ejjafyadlajyokyudl volcano, while in the control area, this figure was only 40%. If the recommended methods of using stimulants are followed, the need for seedling growth is eliminated, which significantly reduces the cost of planting material production.

Key words: *Pinus sylvestris* L., seeds, seedlings, growth-stimulating drugs, protected soil.

СУНГУРОВА Наталья Рудольфовна – профессор кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, доктор сельскохозяйственных наук, доцент. ResearcherID: H-1847-2019. ORCID: 0000-0002-8464-4596.

163002, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: n.sungurova@narfu.ru

SUNGUROVA Natalya R. – DSc (Agricultural), Professor, Department of Landscape Architecture and Artificial Forests, Northern (Arctic) Federal University, Associate Professor. ResearcherID: H-1847-2019. ORCID: 0000-0002-8464-4596.

163002. Northern Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: n.sungurova@narfu.ru

ДРОЧКОВА Анна Алексеевна – аспирант кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов Высшей школы естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова. ResearcherID: H-1869-2019. ORCID: 0000-0003-3503-5767.

163002, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: annadrochkova@gmail.com

DROCHKOVA Anna A. – PhD student, Department of Landscape Architecture and Artificial Forests, Higher School of Natural Sciences and Technologies, Northern (Arctic) Federal University. ResearcherID: H-1869-2019. ORCID: 0000-0003-3503-5767.

163002. Northern Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: annadrochkova@gmail.com

МАКАРОВ Сергей Сергеевич – заведующий кафедрой декоративного садоводства и газоноведения Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева, доктор сельскохозяйственных наук. ResearcherID: AAK-9829-2021. ORCID: 0000-0003-0564-8888.

127550, ул. Тимирязевская, д. 49, г. Москва, Россия.

MAKAROV Sergey S. – DSC (Agricultural), Head of the Department of Decorative Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. ResearcherID: AAK-9829-2021. ORCID: 0000-0003-0564-8888.

127550. Timiryazevskaya str. 49. Moscow. Russia.

СТРАЗДАУСКАС Сергей Евгеньевич – аспирант кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов Высшей школы естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова.

163002, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: strazdauskassergey@yandex.ru

STRAZDAUSKAS Sergey E. – PhD student, Department of Landscape Architecture and Artificial Forests, Higher School of Natural Sciences and Technologies, Northern (Arctic) Federal University.

163002. Northern Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: strazdauskassergey@yandex.ru