

ПРАКТИКА ПОВЫШЕНИЯ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) И ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ (*PICEA ABIES* L.)

О.Н. Тюкавина^{1, 2✉}, Н.А. Демина¹

¹ФБУ «СевНИИЛХ», Россия, 163062, г. Архангельск, ул. Никитова, д. 13

²ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ), Россия, 163002, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, д. 17

o.tukavina@narfu.ru

Показана недостаточная эффективность лесовосстановления в Российской Федерации, названы ее основные причины: нехватка и высокая стоимость посадочного материала. Проанализированы приемы предпосевной обработки семян в целях повышения энергии прорастания и всхожести. Проведен обзор литературных источников, позволивший оценить эффективность применения регуляторов роста растений при замачивании семян для повышения их посевных качеств и повышения устойчивости всходов к неблагоприятным факторам. Установлено, что замачивание семян не требует больших усилий и признано наиболее простым способом их обработки. Выполнен обзор регуляторов роста растений для обработки семян из «Государственного каталога пестицидов и агрохимикатов», показавший, что препараты в основном разработаны для стимуляции прорастания семян сельскохозяйственных растений и плодово-ягодных культур. На основании обзора проводимых исследований установлен перечень эффективных препаратов для обработки семян сосны обыкновенной. Назван перспективный способ воздействия на прорастание семян и повышение устойчивости формирующихся растений к неблагоприятным факторам с помощью растительного сырья в виде отходов лесозаготовок, частей старящихся и деревьев, опада, травянистой растительности, в том числе сорняков. Рассмотрены химические, биологические, физиологические способы и методы повышения посевных качеств семян, показавшие свою эффективность. В качестве основных принципов выбора способа обработки семян рекомендуются доступность, экономическая целесообразность и высокая эффективность как препаратов, так и приборов.

Ключевые слова: семена сосны и ели, предпосевная обработка, энергия прорастания, всхожесть, регулятор роста, растительное сырье, эффективная концентрация препарата

Ссылка для цитирования: Тюкавина О.Н., Демина Н.А. Практика повышения посевных качеств семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели европейской (*Picea abies* L.) // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 6. С. 75–91. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-6-75-91

Качественное восстановление лесов лежит в основе эффективного лесопользования [1]. К проблемам, сдерживающим развитие лесного комплекса Российской Федерации, относится недостаточная эффективность лесовосстановления [2]. Согласно федеральному проекту «Сохранение лесов» [3] к 2024 г. отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений должно составить 100 %, в частности, за счет увеличения площади искусственного лесовосстановления, с помощью повышения качества и эффективности работ по лесовосстановлению. Согласно Правилам лесовосстановления [4], не менее 20 % площадей искусственного и комбинированного лесовосстановления до 2025 г. выполняется посадкой сеянцев и саженцев с закрытой корневой системой с последующим увеличением их доли. Следовательно, основой искусственного лесовосстановления считается посадочный материал с открытой корневой системой.

Потребности лесного хозяйства в посадочном и посевном материале возрастают из года в год [5]. Проблема качества и эффективности работ по искусственному лесовосстановлению обусловлена высокой стоимостью и дефицитом качественного посадочного материала [6]. Успешность искусственного лесовосстановления зависит от наличия семян, адаптированных к местным условиям ландшафтной среды [7]. Для выращивания посадочного материала следует использовать районированные семена древесных пород с лучшими наследственными свойствами. Снижение объемов заготовки семян основных лесобразующих пород обостряет проблему получения необходимого объема посадочного материала [5]. Однако нехватка посадочного материала вынуждает лесозаготовителей закупать его в соседних регионах. Поэтому актуальны разработка и внедрение современных экологически ориентированных приемов, обеспечивающих повышение выхода посадочного материала при снижении затрат на его выращивание [6].

Семена, используемые для посева и выращивания посадочного материала в питомниках, должны обладать высокими посевными качествами. Качество семян определяется не только селекционно-генетическими, но и посевными свойствами, которые зависят от предпосевной обработки [5].

Урожайные на семена годы наблюдаются каждые 5–7 лет [8, 9]. Для сосны в европейской части России при этом периодичность урожая составляет 4–5 лет, ели — 3–4 года [10]. Продолжительное хранение семян могут сопровождать окислительные процессы и накопление токсичных метаболитов, которые снижают их посевные качества [11–13]. Специалисты лесного хозяйства часто сталкиваются с проблемой низкой грунтовой всхожести семян хвойных [14]. Семена сосны и ели сохраняют жизнеспособность до 5–6 лет [15], однако колебания влажности и температуры воздуха при их хранении снижают всхожесть семян сосны до 50 %, 20...25 % семян первого класса переходят во второй; 15...20 % второго класса — в третий [16]. При оптимальных условиях хранения всхожесть снижается на 20 % на 3–4-й год хранения [17]. Низкая всхожесть семян хвойных вынуждает завышать нормы высева, что обуславливает неэффективное использование ресурса. Поэтому одной из актуальных задач современного лесного хозяйства является поиск методов повышения посевных качеств семян [6, 18–21].

Анализ отечественного и мирового опыта предпосевной обработки семян позволяет выделить наиболее эффективные и доступные методы и способы подготовки семян к посеву для интенсификации выращивания сеянцев хвойных пород в открытом грунте лесных питомников. В задачи исследования входил поиск информации, анализ, выделение ключевых моментов с ориентировкой на применение к лесным питомникам таежной зоны.

Цель работы

Цель работы — изучение и анализ отечественного и зарубежного опыта исследований по стимуляции прорастания и повышению всхожести семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели европейской (*Picea abies* L.).

Материалы и методы

Для получения научных результатов были использованы международные библиографические и реферативные базы данных. Обзор публикаций выполнен за 70-летний период (с 1952 по 2021 гг.). Внимание было сосредоточено на современных литературных источниках, работах, непосредственно посвященных вопросам предпосевной обработки семян.

Были также использованы поисковые запросы по терминам «семена», «всхожесть», «энергия прорастания», «регуляторы роста», «протравители», «seedling», «forest», «nursery». Кроме того, выполнен анализ имеющегося опыта стимуляции прорастания семян ели европейской (*Picea abies* L.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

Результаты и обсуждение

Посевные качества семян повышаются с увеличением их размера и массы [22–28]. Сортировку семян хвойных можно проводить с помощью решет с отверстиями различного диаметра, с использованием пневмосепаратора лесных семян ПЛС-5М по массе [28]. Жизнеспособные семена отделяют от пустых, нежизнеспособных, поврежденных и мусора с помощью водной сепарации установкой Prevac [29]. Средняя масса 1000 шт. семян по северной подзоне составляет $5,11 \pm 0,03$ г, по средней подзоне — $5,50 \pm 0,03$ г [30]. Сортировка семян способом флотации позволяет отделить большую часть пустых семян от полных, что приводит к повышению их всхожести [31–34].

Снегование — наиболее эффективный способ предпосевной подготовки для семян сосны и ели [15, 29, 35–37]. Данная процедура активизирует ферменты, способствующие повышению устойчивости семян к высоким и низким температурам. В частности, при температуре $+10$ °C такие семена прорастают быстрее и энергия прорастания их выше [38]. Кроме того, снегование позволяет снизить норму высева на 20...25 % [39]. Рекомендована следующая последовательность процессов [35, 40–42]:

- замачивание семян в снеговой воде комнатной температуры на 18 ч;
- снегование семян за 1–2 мес. до посева путем раскладки семян в полотняных мешочках в уплотненный снег слоем не более 2–3 см;
- обработка подверженных снегованию семян стимуляторами роста;
- протравливание семян фунгицидами.

К тому же снегование способствует формированию более мочковатой корневой системы у сеянцев [43].

От снегования семян позволяет отказаться барботация, поскольку она снижает зараженность семян. Длительность барботации для семян сосны и ели составляет 6–8 ч. Для подавления грибной инфекции барботацию семян следует проводить в 0,5%-м растворе перманганата калия (5 г/л) [29]. Барботация (воздействие на семена кислорода в водной среде) позволяет повысить всхожесть семян на 10–15 (20) %, а также в 2 раза снизить продолжительность прорастания живых семян [44]. Снегование и барботирование

увеличивают грунтовую всхожесть семян сосны обыкновенной и ели европейской на 20...28 %, а также заметно увеличивают энергию прорастания [45, 46].

Лучшими препаратами для предпосевного протравливания семян сосны и ели, включенными в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации», оказались следующие:

- Фундазол, Дезорал (6 г на 1 кг семян) [44, 45];
- Фундазол (4–6 г на 1 кг семян) [15, 36, 47];
- Винцит Форте (50 мл/л) [48];
- Винцит Форте + Циркон [49];
- Виал-ТТ (0,5 мл/кг) [50];
- Витарос (3 мл/кг) [50];
- Иншур Перформ (0,5 мл/кг) [50];
- Раксил (0,5 мл/кг) [50];
- ТМТД (4–6 г на 1 кг семян) [15, 47];
- Беномил (4–6 г на 1 кг семян) [15, 47].

Для предотвращения заболевания всходов фузариозом целесообразно протравливание семян путем намачивания их в 0,5%-м растворе перманганата калия в течение 2 ч [35]. Замачивание семян хвойных в растворах фунгицидов предпочтительнее, чем сухое протравливание [44, 45].

Одним из направлений повышения посевных качеств семян является обработка регуляторами роста растений. Согласно Н.А. Коновалову [51], предпосевная обработка семян хвойных биологически активными веществами позволяет увеличить их всхожесть в 4–5 раз. Однако стимуляторы могут не только повышать посевные качества семян, но и обеспечивать устойчивость всходов к неблагоприятным факторам [20, 52, 53]. Замачивание семян не требует больших усилий и является наиболее простым способом обработки [54]. Причем даже замачивание семян хвойных в обычной воде увеличивает энергию прорастания [55]. Чаще это предшествующая другим способам обработки семян процедура. На одну единицу семян по объему берут две–три части воды [15]. Замачивают семена в чистой воде в течение 18 ч при комнатной температуре [35].

Прорастание семян обусловлено представлением и соотношением абсцизовой кислоты (АБК) и гиббереллиновой кислоты (ГК) в них [56–59]. Обработка семян гиббереллинами способствует повышению всхожести семян сосны и ели на 15...35 % [60–64]. Согласно В.И. Мелехову, Н.А. Бабичу, О.П. Лебедевой, Т.В. Тюриковой, Н.Н. Васильевой [65], недостатком гиббереллина является высокая стоимость, неустойчивость и быстрое разрушение в кислой или щелочной среде. Авторами [65] предложено для замачивания семян на 24 ч использовать конденсат сушильного агента, образующегося при сушке древесных

сортиментов в сушильной камере. В этом случае абсолютная всхожесть семян (в процентах к контролю) превышает замачивание в растворе гиббереллина на 3...15 %, а энергия прорастания семян (в процентах к контролю) — на 6...22 % [65]. Влияют на прорастание семян следующие вещества:

- нафтенная кислота [66];
- этилен [67];
- водные растворы гибберелина, гетероауксина, янтарной и аспарагиновой кислот (в концентрации 0,01...0,001 %) [40];
- 0,5%-й раствор шавелевой кислоты [68];
- Экосил Плюс, Экосил Микс [48];
- Фитозонт [69]; Хитозан [68];
- Флорентинная еловая вода [70];
- Стимпо [71];
- Силиплант [49];
- Лариксин, Фитоспектр [72];
- СИЛК [73];
- Фитобактерин [74];
- Парааминобензойная кислота [36, 60, 75];
- ЭкоФус [76].

Однако в питомниках следует использовать препараты, стимулирующие рост растений, из перечня разрешенных на территории Российской Федерации. Перечень разрешенных к применению препаратов на территории РФ ежегодно обновляется [77]. Для стимуляции прорастания семян предложено 53 препарата, из них только Рибав-Экстра и Циркон рекомендуются для обработки семян и стимуляции роста хвойных. Остальные препараты разработаны для стимуляции прорастания семян сельскохозяйственных растений и плодово-ягодных культур. Проводятся исследования по подбору и установлению оптимальных концентраций препаратов из перечня для обработки семян хвойных растений (табл. 1).

Из 53 препаратов, рекомендованных для обработки семян, только по 14 препаратам проведены исследования их влияния на семена хвойных, 39 препаратов в этом аспекте не апробированы.

Эффективные концентрации по апробированным препаратам приведены в табл. 2.

Таким образом, сформирован перечень эффективных препаратов для обработки семян сосны обыкновенной: Агат-25К ($1 \cdot 10^{-2}$ %, $1 \cdot 10^{-3}$ %), Вэрва-ель (0,025 мл/10 мл), Крезацин (1 мл/3 л – 1 мл/5 л), Новосил (2 кап./1 л), ОбергЪ (7 кап./500 мл), Рибав-Экстра (1 мл/4 л – 1 мл/5 л), Циркон (1 мл/5 л – 1 мл/6 л), Экогель экстра (20 мл/л), Экопин (1 мл/3 л – 1 мл/5 л), Эмистим-С (2 мл/л), Эпин-Экстра ($1 \cdot 10^{-2}$ %); для ели: Гетероауксин (4 г/л), Гумат (0,01 %), Экогель экстра (30 мл/л). Согласно авторам работ [69, 83], Эпин-Экстра не оказывает положительного влияния на всхожесть семян сосны обыкновенной.

Регуляторы роста растений для обработки семян [77]

Plant growth regulators for seed treatment [77]

Препарат (класс опасности)	Действующее вещество	Литературный источник
Агростимулин (4)	2,6-диметилпиридин-N-оксид + продукты метаболизма симбионтного гриба <i>Cylindrocarpon magnusianum</i>	–
Витазим (3В)	1-триаконтанол + 24-эпибрассинолид	–
Фуrolан (3)	2-(1,3-диоксоланил-2)-фуран	–
Агат-25 Супер (4)	3-индолилуксусная кислота + α -аланин + α -глутаминовая кислота	[73, 78]
Стимулэйт (4)	6-фурфуроламинопуридин + гиббереллиновая кислота А3 + + 4(индол-3ил) масляная кислота	–
Эпин-Экстра (3В)	24-эпибрассинолид	[21, 69, 79–83]
Эпиво Вигор (4)	28-гомобрассинолид + долихолид + брассинон	–
Эмистим (3В)	<i>Acremonium lichenicola</i> симбионтного гриба продукты метаболизма	[84]
Рибав-Экстра (4)	L-аланин + L-глутаминовая кислота	[21, 69, 83]
Цитодеф-100 (3)	N-(1,2,4-триазол-4-ил)-N'-фенилмочевины)	–
Рестарт (4)	<i>Rhodococcus erythropolis</i> штамм ОР1-01	–
ОберегЪ (3)	Арахидоновая кислота	[20]
Биодукс (4)	То же	–
Проросток (3В)	«←»	–
Гибберелон (3)	Гиббереллиновых кислот натриевые соли	–
Циркон (3В)	Гидроксикоричная кислота	[21, 49, 69, 71–73, 78, 81–83, 85–88]
Бигус (4)	Гуминовых кислот калиевые соли	–
ГуматАктив (3)	Гуминовых кислот калиевые соли + фульвокислоты	–
БиоЛарикс (3В)	Дитерпеновые спирты и углеводороды + дигидрокверцетин	–
ЭкоЛарикс (3В)	Дигидрокверцетин	–
АгроСтимул (3В)	То же	–
Лариксифол (3)	«←»	–
Имидор Про (3)	Имидаклоприд	–
Зеребра Агро (4)	Коллоидное серебро + полигексаметиленбигуанид гидрохлорид	–
Плантарел (3)	То же	–
Б-360 (4)	Липо-хитоолигосахариды	–
Экогель экстра (3)	То же	[20]
Мелафен (4)	Меламиновая соль бис (оксиметил) фосфиновой кислоты	–
Крезолан (4)	Ортокрезоксиуксусной кислоты триэтаноламмониевая соль	–
Крезацин (4)	То же	[21, 69, 73, 78, 89]
Крептон (3)	«←»	–
Мивал-Агро (4)	Ортокрезоксиуксусной кислоты триэтаноламмониевая соль + + 1-хлорметилсилатран	–
Энергия-М (3)	То же	–
Атоник Плюс (3В)	Пара-нитрофенолят натрия + орто-нитрофенолят натрия + 5-нитрогвая- колят натрия	–
Вигор Форте (4)	Ортокрезоксиуксусной кислоты триэтаноламмониевая соль + магний азотнокислый + калий азотнокислый + монокалийфосфат + хелат железа + хелат марганца + хелат цинка + хелат меди + кислота борная + + аммоний молибденовокислый	–
Карбонадо (3)	Поли-бета-гидроксимасляная кислота	–
Альбит (4)	Поли-бета-гидроксимасляная кислота + магний сернокислый + + калий фосфорнокислый + калий азотнокислый + карбамид	[72]
Экопин (4)	Поли-бета-гидроксимасляная кислота + магний сернокислый + + калий фосфорнокислый + калий азотнокислый + карбамид	[21, 69]
ВЛ 77 (4)	Полиэтиленоксиды + гуминовые кислоты натриевых солей	–
Нертус ПланетаПег (4)	Полиэтиленгликоль-1500 + полиэтиленгликоль-400 + + гуминовые кислоты (калиевые соли)	–
ЭкстраКор (4)	Проантоцианидины + параоксibenзойные кислоты + дигидрокверцетин	–
Артафит (3В)	Полидиаллилдиметиламмоний хлорид	–

Окончание табл. 1

Препарат (класс опасности)	Действующее вещество	Литературный источник
Матрица Роста	То же	–
Мицефит (4)	Продукты метаболизма эндофитного гриба <i>Mycelium radices</i> var. <i>Ledum</i> , штамм НЖ-13	–
Круйзер (2)	Тиаметоксам	–
Новосил (3В)	Тритерпеновые кислоты	[20]
Вэрва (3В)	То же	[90]
Альфастим (3В)	«→»	–
Биосил (3В)	«→»	–
Биотран (3)	Триэтаноламмониевая соль ортокрезоксиуксусной кислоты + хлорметилсилатран	–
Вэрва-ель (3В)	Флавоноиды ели	[90]
Янтарная кислота (3)	Янтарная кислота	[40, 60]
Биоагро-РР	<i>Pseudomonas fluorescens</i> 1-Б	–
Силацин (3)	Хлорметилсилатран	–

Т а б л и ц а 2

Эффективность препарата при повышении посевных качеств семян сосны обыкновенной (С) и ели европейской (Е)
The preparation efficiency in improving the sowing qualities of Scots pine (C) and Norway spruce (E) seeds

Препарат	Эффективная концентрация	Экспозиция, ч	Энергия прорастания (контроль), %	Всхожесть (контроль), %	Литературный источник
Эмистим-С	С, Е: 2 мл/л	10	–	С: 94, Е: 67	[84]
Эпин-Экстра	С: 0,001 %	12	74 (64)	81 (72)	[81]
	С: 0,0075...0,005 %	24	–	–	[80]
	С: $1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$	20	71 (67,8)	83 (78,3)	[91]
	С: $1 \cdot 10^{-2}$ %	20	86 (65)	93 (77)	[82]
	С: $1 \cdot 10^{-3}$ %	20	81 (65)	89(77)	[82]
	С: $1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$ %	20	76 (65)	91 (77)	[82]
	С: $5 \cdot 10^{-4}$ мл/мл	2	94 (92)	95 (95)	[83]
	С: $1 \cdot 3 \cdot 10^{-3}$ мл/л	20	69,3 (68)	82,3 (78,3)	[21]
	С: $1 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$ мл/л	20	69 (68)	81 (78,3)	[21]
С: $1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$ мл/л	20	71 (68)	83 (78,3)	[21]	
Эпин-Экстра + стратификация	С: $5 \cdot 10^{-4}$ мл/мл	2	94 (93)	96 (96)	[83]
Циркон	С: 0,001 %	10	71 (64)	83 (72)	[81]
	С, Е: $1 \cdot 10^{-4}$	24	–	–	[77]
	С: $1 \cdot 10^{-2}$ %, $1 \cdot 10^{-4}$ %	18–20	–	9–13 % выше контроля	[73]
	С: $1 \cdot 10^{-3}$ %	–	–	98,8 (91,2)	[78]
	С: $1 \cdot 10^{-3}$ %	20	69 (65)	82 (77)	[82]
	С: $1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$ %	20	66 (65)	84 (77)	[82]
	С: $1 \cdot 3 \cdot 10^{-3}$ мл/л	20	69,1 (68)	86 (78,3)	[21]
	С: $1 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$ мл/л	20	71 (68)	86 (78,3)	[21]
	С: $1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$ мл/л	20	72,1 (68)	90 (78,3)	[21]
	С: $1 \cdot 6 \cdot 10^{-3}$ мл/л	20	74,1 (68)	90,1 (78,3)	[21]
	С: $5 \cdot 10^{-4}$ мл/мл	2	95 (94)	96 (95)	[83]
	$1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$ – $1 \cdot 6 \cdot 10^{-3}$ мл/л	24	–	90	[69]
Циркон + стратификация	С: $5 \cdot 10^{-4}$ мл/мл	2	94 (93)	97 (96)	[83]
ОберегЪ	С: 7 кап./500 мл	0,5–1	–	31 % выше контроля	[20]
Экогель экстра	С: 20 мл/л; Е: 30 мл/л	24	–	22–25 % выше контроля	[20]

Окончание табл. 2

Препарат	Эффективная концентрация	Экспозиция, ч	Энергия прорастания (контроль), %	Всхожесть (контроль), %	Литературный источник
Новосил	С: 2 кап./1 л	0,5	–	14 % выше контроля	[20]
Гетероауксин	Е: 4 г/л (12 ч.)	–	–	20 % выше контроля	[20]
Вэрва	0,025 мл/10 мл	6	–	72 (67)	[90]
Вэрва-ель	0,025 мл/10 мл	6	–	77 (60)	[90]
Рибав-Экстра	Е: 1 мл/л С: 0,2 мл/л	18	–	–	[77]
	С: $5 \cdot 10^{-4}$ мл/мл	18	90 (94)	95 (95)	[83]
	С: $1 \cdot 3 \cdot 10^{-3}$ мл/мл	20	76 (68)	89 (78,3)	[21]
	С: $1 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$ мл/мл	20	73,3 (68)	93 (78,3)	[21]
	С: $1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$ мл/мл	20	78 (68)	90,1 (78,3)	[21]
Рибав-Экстра + стратификация	$1 \cdot 4 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$ мл/мл	24	–	90–93	[69]
Агат-25К	С: $1 \cdot 10^{-2}$ %, $1 \cdot 10^{-3}$ %	18–20	–	12–16 % выше контроля	[73]
	С: $1 \cdot 10^{-2}$ %	–	–	100 (91,2)	[78]
Крезацин	С: $1 \cdot 10^{-2}$ %, $1 \cdot 10^{-3}$ %	18–20	–	11–13 % выше контроля	[73]
	С: $1 \cdot 10^{-3}$ %	–	–	98,3 (91,2)	[78]
	С: $1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$ %	20	83 (65)	90 (77)	[89]
	С: $1 \cdot 3 \cdot 10^{-3}$ мл/мл	20	89 (68)	99 (78,3)	[21]
	С: $1 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$ мл/мл	20	91,3 (68)	97,4 (78,3)	[21]
	С: $1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$ мл/мл	20	87,3 (68)	96,1 (78,3)	[21]
	$1 \cdot 3 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$ мл/мл	24	–	91–96	[69]
Экопин	С: $1 \cdot 2 \cdot 10^{-3}$ мл/мл	20	71,3 (68)	84 (78,3)	[21]
	С: $1 \cdot 3 \cdot 10^{-3}$ мл/мл	20	78 (68)	91,2 (78,3)	[21]
	С: $1 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$ мл/мл	20	80 (68)	96,4 (78,3)	[21]
	С: $1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$ мл/мл	20	76 (68)	92 (78,3)	[21]
	$1 \cdot 3 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$ мл/мл	24	–	91–96	[69]
Гумирал	С: 0,1 %	7–15 сут	97	95	[92]
Гумат (9,9 г/л)*	Е: 0,01 %	1	84 (67)	88 (71)	[93]
Гумат (9,9 г/л)	Е: 0,01 %	20	91 (67)	92 (71)	[93]
Гумат (3,2 г/л)	Е: 0,01 %	1	78 (67)	82 (71)	[93]
Гумат (3,2 г/л)*	Е: 0,01 %	20	90 (67)	91 (71)	[93]
Водный экстракт из листьев ивы козьей	5%-й водный экстракт	7–15 сут	80–83 (68)	80–85 (68)	[6]

Примечание: * содержание действующего вещества (д. в.).

Важно учитывать, что такие биопрепараты как Новосил, Вэрва, Биосил проявляют и защитное действие [94–96].

Обработка семян сосны обыкновенной растворами KMnO_4 ($1 \cdot 10^{-2}$), CuSO_4 ($1 \cdot 10^{-2}$) положительного влияния на всхожесть не оказала [78]. Однако согласно А.И. Новосельцевой, Н.А. Смирнову [40] и Е.М. Романову [97], повышение грунтовой всхожести семян и дальнейшей устойчивости сеянцев к неблагоприятным условиям внешней среды можно достичь путем замачивания семян в растворах: борной кислоты (в концентрациях по д. в. 0,002 %), сернокислой меди (в концентрациях по д. в. 0,05 %), молибдат аммония (в концентрациях по д. в. 0,05 %) со сроком намачивания 18 ч.

Из микроэлементов наиболее эффективным для предпосевной обработки семян всех пород является марганец Mn, для ели — медь Cu. Растворы борной кислоты и цинк Zn эффективны для сосны. Высокая эффективность предпосевной обработки семян хвойных пород растворами, содержащими бор, медь, марганец, цинк, наблюдается при 0,002...0,005%-й концентрации каждого микроэлемента, однако оптимальной является 0,005%-я концентрация [98]. Согласно Г.И. Редько, М.Д. Мерзленко, Н.А. Бабицу [15], для обработки семян ели европейской рекомендуется применять раствор сернокислой меди в концентрации 0,005...0,02 %, сернокислого кобальта — 0,01...0,05 %, сернокислого цинка — 0,04 %,

сернокислого марганца — 0,03 %; для обработки семян сосны обыкновенной — раствор сернокислой меди в концентрации 0,01 %, молибдат аммония — 0,01...0,05 %, борной кислоты — 3 %, сернокислого марганца — 3 %. Рекомендуемые концентрации препаратов: марганцовокислый калий (KMnO_4) — 50...200 мг/л, сернокислой меди (CuSO_4) — 100 мг/л, борной кислоты (H_3BO_3) — 200 мг/л, молибдата аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$) — 300...500 мг/л, сернокислого кобальта (CoSO_4) — 400 мг/л теплой воды [99].

Предпосевная обработка семян дражированием позволяет выровнять поверхность семени, обеспечить проросток на ранних стадиях развития необходимыми элементами минерального питания и защитить от вредителей и болезней [15, 100], так же, как и при обработке семян перед хранением методом инкрустации [15, 49]. Помимо применения микроэлементов, фунгицидов можно проводить дражирование семян микоризой [99]. На грунтовую всхожесть семян сосны и ели оказало влияние внесение в почву осадков сточных вод. В опыте по проращиванию семян превышение над контрольным вариантом составило 5 % по ели и 12 % по сосне. Оптимальные дозы внесения при соотношении массы почвы к массе внесенного осадка имеют вид: 300:1 и 60:1 [101].

На прорастание семян, развитие всходов и устойчивость к грибным болезням оказывает влияние обработка препаратами Гибберсиб, Гумат натрия, Циркон [85]. Замачивание семян в растворах гуминовых веществ также является перспективным. Гуминовые препараты имеют достаточное количество положительных аспектов: они увеличивают всхожесть, энергию прорастания, положительно влияют на развитие наземной части и корневой системы сеянцев [93, 102–104].

Многие специалисты лесных питомников отказываются от применения регуляторов роста из-за недоступности или сложности приготовления растворов [6]. Растительное сырье в виде древесной зелени, сорняков является доступным и дешевым. Стимулирующее воздействие на прорастание и повышение устойчивости формирующихся растений к неблагоприятным факторам оказывают следующие экстракты растительного сырья:

- соломы овса [105];
- багульника, брусники, толокнянки, водяники черной, ольхи кустарниковой [106];
- отходов овощеводческих и цветочных хозяйств [107];
- корней и отпада сосны китайской [108];
- корней и ветвей березы плосколистной [109];
- древесной зелени пихты, можжевельника [21, 90, 110–112];
- листьев ивы козьей [6];
- отходов лесозаготовок [70].

Такой перечень разного растительного сырья, оказывающего стимулирующее воздействие на прорастание семян хвойных, позволяет предположить, что экстракты зелени любых растений, в том числе и сорняков, заготовленные в начале вегетационного периода, окажут схожий эффект.

К физическим методам повышения посевных качеств семян хвойных относятся следующие:

- обработка низкочастотным электромагнитным полем (повышается всхожесть на 28...30 %) [113];
- активированной плазмой (на 11...22 %) [45, 114];
- ультрафиолетовым облучением (на 11 %) [19, 115];
- рентгеновскими лучами [116];
- ультразвуком (на 7 %) [117].

Согласно Г.И. Редько, М.Д. Мерзленко, Н.А. Бабич [15], обработку семян ультразвуковыми и звуковыми волнами проводят в воде пьезокварцевыми ультразвуковыми генераторами с частотой колебаний от 20 до 1000 кГц и звуковыми генераторами (вибраторами) с частотой колебаний от 0 до 20 кГц. Мощность обработки дозируется в пределах 1...3 Вт/см², продолжительность составляет 5...10 мин.

Выводы

Широкий спектр методов и способов повышения посевных качеств семян хвойных, в том числе химических, биологических и физических позволяет достигать равной эффективности, поэтому дальнейший выбор того или иного из них обусловлен доступностью препаратов и приборов, предназначенных для этой цели.

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

Список литературы

- [1] Мочалов Б.А., Бобушкина С.В. Лесокультурное производство — основа непрерывности лесопользования // ИзВУЗ Лесной журнал, 2021. № 4. С. 80–96.
- [2] Стратегия развития лесного комплекса РФ до 2030 г.: утверждена Распоряжением правительства Российской Федерации от 20 сентября 2018 года № 1989-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/cA4eYSe0MObgNpm5hSavTdlxID77KCTL.pdf> (дата обращения 03.03.2022).
- [3] Паспорт национального проекта «Экология»: утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 г. № 16. URL: <https://legalacts.ru/doc/pasport-natsionalnogo-proekta-ekologija-utv-prezidiumom-soveta-pri-prezidente/> (дата обращения 05.03.2022).

- [4] Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений: утверждены Приказом Минприроды России от 04.12.2020 г. № 1014. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573123762> (дата обращения 03.03.2022).
- [5] Свиридов Л.Т., Голев А.Д., Голева Г.Г., Тарасова Е.В. Эффективность применения безрешетной технологии по предпосевной обработке семян сосны обыкновенной и выращиванию сеянцев в питомнике // Лесотехнический журнал, 2014. № 3. С. 40–47.
- [6] Егорова А.В. Влияние экстрактов из древесной зелени и водопроводного осадка в качестве компонента субстрата на всхожесть семян и рост сеянцев сосны обыкновенной: дис. ... канд. с.-х. наук. Петрозаводск, 2019. 125 с.
- [7] Санников С.Н., Петрова И.В., Санникова Н.С., Афонин А.Н., Чернодубов А.И., Егоров Е.В. Генетико-климатолого-географические принципы семенного районирования сосновых лесов России // Сибирский лесной журнал, 2017. № 2. С. 19–30.
- [8] Пентелькина Н.В., Смирнов А.И. Возможность использования электромагнитного поля для повышения качества семян ели и сосны, подвергнутых длительному хранению // Новое слово в науке и практике: гипотеза и апробация результатов исследований. Сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф., Новосибирск, 1 марта 2013 г. / под общ. ред. С.С. Чернова. Новосибирск: Сибпринт, 2013. С. 120–127.
- [9] Смирнов А.И., Орлов Ф.С., Пентелькина Н.В. Использование низкочастотных электромагнитных полей для повышения посевных и фитосанитарных качеств семян хвойных пород // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2013. Вып. 35. С. 79–86.
- [10] Данилов Д.Н. Периодичность плодоношения и географическое размещение урожаев семян хвойных пород. М.; Л.: Гослесбуиздат, 1952. 142 с.
- [11] Крамер П.Д., Козловский Т.Т. Физиология древесных растений. М.: Лесная пром-сть, 1983. С. 413.
- [12] Холявко В.С., Глоба-Михайленко Д.А. Дендрология и основы зеленого строительства. М.: Агропромиздат, 1988. 287 с.
- [13] Орехова Т.П. Создание долговременного банка семян древесных видов – реальный способ сохранения их генофонда // Хвойные бореальной зоны, 2010. Т. 27. № 1 (2). С. 25–31.
- [14] Пентелькина Н.В. Применение регулятора роста Циркон при выращивании посадочного материала ценных древесных пород // Циркон — природный регулятор роста. Применение в сельском хозяйстве. М.: НЭСТ М, 2010. С. 330–340.
- [15] Редько Г.И., Мерзленко М.Д., Бабич Н.А. Лесные культуры. СПб: Изд-во ГЛТА, 2005. 556 с.
- [16] Смирнов С.Д. Опыт лесного семеноводства и селекции // Обзорная информация ЦБНТИ Госкомлеса. М.: Изд-во ЦБНТИ лесного хозяйства, 1974. С. 20.
- [17] Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации: утверждены Рослесхозом от 11.01.2000 г. М.: Изд-во ВНИИЛесресурс, 2000. 199 с.
- [18] Gui Z.B., Qiao L.M. Results of wood seeds treatment with electrostatic field for aerial seeding at Baoji mountain area of Shaanxi // J. Zhejiang Forestry Science and Technology, 1997, v. 17, pp. 24–27.
- [19] Украинцев В.С., Корепанов Д.А., Кондратьева Н.П., Бывальцев А.В. Влияние ультрафиолетового облучения на повышение посевных качеств семян хвойных пород // Вестник Удмурдского университета, 2011. Вып. 1. С. 132–137.
- [20] Кириенко М.А., Гончарова И.А. Влияние концентрации стимуляторов роста на грунтовую всхожесть семян и сохранность сеянцев главных лесообразующих видов Средней Сибири // Сибирский лесной журнал, 2016. № 1. С. 39–45.
- [21] Острошенко В.Ю. Эффективность применения стимуляторов роста при выращивании посадочного материала хвойных древесных пород в Приморском крае: дис. ... канд. с.-х. наук. по спец. 06.03.01 Лесные культуры, селекция, семеноводство. Усурийск, 2021. 281 с.
- [22] Войчалъ П.И. Опытные культуры сосны из сортированных семян // ИзВУЗ Лесной журнал, 1961. № 6. С. 27–30.
- [23] Arnold P.C., Roberts A.W. Stress distributions in loaded wheat drains // Adric. Engng. Res., 1966, no. 2 (1), v. 38, pp. 17–21.
- [24] Скрынников Б.М. Технологический процесс очистки и сортировки семян воздушным потоком // ИзВУЗ Лесной журнал, 1985. № 6. С. 26–30.
- [25] Смирнов Н.А., Казаков В.И. Рекомендации по технологии и комплексу машин для выращивания укрупненного посадочного материала ели европейской без перешколкивания. Пушкино: Изд-во ВНИИЛМ, 1991. 22 с.
- [26] Винокуров В.Н., Силаев Г.В., Казаков В.И. Механизация лесного и лесопаркового хозяйства. М.: Лесн. пром-сть, 2006. 432 с.
- [27] Родин С.А., Проказин Н.Е. Технологическое обеспечение работ по лесовосстановлению. Пушкино: Изд-во ВНИИЛМ, 2012. 212 с.
- [28] Казаков В.И., Проказин Н.Е., Лобанова Е.Н., Казаков И.В. Влияние сортировки семян хвойных пород на посевные качества // Лесотехнический журнал, 2016. № 3. С. 161–167.
- [29] Жигунов А.В., Соколов А.И., Харитонов В.А. Выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой в Устьянском тепличном комплексе. Практические рекомендации. Петрозаводск: Изд-во Карельского научного центра РАН, 2016. 43 с.
- [30] Бабич Н.А., Дрочкова А.А., Комарова А.М., Лебедева О.П., Андропова М.М. Вариативность массовых характеристик семян *Pinus sylvestris* L. в таежной зоне // ИзВУЗ Лесной журнал, 2019. № 2. С. 141–147. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.141
- [31] Деева В.П. Использование новых регуляторов роста при выращивании посадочного материала хвойных пород деревьев // Лесное и охотничье хозяйство, 2007. № 8. С. 17–21.
- [32] Тулик П.В. Повышение качества семян хвойных интродуцентов методом флотации // Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр., 2008. Вып. 68. С. 290–298.
- [33] Тулик П.В. Способ повышения качества семян хвойных интродуцентов с применением регуляторов роста // Труды БГТУ. Сер. 1. Лесное хозяйство, 2010. Вып. 18. С. 218–221.
- [34] Himanen K., Nygren M. Seed soak-sorting prior to sowing affects the size and quality of 1.5-year-old containerized *Picea abies* seedlings // Silva Fennica, 2015, v. 49, no. 3, 15 p. DOI: 10.14214/sf.1056
- [35] Листов А.А. Мероприятия по ускоренному лесовозобновлению в сосняках лишайниковых Европейского Северо-Востока СССР. Архангельск: Изд-во АИЛИЛХ, 1982. 39 с.
- [36] Родин А.Р., Калашникова Е.А., Родин С.А., Силаев Г.В. Лесные культуры. М.: Изд-во Федерального агентства лесного хозяйства, 2009. 462 с.
- [37] Ковылина О.П. Новые технологии выращивания посадочного материала. Красноярск: Изд-во СибГУ им. М.Ф. Решетнова, 2017. 61 с.

- [38] Байтулин И.О. Создание лесного питомника и технология выращивания посадочного материала. Костанай: Костанайполиграфия, 2009. 48 с.
- [39] Маркова И.А., Жигунов А.В. Лесные культуры: агротехника выращивания посадочного материала в лесных питомниках. СПб.: СИНЭЛ; СПбГЛТА, 2021. 134 с.
- [40] Новосельцева А.И., Смирнов Н.А. Справочник по лесным питомникам. М.: Лесная пром-сть, 1983. 280 с.
- [41] Родин А.Р., Попова Н.Я., Шульгин Н.И., Хренов Л.С. Рекомендации по выращиванию сосны и ели в открытом грунте в зоне смешанных лесов. М.: Изд-во Минлесхоза РСФСР, 1989. 32 с.
- [42] Волкович А.П., Носников В.В. Интенсивные технологии выращивания посадочного материала и лесовосстановления: тексты лекций. Минск: Изд-во БГТУ, 2015. 74 с.
- [43] Справочник по лесосеменному делу / под ред. А.И. Новосельцевой. М.: Лесная пром-сть, 1978. 336 с.
- [44] Маркова И.А., Жигунов А.В. Лесные культуры. Агротехника выращивания посадочного материала в лесных питомниках таежной зоны. СПб.: Изд-во СПбГЛТА, 2007. 88 с.
- [45] Жигунов А.В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой. СПб.: Изд-во СПбНИИЛ, 2000. 294 с.
- [46] Wagner R.G., Colombo S.J. Regenerating the Canadian Forest. Principles and Practice for Ontario / Ed. R.G. Wagner. Published by Fitzhenry and Whiteside Limited. Markham, Ontario, Canada in Corporation with Ontario Ministry and Natural Resources, 2001, 658 p.
- [47] Кузнецова О.Н. Питательная смесь для производства саженцев хвойных пород // Лесное хозяйство, 2010. № 1. С. 46–47.
- [48] Машкин И.А., Корытько Л.А., Шуканов В.П. Влияние защитно-стимулирующих препаратов на болезнестойчивость и качественные характеристики семян ели (*Picea abies*) с закрытой корневой системой // Труды БГТУ, 2020. № 2. С. 109–119.
- [49] Пентелькина Н.В. Защита семян ели от инфекционного полегания путем обработки семян протравителями и регуляторами роста перед закладкой на хранение // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства, 2013. № 2. С. 62–67.
- [50] Ярмолович В.А., Дишук Н.Г., Асмоловский М.К., Семенова В.Ю. Биологическая эффективность новых препаратов для предпосевной обработки семян в защите семян от инфекционного полегания // Труды БГТУ, 2013. № 1. С. 262–265.
- [51] Коновалов Н.А. Опыт предпосевной обработки семян лиственницы Сукачевы // ИзВУЗ Лесной журнал, 1961. № 4. С. 162–164.
- [52] Ларионова Н.А. Применение гормональных веществ для улучшения качества семян и роста семян хвойных пород в Красноярском крае // Лесное хозяйство, 1997. № 6. С. 28–30.
- [53] Пентелькин С.К., Пентелькина Н.В. Крезацин для лесных питомников // Лесное хозяйство, 2000. № 2. С. 29–31.
- [54] Галдина Т.Е., Харьков В.А. Оценка влияния биостимуляторов на состояние и качество семян сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) // IV Междунар. студ. электрон. науч. конф. «Студенческий научный форум», Москва, 15 февраля — 31 марта 2012 года. URL: <https://scienceforum.ru/2012/article/2012000558> (дата обращения 05.03.2022).
- [55] Himanen K., Lilja A., Poimala née Rytkönen A., Nygren M. Soaking effects on seed germination and fungal infection in *Picea abies* // Scandinavian Journal of Forest Research, 2013, no. 28, pp. 1–7.
- [56] Brady S.M., McCourt P. Hormone Cross-Talk in Seed Dormancy // J. Plant Growth Regul., 2003, v. 22, pp. 25–31.
- [57] Обручева Н.В. Переход от гормональной к негормональной регуляции на примере выхода семян из покоя и запуска прорастания // Физиология растений, 2012. Т. 59. № 4. С. 591–600.
- [58] Miransari M., Smith D.L. Plant hormones and seed germination // Environmental and Experimental Botany, 2014, v. 99, pp. 110–121.
- [59] Vaistija F.E., Barros-Galvão T., Colea A.F., Gildaya A.D., Hea Z., Lia Y., Harveya D., Larsona T.R., Grahama I.A. MOTHER-OF-FT-AND-TFL1 represses seed germination under far-red light by modulating phytohormone responses in *Arabidopsis thaliana* // PNAS, 2018, v. 115, pp. 8442–8447.
- [60] Романов Е.М. Выращивание семян древесных растений: биоэкологические и агротехнические аспекты. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. 500 с.
- [61] Feurtado J.A., Yang J., Ambrose S.J., Cutler A.J., Abrams S.R., Kermode A.R. Disrupting abscisic acid homeostasis in western white pine (*Pinus monticola* Dougl. Ex D. Don) seeds induces dormancy termination and changes in abscisic acid catabolites // J. Plant Growth Regul., 2007, v. 26, pp. 46–54.
- [62] Zhang Y., Lu S., Gao H. Effects of Stratification and Hormone Treatments on Germination and PhysioBiochemical Properties of *Taxus chinensis* var. *mairei* Seed // American J. of Plant Sciences, 2012, v. 3, pp. 829–835.
- [63] Zhao G., Jiang X. Roles of Gibberellin and Auxin in Promoting Seed Germination and Seedling Vigor in *Pinus massoniana* // For. Sci., 2014, v. 60 (2), pp. 367–373.
- [64] Mugloo J.A., Mir N.A., Khan P.A., Perray G.N., Kaiser K.N. Effect of Different Pre-Sowing Treatments on Seed Germination of Spruce (*Picea smithiana* Wall. Boiss) Seeds under Temperate Conditions of Kashmir Himalayas, India // Int. J. Curr. Microbiol. App.Sci., 2017, v. 6 (11), pp. 3603–3612.
- [65] Мелехов В.И., Бабич Н.А., Лебедева О.П., Тюрикова Т.В., Васильева Н.Н. Средство для предпосевной обработки семян хвойных пород. Патент RU 2 680 700 C1, 2019. 4 с.
- [66] Wort D.J., Severson J.G., Peirson D.R. Mechanism of Plant Growth Stimulation by Naphthenic Acid // Plant Physiol., 1973, no. 5, pp. 162–165.
- [67] Borno C., Taylor I.E. The effect of high concentration of ethylene on seed germination of Douglas fir (*Pseudotsugamenziesii* (Mirb) // Can. J. of Forest Research, 1975, no. 5 (3), pp. 419–423.
- [68] Sohtys A., Studnicki M., Zawadzki G., Aleksandro-wicz-Trzcińska M. The effects of salicylic acid, oxalic acid and chitosan on damping-off control and growth in Scots pine in a forest nursery // i Forest Biogeosciences and Forestry. 2020, v. 13, pp. 441–446.
- [69] Гріднев А.Н. Научные основы выращивания посадочного материала в условиях Дальнего Востока. Уссурийск: Изд-во Приморской ГСХА, 2020. 271 с.
- [70] Тагильцев Ю.Г., Орлов А.М., Гуль Л.П., Колесникова Р.Д. Использование биологически активных веществ из отходов лесозаготовок для лесовосстановления // Инновации и технологии в лесном хозяйстве. Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. Часть 2. Санкт-Петербург, 06–07 февраля 2012 г. СПб: Изд-во Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства, 2012. С. 194–196.
- [71] Frolenkova M.S., Volkovich A.P. Influence of preseedling treatment of seeds of Scots pine and Norway spruce on their viability and energy of germination // Proceedings of BSTU, 2016, no. 1, pp. 80–83.

- [72] Кабанова С.А., Данченко М.А., Борцов В.А., Кочерганов И.С. Результаты предпосевной обработки семян сосны обыкновенной стимуляторами роста // Лесотехнический журнал, 2017. № 2. С. 75–83.
- [73] Пентелькина Ю.С. Влияние стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев хвойных видов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Москва, 2003. 28 с.
- [74] Adilbayeva Z., Maisupova B., Abayeva K., Utebekova A., Akhmetov R. The Effect of Stimulants on the Seed Germination and Growth of Schrenk's Spruce Seedlings // OnLineJ.ofBiologicalSciences, 2021, v.21(2), pp.354–364. DOI: 10.3844/ojbsci.2021.354.364
- [75] Алиев Э.В., Сиволапов А.И. Влияние предпосевной обработки семян на всхожесть и рост сеянцев сосны обыкновенной ростовыми веществами // Современные проблемы науки и образования, 2013. № 4. С. 36.
- [76] Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Храмова О.Ю., Дорожкина Л.А. Стимулирующий эффект препарата ЭкоФус в предпосевной обработке семян ели европейской (*Picea abies* (L.) Н. Karst.) // Агрехимический вестник, 2017. № 2. С. 41–44.
- [77] Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации (на 27 января 2022 г.). Ч. 1. Пестициды. М.: Изд-во Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, 2022. 839 с.
- [78] Пентелькин С.К., Пентелькина Н.В., Острошенко В.В., Острошенко Л.Ю. Влияние стимуляторов на грунтовую всхожесть семян дальневосточных хвойных древесных пород // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2004. № 9. С. 39–42.
- [79] Пентелькина Н.В., Острошенко Л.Ю. Выращивание сеянцев хвойных пород в условиях Севера и Дальнего Востока с использованием стимуляторов роста // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2005. № 10. С. 125–129.
- [80] Усов В.Н., Попков Б.В. Влияние стимулятора роста «Эпин» на прорастание семян и рост сеянцев сосны густоцветковой и Банка // К 50-летию кафедры лесоводства Института лесного и лесопаркового хозяйства ВГОУ ВПО «Приморская ГСХА». Юбилейный сб. науч. тр. Усурийск: Изд-во ПГСХА, 2010. С. 180–185.
- [81] Остробородова Н.И., Уланова О.И. Влияние регулятора роста на биологические свойства сосны обыкновенной // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс, 2014. № 1 (17). С. 33–37.
- [82] Острошенко В.В., Острошенко Л.Ю., Ключников Д.А., Острошенко В.Ю., Чекушкина Т.И. Влияние стимуляторов роста на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Изв. Самарского НЦ РАН, 2015. Т. 17. № 6. С. 242–248.
- [83] Гапонько Е.А., Каницкая Л.В. Оценка влияния стимуляторов на энергию прорастания и всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) // Успехи современного естествознания, 2018. № 8. С. 46–51.
- [84] Носников В.В., Волкович А.П., Юреня А.В., Ярмлович В.А. Эффективность предпосевной обработки семян сосны и ели препаратом Эмистим-С // Труды БГТУ, 2014. № 1. С. 150–153.
- [85] Кавоси М.Р. Результаты изучения влияния современных биологических препаратов на прорастание семян и развитие всходов сосны и ели // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2006. № 2. С. 161–166.
- [86] Пентелькина Н.В. Проблемы выращивания посадочного материала в лесных питомниках и пути их решения // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2012. № 31. С. 189–193.
- [87] Проказин Н.Е., Лобанова Е.Н., Пентелькина Н.В., Казаков В.И., Иванюшева Г.И., Сахнов В.В., Чукарина А.В., Багаев С.С. Влияние биостимуляторов и микроудобрений на рост сеянцев хвойных пород // Лесохозяйственная информация, 2013. № 2. С. 9–15.
- [88] Проказин Н.Е., Лобанова Е.Н., Пентелькина Н.В., Иванюшева Г.И., Сахнов В.В., Петров В.А., Чукарина А.В., Багаев С.С. Выращивание посадочного материала хвойных пород с использованием ростовых стимуляторов // Лесохозяйственная информация, 2015. № 1. С. 50–56.
- [89] Острошенко В.В., Острошенко Л.Ю., Острошенко В.Ю. Применение стимулятора роста «Крезацин» при выращивании сеянцев рода Пихта (*Abies*) // Вестник КрасГАУ, 2015. № 5. С. 184–189.
- [90] Андреева Е.М., Степенко С.К., Кучин А.В., Терехов Г.Г., Хуршкайнен Т.В. Влияние стимуляторов роста природного происхождения на проростки хвойных пород // Лесотехнический журнал, 2016. № 3. С. 10–19.
- [91] Острошенко В.Ю. Влияние стимулятора роста «Эпин-Экстра» на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Вестник КрасГАУ, 2017. № 11. С. 208–218.
- [92] Сахнов В.В. Особенности развития сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.) при использовании препарата «Гумирал» в лесных питомниках Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. 03.00.16 «Экология». Уфа, 2007. 17 с.
- [93] Митрофанов С.В., Гапеева Н.Н., Мочалова Е.Н. Влияние гуминовых удобрений на посевные качества Ели европейской // Экологически устойчивое земледелие: состояние, проблемы и пути их решения. Матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. ВНИИОУ – филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», 22–24 июня 2018 г. Иваново: ПресСто, 2018. С. 177–181.
- [94] Хуршкайнен Т.В. Выделение и исследование кислых компонентов липидов древесной зелени пихты (*Abies sibirica*) и ели (*Picea sibirica*): автореф. дис. ... канд. хим. наук: 02.00.10. Сыктывкар, 2004. 24 с.
- [95] Хуршкайнен Т.В., Кучин А.В. Лесохимия для инноваций в сельском хозяйстве // Изв. Коми НЦ УрО РАН, 2011. Вып. 1(5). С. 17–23.
- [96] Чукичева И.Ю., Хуршкайнен Т.В., Кучин А.В. Природные регуляторы роста растений из хвойного сырья // Инноватика и экспертиза: науч. тр., 2018. № 3 (24). С. 93–99.
- [97] Романов Е.М. Интенсификация выращивания посадочного материала ели и сосны. Практические рекомендации. Йошкар-Ола: Изд-во Министерства лесного хозяйства Марийской АССР, 1978. 25 с.
- [98] Братилова Н.П., Матвеева Р.Н., Щерба Ю.Е., Кичильдеев А.Г. Выращивание селекционного посадочного материала. Красноярск: Изд-во СибГАУ, 2016. 66 с.
- [99] Маркова И.А. Современные проблемы лесовыращивания (лесокультурное производство). СПб.: Изд-во СПбГЛТА, 2008. 152 с.
- [100] Острошенко В.В., Острошенко А.Ю., Акимов Р.Ю., Пак А.В. Нормирование работ по дражированию семян хвойных древесных пород // Вестник КрасГАУ, 2013. № 3. С. 139–142.
- [101] Кураев В.Н., Мартынюк А.А. Использование органических отходов в лесном хозяйстве. Пушкино: Изд-во ВНИИЛМ, 2012. 126 с.
- [102] Устинова Т.С. Влияние препарата Гумат+7 на рост сеянцев ели европейской // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2009. № 22. С. 146–148.

- [103] Устинова Т.С., Зуров Р.Н. Влияние препарата Гумат+7 на ростовые процессы хвойных пород // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2010. № 26. С. 115–118.
- [104] Немков П.С., Грехова И.В. Влияние гуминового препарата на семена хвойных пород // Теоретическая и прикладная экология, 2015. № 1. С. 96–99.
- [105] Митрофанов Р.Ю., Кочеткова Т.В., Золотухин В.Н., Будаева В.В. Росторегулирующие свойства экстракта соломы овса // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: Матер. III Всерос. конф., Барнаул, 23–27 апреля 2007 г. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2007. Кн. 3. С. 229–232.
- [106] Зайцева Н.В. Способ предпосевной обработки семян для повышения их устойчивости к ультрафиолетовому облучению. Патент RU 2 618 325 C2, 2017. 10 с.
- [107] Яковенко Е.Я. Способ получения натурального регулятора роста растений. Патент RU 2 109 446 C1, 1998. 6 с.
- [108] Meiqiu Z.H.U., Changming M.A., Wang Y., Zhang L., Wang H., Yoan Y., Du K. Effect of extracts of Chinese pine on its own seed germination and seedling growth // Front. Agric. China, 2009, pp. 353–358.
- [109] Liu Z.L., Wang Q.C., Hao L.F. Interspecific allelopathic effect of different organs' aqueous extracts of *Betula platyphylla* and *Larix olgensis* on their seed germination and seedling growth // The J. of Applied Ecology, 2011, v. 22, pp. 3138–3144.
- [110] Кирсанова Е.В., Цуканова З.Р., Мусалатова Н.Н. О перспективах предпосевной обработки регуляторами роста семян яровой пшеницы в Орловской области // Вестник ОрелГАУ, 2008. № 3. С. 21–23.
- [111] Панюшкина Н.В., Карасев В.Н., Карасева М.А., Бродников С.Н. Способ стимуляции скорости прорастания семян сосны обыкновенной. Патент RU 2 569 017 C1, 2015. 5 с.
- [112] Хуршайнен Т.В., Терентьев В.И., Скрипова Н.Н., Никонова Н.Н., Королева А.А. Химический состав отходов переработки хвойного сырья // Химия растительного сырья, 2019. № 1. С. 233–239.
- [113] Смирнов А.И., Орлов Ф.С., Дроздов И.И. Влияние низкочастотного электромагнитного поля на прорастание семян и рост сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской // ИзВУЗ Лесной журнал, 2015. № 3 (345). С. 53–58.
- [114] Гаврилова О.И., Гостев К.В., Гостев В.А., Журавлева М.В., Румянцева М.А. Исследование влияния предпосевной обработки семян древесных пород водой, активированной плазмой // Инженерный Вестник Дона, 2016. № 4. С. 1–6.
- [115] Краснолуцкая М.Г. Повышение эффективности ультрафиолетовой светодиодной облучательной установки для предпосевной обработки семян ели: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Чебоксары, 2018. 20 с.
- [116] Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф. Ускоренное выращивание сеянцев и культур кедров сибирского в Восточной Сибири. Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2001. 254 с.
- [117] Гульбинене Н.П. Влияние ультразвука и стимуляторов роста на всхожесть семян и рост сеянцев и саженцев ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karsten.): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Минск, 1983. 21 с.

Сведения об авторах

Тюкавина Ольга Николаевна [✉] — д-р с.-х. наук, науч. сотр. ФБУ «СевНИИЛХ», доцент кафедры биологии, экологии и биотехнологии Высшей школы естественных наук и технологий, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ), o.tukavina@narfu.ru

Демина Надежда Александровна — канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. ФБУ «СевНИИЛХ», monitoringlesov@sevniilh-arh.ru

Поступила в редакцию 10.06.2022.

Одобрено после рецензирования 20.09.2022.

Принята к публикации 26.09.2022.

PRACTICE OF IMPROVING SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) SEEDS AND EUROPEAN SPRUCE (*PICEA ABIES* L.) PROGENY

O.N. Tyukavina^{1, 2✉}, N.A. Demina¹

¹Northern Research Institute of Forestry, 13, Nikitova st., 163062, Arkhagelsk, Russia

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 17, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 163002, Arkhangel'sk, Russia

o.tukavina@narfu.ru

The article notes that the efficiency of reforestation in the Russian Federation is insufficient, the main problems are shortage and high cost of planting material. Techniques for presowing treatment of seeds in order to increase germination energy and germination of seeds are analyzed. A review of literature sources has been conducted to assess the application effectiveness of plant growth regulators in soaking seeds in order to increase their progeny and increase the resistance of seedlings to adverse factors. Soaking seeds does not require much effort and is the easiest way to treat seeds. A review of preparations (plant growth regulators) for seed processing from the «State Catalog of Pesticides and Agrochemicals» showed that mainly preparations are designed to stimulate the germination of seeds of agricultural plants, fruit and berry crops. Research is actively conducted to find effective preparations and their optimal concentrations for the treatment of coniferous seeds. Based on the review of research, a list of effective preparations for the treatment of Scots pine seeds has been established. Along with ready-made preparations of active substances, a promising way to influence the germination of seeds and increase the resistance of emerging plants to adverse factors may be plant raw materials in the form of wood wastes, parts of shrubs and trees, fall, herbaceous vegetation, including weeds, etc. A review of chemical, biological, physiological methods for improving seed quality showed that they can all be effective. The main principle of choosing the method of treating seeds should be the availability, economic feasibility and high efficiency of the preparation and devices.

Keywords: pine and spruce seeds, pre-sowing treatment, germination energy, germination, growth regulator, plant raw materials, effective concentration of the preparation

Suggested citation: Tyukavina O.N., Demina N.A. *Praktika povysheniya posevnykh kachestv semyan sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) i eli evropeyskoy (Picea abies L.)* [Practice of improving Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds and European spruce (*Picea abies* L.) progeny]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 6, pp. 75–91. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-6-75-91

References

- [1] Mochalov B.A., Bobushkina S.V. *Lesokul'turnoe proizvodstvo — osnova nepreryvnosti lesopol'zovaniya* [Forestry production is the basis for the continuity of forest management]. *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)*, 2021, no. 4, pp. 80–96.
- [2] *Strategiya razvitiya lesnogo kompleksa RF do 2030 g.: Utv. Rasporyazheniem pravitel'stva RF ot 20 sentyabrya 2018 g. № 1989-r.* [Strategy for the development of the forest complex of the Russian Federation until 2030: Approved Order of the Government of the Russian Federation of September 20, 2018 No. 1989-r]. Available at: <http://static.government.ru/media/files/cA4eYSe0MObgNpm5hSavTdlxID77KCTL.pdf> (accessed 03.03.2022).
- [3] *Pasport natsional'nogo proekta «Ekologiya»: Utv. prezidiumom Soveta pri Prezidente RF po strategicheskomu razvitiyu i natsional'nym proektam, protokol ot 24.12.2018 № 16* [Passport of the national project «Ecology»: Approved Presidium of the Council under the President of the Russian Federation for Strategic Development and National Projects, protocol dated December 24, 2018 No. 16.] Available at: <https://legalacts.ru/doc/pasport-natsionalnogo-proekta-ekologiya-utv-prezidiumom-soveta-pri-prezidente/> (accessed 05.03.2022).
- [4] *Ob utverzhdenii Pravil lesovosstanovleniya, sostava proekta lesovosstanovleniya, poryadka razrabotki proekta lesovosstanovleniya i vneseniya v nego izmeneniy: Utv. Prikazom Minprirody Rossii ot 04.12.2020 g. № 1014* [On the approval of the Rules for reforestation, the composition of the reforestation project, the procedure for the development of the reforestation project and amending it: Approved by order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated December 4, 2020 No.1014]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573123762> (accessed 03.03.2022).
- [5] Sviridov L.T., Golev A.D., Goleva G.G., Tarasova E.V. *Effektivnost' primeneniya bezreshetnoy tekhnologii po predposevnoy obrabotke semyan sosny obyknovennoy i vyrashchivaniyu seyantssev v pitomnike* [The effectiveness of the use of slatless technology for presowing seed treatment of Scots pine and growing seedlings in the nursery]. *Lesotekhnicheskii zhurnal [Lesotechnical journal]*, 2014, no. 3, pp. 40–47.
- [6] Egorova A.V. *Vliyaniye ekstraktov iz drevesnoy zeleni i vodoprovodnogo osadka v kachestve komponenta substrata na vskhozhest' semyan i rost seyantssev sosny obyknovennoy* [Influence of extracts from tree greens and tap water sediment as a substrate component on seed germination and seedling growth of Scotch pine]. Diss. Cand. Sci (Agric.), Petrozavodsk, 2019, 125 p.
- [7] Sannikov S.N., Petrova I.V., Sannikova N.S., Afonin A.N., Chernodubov A.I., Egorov E.V. *Genetiko-klimatologo-geograficheskie printsipy semennogo rayonirovaniya sosnovykh lesov Rossii* [Genetic-climatological-geographical principles of seed regionalization of pine forests in Russia]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal [Siberian Forest Journal]*, 2017, no. 2, pp. 19–30.
- [8] Pentel'kina N.V., Smirnov A.I. *Vozmozhnost' ispol'zovaniya elektromagnitnogo polya dlya povysheniya kachestva semyan eli i sosny, podvergnutykh dlitel'nomu khraneniyu* [The possibility of using an electromagnetic field to improve the quality of spruce and pine seeds subjected to long-term storage]. III Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Novoe slovo v nauke i praktike: gipoteza i aprobatsiya rezul'tatov issledovaniy», Novosibirsk, 1 marta 2013 g. [III International Scientific and Practical Conference «A New Word in Science and Practice: Hypothesis and Approbation of Research Results»], Novosibirsk, 2013, pp. 120–127.

- [9] Smirnov A.I., Orlov F.S., Pentel'kina N.V. *Ispol'zovanie nizkочастотnykh elektromagnitnykh poley dlya povysheniya posevnykh i fitosanitarnykh kachestv semyan khvoynykh porod* [The use of low-frequency electromagnetic fields to improve the sowing and phytosanitary qualities of coniferous seeds]. Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa [Actual problems of the forestry complex], 2013, v. 35, pp. 79–86.
- [10] Danilov D.N. *Periodichnost' plodonosheniya i geograficheskoe razmeshchenie urozhayev semyan khvoynykh porod* [Periodicity of fruiting and geographical distribution of seed crops of coniferous species]. Moscow; Leningrad: Goslesbumizdat, 1952, 142 p.
- [11] Kramer P.D., Kozlovskiy T.T. *Fiziologiya drevesnykh rasteniy* [Physiology of woody plants]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Timber industry], 1983, pp. 413.
- [12] Kholyavko V.S., Globa-Mikhaylenko D.A. *Dendrologiya i osnovy zelenogo stroitel'stva* [Dendrology and fundamentals of green building]. Moscow: Agropromizdat, 1988, 287 p.
- [13] Orekhova T.P. *Sozdanie dolgovremennogo banka semyan drevesnykh vidov — real'nyy sposob sokhraneniya ikh genofonda* [Creation of a long-term seed bank of tree species is a real way to preserve their gene pool]. Khvoynye boreal'noy zony [Conifers of the boreal zone], 2010, XXVII, no. 2, pp. 25–31.
- [14] Pentel'kina N.V. *Primenenie regul'yatora rosta Tsirkon pri vyrashchivaniy posadochnogo materiala tsennykh drevesnykh porod* [Application of the growth regulator Zircon in the cultivation of planting material of valuable tree species]. Tsirkon — prirodnyy regul'yator rosta. Primenenie v sel'skom khozyaystve [Zircon — natural growth regulator. Application in agriculture], Moscow: NJeST M, 2010, pp. 330–340.
- [15] Red'ko G.I., Merzlenko M.D., Babich N.A. *Lesnye kul'tury* [Forest crops]. St. Petersburg: GLTA, 2005, 556 p.
- [16] Smirnov S.D. *Opyt lesnogo semenovodstva i seleksii* [Experience of forest seed production and selection]. Obzornaya informatsiya TsBNTI Goskomlesa [Overview information of the Central Forest Research Institute of the State Committee for Forestry]. Moscow: TsBNTI lesnogo khozyaystva, 1974, pp. 20.
- [17] *Ukazaniya po lesnomu semenovodstvu v Rossiyskoy Federatsii: Utv. Rosleskhozom ot 11.01.2000 g.* [Guidelines for forest seed production in the Russian Federation: Approved Rosleskhozom dated January 11, 2000]. Moscow: VNIIClesresurs, 2000, 199 p.
- [18] Gui Z.B., Qiao L.M. Results of wood seeds treatment with electrostatic field for aerial seeding at Baoji mountain area of Shaanxi. *J. Zhejiang Forestry Science and Technology*, 1997, v. 17, pp. 24–27.
- [19] Ukraintsev V.S., Korepanov D.A., Kondrat'eva N.P., Byval'tsev A.V. *Vliyanie ul'trafiol'etovogo oblucheniya na povyshenie posevnykh kachestv semyan khvoynykh porod* [Influence of ultraviolet irradiation on improving the sowing qualities of coniferous seeds]. Vestnik Udmurtskogo universiteta [Bulletin of the Udmurt University], 2011, v. 1, pp. 132–137.
- [20] Kirienko M.A., Goncharova I.A. *Vliyanie kontsentratsii stimulyatorov rosta na gruntovuyu vskhozhest' semyan i sokhrannost' seyantsev glavnykh lesoobrazuyushchikh vidov Sredney Sibiri* [Influence of the concentration of growth stimulants on the soil germination of seeds and the safety of seedlings of the main forest-forming species of Central Siberia]. Sibirskiy lesnoy zhurnal [Siberian Forest Journal], 2016, no. 1, pp. 39–45.
- [21] Ostroschenko V.Yu. *Effektivnost' primeneniya stimulyatorov rosta pri vyrashchivaniy posadochnogo materiala khvoynykh drevesnykh porod v Primorskom krae* [The effectiveness of the use of growth stimulants in the cultivation of planting material of coniferous tree species in the Primorsky Territory]. Diss. Cand. Sci. (Agric.). Ussuriysk, 2021, 281 p.
- [22] Voychal' P.I. *Opytnye kul'tury sosny iz sortirovannykh semyan* [Experimental cultures from sorted seeds]. Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal), 1961, no. 6, pp. 27–30.
- [23] Arnold P.C., Roberts A.W. Stress distributions in loaded wheat drains. *Adric. Engng. Res*, 1966, no. 2 (1) 38, pp. 17–21.
- [24] Skrynnikov B.M. *Tekhnologicheskyy protsess ochistki i sortirovki semyan vozdushnym potokom* [Technological process of cleaning and sorting seeds by air flow]. Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal), 1985, no. 6, pp. 26–30.
- [25] Smirnov N.A., Kazakov V.I. *Rekomendatsii po tekhnologii i kompleksu mashin dlya vyrashchivaniya ukрупnennogo posadochnogo materiala eli evropeyskoy bez pereshkolivaniya* [Recommendations on the technology and complex of machines for growing enlarged planting material of European spruce without reshoveling]. Pushkino: VNIILM, 1991, 22 p.
- [26] Vinokurov V.N., Silaev G.V., Kazakov V.I. *Mekhanizatsiya lesnogo i lesoparkovogo khozyaystva* [Mechanization of forestry and forest-park economy]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Timber industry], 2006, 432 p.
- [27] Rodin S.A., Prokazin N.E. *Tekhnologicheskoe obespechenie rabot po lesovosstanovleniyu* [Technological support for reforestation]. Pushkino: VNIILM, 2012, 212 p.
- [28] Kazakov V.I., Prokazin N.E., Lobanova E.N., Kazakov I.V. *Vliyanie sortirovki semyan khvoynykh porod na posevnye kachestva* [Influence of seed sorting of coniferous breeds on sowing qualities]. Lesotekhnicheskyy zhurnal [Lesotechnical journal], 2016, no. 3, pp. 161–167.
- [29] Zhigunov A.V., Sokolov A.I., Kharitonov V.A. *Vyrashchivanie posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy v Ust'yanskom teplichnom komplekse. Prakticheskie rekomendatsii* [Growing planting material with a closed root system in the Ustyansk greenhouse complex. Practical recommendations], Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN, 2016, 43 p.
- [30] Babich N.A., Drochkova A.A., Komarova A.M., Lebedeva O.P., Andronova M.M. *Variativnost' massovykh kharakteristik semyan Pinus sylvestris L. v taehznoy zone* [Variability of mass characteristics of seeds of Pinus sylvestris L. in the taiga zone]. Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal), 2019, no. 2, pp. 141–147. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.141
- [31] Deeva V.P. *Ispol'zovanie novykh regul'yatorov rosta pri vyrashchivaniy posadochnogo materiala khvoynykh porod derev'ev* [The use of new growth regulators in the cultivation of planting material of coniferous trees]. Lesnoe i okhotnich'e khozyaystvo [Forestry and hunting], 2007, no. 8, pp. 17–21.
- [32] Tupik P.V. *Povyshenie kachestva semyan khvoynykh introdutsentov metodom flotatsii* [Improving the quality of seeds of coniferous introduced plants by the method of flotation]. Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sbornik nauchnykh trudov [Problems of forestry and forestry: a collection of scientific papers]. Gomel: Institut lesa NAN Belarusi, 2008, v. 68, pp. 290–298.
- [33] Tupik P.V. *Povyshenie kachestva semyan khvoynykh introdutsentov metodom flotatsii* [A method for improving the quality of seeds of coniferous introducers with the use of growth regulators]. Trudy BGTU. Seriya 1. Lesnoe khozyaystvo [Proceedings of BSTU. Series 1. Forestry], 2010, v. XVIII, pp. 218–221.

- [34] Himanen K., Nygren M. Seed soak-sorting prior to sowing affects the size and quality of 1,5-year-old containerized *Picea abies* seedlings. *Silva Fennica*, 2015, v. 49, no. 3, 15 p. DOI: 10.14214/sf.1056
- [35] Listov A.A. *Meropriyatiya po uskorennomu lesovozobnovleniyu v sosnyakakh lishaynikovyykh Evropeyskogo Severo-vostoka SSSR* [Measures for accelerated reforestation in lichen pine forests of the European North-East of the USSR]. Arkhangel'sk: AILILKh, 1982, 39 p.
- [36] Rodin A.R., Kalashnikova E.A., Rodin S.A., Silaev G.V. *Lesnye kul'tury* [Forest cultures]. Moscow: Federal'noe agentstvo lesnogo khozyaystva, 2009, 462 p.
- [37] Kovylin O.P. *Novye tekhnologii vyrashchivaniya posadochnogo materiala* [New technologies for growing planting material]. Krasnoyarsk: SibGU im. M.F. Reshetnova, 2017, 61 p.
- [38] Baytuln I.O. *Sozdanie lesnogo pitomnika i tekhnologiya vyrashchivaniya posadochnogo materiala* [Creation of a forest nursery and technology for growing planting material]. Kostanay: Kostanaypoligrafiya, 2009, 48 p.
- [39] Markova I.A., Zhigunov A.V. *Lesnye kul'tury: agrotehnika vyrashchivaniya posadochnogo materiala v lesnykh pitomnikakh* [Forest crops: agrotechnics of growing planting material in forest nurseries]. St. Petersburg: SINJeL: SPbGLTA, 2021, 134 p.
- [40] Novosel'tseva A.I., Smirnov N.A. *Spravochnik po lesnym pitomnikam* [Handbook of forest nurseries]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Timber industry], 1983, 280 p.
- [41] Rodin A.R., Popova N.Ya., Shul'gin N.I., Khrenov L.S. *Rekomendatsii po vyrashchivaniyu sosny i eli v otkrytom grunte v zone smeshannykh lesov* [Recommendations for growing pine and spruce in the open field in the zone of mixed forests]. Moscow: Minleshoz RSFSR, 1989, 32 p.
- [42] Volkovich A.P., Nosnikov V.V. *Intensivnye tekhnologii vyrashchivaniya posadochnogo materiala i lesovosstanovleniya: teksty lektsiy* [Intensive technologies for growing planting material and reforestation: lecture texts]. Minsk: BGTU, 2015, 74 p.
- [43] *Spravochnik po lesosennomu delu* [Handbook of forest seed business]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Timber industry], 1978, 336 p.
- [44] Markova I.A., Zhigunov A.V. *Lesnye kul'tury. Agrotehnika vyrashchivaniya posadochnogo materiala v lesnykh pitomnikakh taezhnoy zony* [Forest cultures. Agrotechnics of growing planting material in the forest nurseries of the taiga zone]. St. Petersburg: SPbGLTA, 2007, 88 p.
- [45] Zhigunov A.V. *Teoriya i praktika vyrashchivaniya posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy* [Theory and practice of growing planting material with a closed root system]. St. Petersburg: SPbNIIL, 2000, 294 p.
- [46] Wagner R.G., Colombo S.J. Regenerating the Canadian Forest. Principles and Practice for Ontario, 2001, 658 p.
- [47] Kuznetsova O.N. *Pitate'l'naya smes' dlya proizvodstva sazhensev khvoynnykh porod* [Nutrient mixture for the production of seedlings of coniferous species]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 2010, no. 1, pp. 46–47.
- [48] Mashkin I.A., Koryt'ko L.A., Shukanov V.P. *Vliyaniye zashchitno-stimuliruyushchikh preparatov na bolezneustoychivost' i kachestvennyye kharakteristiki seyantsev eli (Picea abies) s zakrytoy kornevoy sistemoy* [Influence of protective-stimulating drugs on disease resistance and qualitative characteristics of seedlings of spruce (*Picea abies*) with a closed root system]. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2020, no. 2, pp. 109–119.
- [49] Pentel'kina N.V. *Zashchita seyantsev eli ot infektsionnogo poleganiya putem obrabotki semyan protravitelyami i regulyatorami rosta pered zakladkoj na khraneniye* [Protection of spruce seedlings from infectious lodging by seed treatment with disinfectants and growth regulators before storage]. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaystva* [Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry], 2013, no. 2, pp. 62–67.
- [50] Yarmolovich V.A., Dishuk N.G., Asmolovskiy M.K., Semenova V.Yu. *Biologicheskaya effektivnost' novykh preparatov dlya predposevnoy obrabotki semyan v zashchite seyantsev ot infektsionnogo poleganiya* [Biological efficiency of new preparations for pre-sowing treatment of seeds in protecting seedlings from infectious lodging]. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2013, no. 1, pp. 262–265.
- [51] Konavalov N.A. Opyt predposevnoy obrabotki semyan listvennitsy Sukacheva [Experience of pre-sowing treatment of Sukachev's larch seeds]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 1961, no. 4, pp. 162–164.
- [52] Larionova N.A. *Primeneniye gormonal'nykh veshchestv dlya uluchsheniya kachestva semyan i rosta seyantsev khvoynnykh porod v Krasnoyarskom krae* [The use of hormonal substances to improve the quality of seeds and the growth of seedlings of conifers in the Krasnoyarsk Territory]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 1997, no. 6, pp. 28–30.
- [53] Pentel'kin S.K., Pentel'kina N.V. *Krezatsin dlya lesnykh pitomnikov* [Krezatsin for forest nurseries]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 2000, no. 2, pp. 29–31.
- [54] Galdina T.E., Khar'kova V.A. *Otsenka vliyaniya biostimulyatorov na sostoyaniye i kachestvo seyantsev sosny obyknovennoy (Pinus silvestris L.)* [Evaluation of the impact of biostimulants on the condition and quality of seedlings of Scots pine (*Pinus silvestris* L.)]. V Mezhdunarodnaya studencheskaya elektronnyaya nauchnaya konferentsiya «Studencheskiy nauchnyy forum» Moskva, 15 fevralya — 31 marta 2012 goda [IV International Student Electronic Scientific Conference «Student Scientific Forum» Moscow, February 15 — March 31, 2012]. Available at: <https://scienceforum.ru/2012/article/2012000558> (accessed 03.03.2022).
- [55] Himanen K., Lilja A., Poimala née Rytönen A., Nygren M. Soaking effects on seed germination and fungal infection in *Picea abies*. *Scandinavian J. of Forest Research*, 2013, no. 28, pp. 1–7.
- [56] Brady S.M., McCourt P. Hormone Cross-Talk in Seed Dormancy. *J Plant Growth Regul*, 2003, v. 22, pp. 25–31.
- [57] Obrucheva N.V. *Perekhod ot gormonal'noy k negormonal'noy regulyatsii na primere vykhoda semyan iz pokoya i zapuska prorastaniya* [Transition from hormonal to non-hormonal regulation on the example of seed exit from dormancy and initiation of germination]. *Fiziologiya rasteniy* [Plant Physiology], 2012, v. 59, no. 4, pp. 591–600.
- [58] Miransari M., Smith D.L. Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, 2014, v. 99, pp. 110–121.
- [59] Vaistija F.E., Barros-Galvãoa T., Colea A.F., Gildaya A.D., Hea Z., Lia Y., Harveya D., Larsona T.R., Grahama I.A. MOTHER-OF-FT-AND-TFL1 represses seed germination under far-red light by modulating phytohormone responses in *Arabidopsis thaliana*. *PNAS*, 2018, v. 115, pp. 8442–8447.
- [60] Romanov E.M. *Vyrashchivaniye seyantsev drevesnykh rasteniy: bioekologicheskie i agrotekhnicheskie aspekty* [Growing seedlings of woody plants: bioecological and agrotechnical aspects]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2000, 500 p.

- [61] Feurtado J.A., Yang J., Ambrose S.J., Cutler A.J., Abrams S.R., Kermode A.R. Dis-rupting abscisic acid homeostasis in western white pine (*Pinus monticola* Dougl. Ex D. Don) seeds induces dormancy termination and changes in abscisic acid catabolites. *J Plant Growth Regul*, 2007, v. 26, pp. 46–54.
- [62] Zhang Y., Lu S., Gao H. Effects of Stratification and Hormone Treatments on Germination and PhysioBiochemical Properties of *Taxus chinensis* var. *mairei* Seed. *American J. of Plant Sciences*, 2012, v. 3, pp. 829–835.
- [63] Zhao G., Jiang X. Roles of Gibberellin and Auxin in Promoting Seed Germination and Seedling Vigor in *Pinus massoniana*. *For. Sci*, 2014, v. 60 (2), pp. 367–373.
- [64] Mugloo J.A., Mir N.A., Khan P.A., Perray G.N., Kaiser K.N. Effect of Different Pre-Sowing Treatments on Seed Germination of Spruce (*Picea smithiana* Wall. Boiss) Seeds un-der Temperate Conditions of Kashmir Himalayas, India. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 2017, v. 6 (11), pp. 3603–3612.
- [65] Melekhov V.I., Babich N.A., Lebedeva O.P., Tyurikova T.V., Vasil'eva N.N. *Sredstvo dlya predposevnoy obrabotki semyan khvoynykh porod* [Means for pre-sowing treatment of coniferous seeds]. Patent RU 2 680 700 S1, 2019. 4 p.
- [66] Wort D.J., Severson J.G., Peirson D.R. Mechanism of Plant Growth Stimulation by Naphthenic Acid. *Plant Physiol*, 1973, no. 5, pp. 162–165.
- [67] Borno C., Taylor I.E. The effect of high concentration of ethylene on seed germination of Douglas fir (*Pseudotsugamenziesii* (Mirb) Can. J. of Forest Research, 1975, no. 5 (3), pp. 419–423.
- [68] Sołtys A., Studnicki M., Zawadzki G., Aleksandrowicz-Trzczińska M. The effects of salicylic acid, oxalic acid and chitosan on damping-off control and growth in Scots pine in a forest nursery. *i Forest Biogeosciences and Forestry*, 2020, v. 13, pp. 441–446.
- [69] Gridnev A.N. *Nauchnye osnovy vyrashchivaniya posadochnogo materiala v usloviyakh Dal'nego Vostoka* [Scientific basis for growing planting material in the conditions of the Far East: a textbook]. Ussuriysk: Primorskaya GSKhA, 2020, 271 p.
- [70] Tagil'tsev Yu.G., Orlov A.M., Gul' L.P., Kolesnikova R.D. *Ispol'zovanie biologicheskii aktivnykh veshchestv iz otkhodov lesozagotovok dlya lesovosstanovleniya* [The use of biologically active substances from logging waste for reforestation]. Innovatsii i tekhnologii v lesnom khozyaystve. Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Chast' 2 [Innovations and technologies in forestry. Materials of the II International Scientific and Practical Conference. Part 2], St. Petersburg: Sankt-Peterburgskiy nauchno-issledovatel'skiy institut lesnogo khozyaystva, 2012, pp. 194–196.
- [71] Frolenkova M.S., Volkovich A.P. Influence of preseedling treatment of seeds of Scots pine and Norway spruce on their viability and energy of germination. *Proceedings of BSTU*, 2016, no. 1, pp. 80–83.
- [72] Kabanova C.A., Danchenko M.A., Bortsov V.A., Kocherganov I.S. *Rezultaty predposevnoy obrabotki semyan sosny obyknovnoy stimulyatorami rosta* [Results of pre-sowing treatment of Scots pine seeds with growth stimulators]. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Lesotechnical journal], 2017, no. 2, pp. 75–83.
- [73] Pentel'kina Yu.S. *Vliyanie stimulyatorov na vskhozhest' semyan i rost seyantsev khvoynykh vidov* [Influence of stimulants on seed germination and growth of seedlings of coniferous species]. Diss. Cand. Sci. (Agric.). Moscow, 2003, 28 p.
- [74] Adilbayeva Z., Maisupova B., Abayeva K., Utebekova A., Akhmetov R. The Effect of Stimulants on the Seed Germination and Growth of Schrenk's Spruce Seedlings. *OnLine J. of Biological Sciences*, 2021, v. 21 (2), pp. 354–364. DOI: 10.3844/ojbsci.2021.354.364
- [75] Aliev E.V., Sivolapov A.I. *Vliyanie predposevnoy obrabotki semyan na vskhozhest' i rost seyantsev sosny obyknovnoy rostovymi veshchestvami* [Influence of pre-sowing treatment of seeds on the germination and growth of seedlings of Scots pine with growth substances]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2013, no. 4, p. 36.
- [76] Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Khramova O.Yu., Dorozhkina L.A. *Stimuliruyushchiy effekt preparata EkoFus v predposevnoy obrabotke semyan eli evropeyskoy (Picea abies (L.) H. Karst.)* [Stimulating effect of EcoFus in presowing seed treatment of European spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.)]. *Agrokhimicheskii vestnik* [Agrochemical Bulletin], 2017, no. 2, pp. 41–44.
- [77] *Gosudarstvennyy katalog pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiyskoy Federatsii (na 27 yanvarya 2022 g.). Ch. 1. Pestitsidy* [State Catalog of Pesticides and Agrochemicals Permitted for Use on the Territory of the Russian Federation (as of January 27, 2022). Part 1 Pesticides], Moscow, 2022, 839 p.
- [78] Pentel'kin S.K., Pentel'kina N.V., Ostroshenko V.V., Ostroshenko L.Yu. *Vliyanie stimulyatorov na gruntovuyu vskhozhest' semyan dal'nevostochnykh khvoynykh drevesnykh porod* [Influence of stimulants on soil germination of seeds of Far Eastern coniferous tree species]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex], 2004, no. 9, pp. 39–42.
- [79] Pentel'kina N.V., Ostroshenko L.Yu. *Vyrashchivanie seyantsev khvoynykh porod v usloviyakh Severa i Dal'nego Vostoka s ispol'zovaniem stimulyatorov rosta* [Growing seedlings of coniferous species in the conditions of the North and the Far East using growth stimulants]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex], 2005, no. 10, pp. 125–129.
- [80] Usov V.N., Popkov B.V. *Vliyanie stimulyatora rosta «Epin» na prorastanie semyan i rost seyantsev sosny gustotsvetkovoy i Banksa* [Influence of the growth stimulator «Epin» on the germination of seeds and the growth of seedlings of densely flowering pine and Banks]. *K 50-letiyu kafedry lesovodstva Instituta lesnogo i lesoparkovogo khozyaystva VGOU VPO «Primorskaya GSKhA»* [To the 50th anniversary of the Department of Forestry of the Institute of Forestry and Forest Park Management of the Primorskaya State Agricultural Academy. Anniversary collection of scientific papers]. Ussuriysk: PGSHA, 2010, pp. 180–185.
- [81] Ostroborodova N.I., Ulanova O.I. *Vliyanie regulyatorov rosta na biologicheskie svoystva sosny obyknovnoy* [Influence of growth regulators on the biological properties of Scots pine]. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus* [XXI century: results of the past and problems of the present plus], 2014, no. 1 (17), pp. 33–37.
- [82] Ostroshenko V.V., Ostroshenko L.Yu., Klyuchnikov D.A., Ostroshenko V.Yu., Chekushkina T.I. *Vliyanie stimulyatorov rosta na energiyu prorastaniya i laboratornyuyu vskhozhest' semyan sosny obyknovnoy (Pinus sylvestris L.)* [Influence of growth stimulators on germination energy and laboratory germination of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds]. *Izvestiya SamNTs RAN* [Izvestiya SamNTs RAS], 2015. v. 17. no. 6, pp. 242–248.

- [83] Gapon'ko E.A., Kanitskaya L.V. *Otsenka vliyaniya stimulyatorov na energiyu prorstaniya i vskhozhest' semyan sosny obyknovnoy (Pinus sylvestris)* [Evaluation of the effect of stimulants on the vigor of germination and seed germination of Scots pine (*Pinus sylvestris*)]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern natural science], 2018, no. 8, pp. 46–51.
- [84] Nosnikov V.V., Volkovich A.P., Yurenaya A.V., Yarmolovich V.A. *Effektivnost' predposevnoy obrabotki semyan sosny i eli preparatom Emistim-S* [Efficiency of pre-sowing treatment of pine and spruce seeds with Emistim-S]. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, no. 1, pp. 150–153.
- [85] Kavosi M.R. *Rezultaty izucheniya vliyaniya sovremennykh biologicheskikh preparatov na prorstanie semyan i razvitie vskhodov sosny i eli* [Results of studying the influence of modern biological preparations on seed germination and development of seedlings of pine and spruce]. *Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik*, 2006, no. 2, pp. 161–166.
- [86] Pentel'kina N.V. *Problemy vyrashchivaniya posadochnogo materiala v lesnykh pitomnikakh i puti ikh resheniya* [Problems of growing planting material in forest nurseries and ways to solve them]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex], 2012, no. 31, pp. 189–193.
- [87] Prokazin N.E., Lobanova E.N., Pentel'kina N.V., Kazakov V.I., Ivanyusheva G.I., Sakhnov V.V., Chukarina A.V., Bagaev S.S. *Vliyanie biostimulyatorov i mikroudobreniy na rost seyantsev khvoynykh porod* [Influence of biostimulants and microfertilizers on the growth of seedlings of coniferous breeds]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry information], 2013, no. 2, pp. 9–15.
- [88] Prokazin N.E., Lobanova E.N., Pentel'kina N.V., Ivanyusheva G.I., Sakhnov V.V., Petrov V.A., Chukarina A.V., Bagaev S.S. *Vyrashchivanie posadochnogo materiala khvoynykh porod s ispol'zovaniem rostovykh stimulyatorov* [Growing planting material of coniferous species using growth stimulants]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry information], 2015, no. 1, pp. 50–56.
- [89] Ostroshenko V.V., Ostroshenko L.Yu., Ostroshenko V.Yu. *Primenenie stimulyatora rosta «Krezatsin» pri vyrashchivanii seyantsev roda Pikhta (Abies)* [The use of the growth stimulator «Krezatsin» in the cultivation of seedlings of the genus Fir (*Abies*)]. *Vestnik KrasGAU*, 2015, no. 5, pp. 184–189.
- [90] Andreeva E.M., Stetsenko S.K., Kuchin A.V., Terekhov G.G., Khurshkaynen T.V. *Vliyanie stimulyatorov rosta prirodnoy proiskhozhdeniya na prorstki khvoynykh porod* [Influence of growth stimulants of natural origin on seedlings of coniferous species]. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Lesotechnical journal], 2016, no. 3, pp. 10–19.
- [91] Ostroshenko V.Yu. *Vliyanie stimulyatora rosta «Epin-Ekstra» na energiyu prorstaniya i laboratornyuyu vskhozhest' semyan sosny obyknovnoy (Pinus sylvestris L.)* [Influence of the growth stimulator «Epin-Extra» on the vigor of germination and laboratory germination of seeds of Scotch pine (*Pinus sylvestris L.*)]. *Vestnik KrasGAU* [Vestnik KrasGAU], 2017, no. 11, pp. 208–218.
- [92] Sakhnov V.V. *Osobennosti razvitiya seyantsev sosny obyknovnoy (Pinus sylvestris L.) i listvennitsy Sukacheva (Larix sukaczewii Dyl.) pri ispol'zovanii preparata «Gumiral» v lesnykh pitomnikakh Srednego Povolzh'ya* [Features of the development of seedlings of Scotch pine (*Pinus sylvestris L.*) and Sukachev larch (*Larix sukaczewii Dyl.*) when using the drug «Gu-miral» in forest nurseries of the Middle Volga]. *Diss. Cand. Sci. (Biol.)*, Ufa, 2007, 17 p.
- [93] Mitrofanov S.V., Gapeeva N.N., Mochalova E.N. *Vliyanie guminovykh udobreniy na posevnye kachestva Eli evropeyskoy* [Influence of humic fertilizers on the sowing qualities of European Spruce]. *Ekologicheski ustoychivoe zemledelie: sostoyanie, problemy i puti ikh resheniya. Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. VNIIOU — filial FGBNU «Verkhnevolzhskiy FANTs», 22–24 iyunya 2018 g.* [Ecologically sustainable agriculture: state, problems and ways to solve them. Materials of the All-Russian scientific-practical conference with international participation. VNIIOU — branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Verkhnevolzhskiy FANTs», June 22–24, 2018]. *Ivanovo: PresSto*, 2018, pp. 177–181.
- [94] Khurshkaynen T.V. *Vydelenie i issledovanie kislykh komponentov lipidov drevesnoy zeleni pikhty (Abies sibirica) i eli (Picea sibirica)* [Isolation and study of acidic components of lipids in fir (*Abies sibirica*) and spruce (*Picea sibirica*) tree greens]. *Cand. Diss. Sci. (Chemical)*, Syktyvkar, 2004, 24 p.
- [95] Khurshkaynen T.V., Kuchin A.V. *Lesokhimiya dlya innovatsiy v sel'skom khozyaystve* [Forest chemistry for innovations in agriculture]. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN* [Proceedings of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences], 2011, v. 1(5), pp. 17–23.
- [96] Chukicheva I.Yu., Khurshkaynen T.V., Kuchin A.V. *Prirodnye regulatory rosta rasteniy iz khvoynogo syr'ya* [Natural growth regulators of plants from coniferous raw materials]. *Innovatika i ekspertiza: nauchnye trudy* [Innovation and expertise: scientific works], 2018, no. 3 (24), pp. 93–99.
- [97] Romanov E.M. *Intensifikatsiya vyrashchivaniya posadochnogo materiala eli i sosny. Prakticheskie rekomendatsii* [Intensification of cultivation of spruce and co-dream planting material. Practical recommendations]. *Yoshkar-Ola: Ministry of Forestry of the Mari ASSR*, 1978, 25 p.
- [98] Bratilova N.P., Matveeva R.N., Shcherba Yu.E., Kichkil'deev A.G. *Vyrashchivanie selektsionnogo posadochnogo materiala* [Cultivation of breeding planting material]. *Krasnoyarsk: SibGAU*, 2016, 66 p.
- [99] Markova I.A. *Sovremennye problemy lesovyrashchivaniya (lesokol'turnoe proizvodstvo)* [Modern problems of forest growing (forestry production)]. *St. Petersburg: SPbGLTA*, 2008, 152 p.
- [100] Ostroshenko V.V., Ostroshenko A.Yu., Akimov R.Yu., Pak A.V. *Normirovanie rabot po drazhirovaniyu semyan khvoynykh drevesnykh porod* [Rationing of work on pelleting seeds of coniferous trees]. *Vestnik KrasGAU*, 2013, no. 3, pp. 139–142.
- [101] Kuraev V.N., Martynyuk A.A. *Ispol'zovanie organicheskikh otkhodov v lesnom khozyaystve* [The use of organic waste in forestry]. *Pushkino: VNIILM*, 2012, 126 p.
- [102] Ustinova T.S. *Vliyanie preparata Gumat+7 na rost seyantsev eli evropeyskoy* [Influence of the drug Gumat+7 on the growth of seedlings of European spruce]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex], 2009, no. 22, pp. 146–148.
- [103] Ustinova T.S., Zurov R.N. *Vliyanie preparata Gumat+7 na rostovye protsessy khvoynykh porod* [Influence of the drug Gumat+7 on the growth processes of conifers]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forestry complex], 2010, no. 26, pp. 115–118.

- [104] Nemkov P.S., Grekhova I.V. *Vliyanie guminovogo preparata na seyantsy khvoynykh porod* [Influence of a humic preparation on seedlings of coniferous breeds]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* [Theoretical and applied ecology], 2015, no. 1, pp. 96–99.
- [105] Mitrofanov R.Yu., Kochetkova T.V., Zolotukhin V.N., Budaeva V.V. *Rostoreguliruyushchie svoystva ekstrakta solomy ovsa* [Growth-regulating properties of oat straw extract]. *Novye dostizheniya v khimii i khimicheskoy tekhnologii rastitel'nogo syr'ya: Materialy III Vseros. konf.* [New achievements in chemistry and chemical technology of plant raw materials: Proceedings of III All-Russia. conf.], 23–27 Apr. 2007, Book 3. Barnaul: Altai University Press, 2007, pp. 229–232.
- [106] Zaytseva N.V. *Sposob predposevnoy obrabotki semyan dlya povysheniya ikh ustoychivosti k ul'trafiioletovomu oblucheniyu* [A method for pre-sowing treatment of seeds to increase their resistance to ultraviolet irradiation]. Patent RU 2 618 325 C2, 2017. 10 p.
- [107] Yakovenko E.Ya. *Sposob polucheniya natural'nogo regulatora rosta rasteniy* [A method for obtaining a natural plant growth regulator]. Patent RU 2 109 446 C1, 1998. 6 p.
- [108] Meiqiu Z.H.U., Changming M.A., Wang Y., Zhang L., Wang H., Yoan Y., Du K. Effect of extracts of Chinese pine on its own seed germination and seedling growth. *Front. Agric. China*, 2009, pp. 353–358.
- [109] Liu Z.L., Wang Q.C., Hao L.F. Interspecific allelopathic effect of different organs' aqueous extracts of *Betula platyphylla* and *Larix olgensis* on their seed germination and seedling growth. *The J. of Applied Ecology*, 2011, v. 22, pp. 3138–3144.
- [110] Kirsanova E.V., Tsukanova Z.R., Musalatoва N.N. *O perspektivakh predposevnoy obrabotki regulyatorami rosta semyan yarovoy pshenitsy v Orlovskoy oblasti* [On the prospects of pre-sowing treatment by regulators of spring wheat seed growth in the Orel region]. *Vestnik OrelGAU* [Bulletin of the OrelSAU], 2008, no. 3, pp. 21–23.
- [111] Panyushkina N.V., Karasev V.N., Karaseva M.A., Brodnikov S.N. *Sposob stimulyatsii skorosti prorastaniya semyan sosny obyknovennoy* [Method for stimulating the germination rate of common pine seeds]. Patent RU 2 569 017 C1, 2015, 5 p.
- [112] Hurshkajnen T.V., Terent'ev V.I., Skripova N.N., Nikonova N.N., Koroleva A.A. *Khimicheskij sostav otkhodov pererabotki khvoynogo syr'ya* [Chemical composition of waste processing of coniferous raw materials]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2019, no. 1, pp. 233–239.
- [113] Smirnov A.I., Orlov F.S., Drozdov I.I. *Vliyanie nizkochtotnogo elektromagnitnogo polya na prorastanie semyan i rost seyantsev sosny obyknovennoy i eli evropeyskoy* [Intensive agricultural techniques for sowing seeds of coniferous species]. *Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik*, 2015, no. 2, pp. 69–73.
- [114] Gavrilova O.I., Gostev K.V., Gostev V.A., Zhuravleva M.V., Rummyantseva M.A. *Issledovanie vliyaniya predposevnoy obrabotki semyan drevesnykh porod vodoy, aktivirovannoy plazmoy* [Investigation of the effect of pre-sowing treatment of woody seeds with water activated by plasma]. *Inzhenernyy Vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], 2016, no. 4, pp. 1–6.
- [115] Krasnolutsкая M.G. *Povyshenie effektivnosti ul'trafiioletovoy svetodiodnoy obluchatel'noy ustanovki dlya predposevnoy obrabotki semyan eli* [Improving the efficiency of an ultraviolet LED irradiation system for pre-sowing treatment of spruce seeds]. *Cand. Diss. Sci. (Tech.)*. Cheboksary, 2018, 20 p.
- [116] Matveeva R.N., Butorova O.F. *Uskorennoe vyrashchivanie seyantsev i kul'tur kedra sibirskogo v Vostochnoy Sibiri* [Accelerated cultivation of seedlings and Siberian cedar crops in Eastern Siberia]. Krasnoyarsk: SibSTU, 2001, 254 p.
- [117] Gul'binene N.P. *Vliyanie ul'trazvuka i stimulyatorov rosta na vskhozhest' semyan i rost seyantsev i sazhenitsev eli obyknovennoy (Picea abies (L.) Karsten.)* [The effect of ultrasound and growth stimulators on seed germination and growth of seedlings and seedlings of spruce (*Picea abies* (L.) Karsten.)]. *Diss. Cand. Sci. (Agric.)*. Minsk, 1983, 21 p.

The work was carried out on the basis of the research carried out within the framework of the state task of the FBU «SevNIILKh» for conducting applied scientific research. Subject registration number: 122020100292-5.

Authors' information

Тюкавина Ольга Николаевна [✉] — Dr. Sci. (Agriculture), Research of the Northern research Institute of Forestry, Associate Professor of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, o.tukavina@narfu.ru

Демина Надежда Александровна — Cand. Sci. (Agriculture), Senior Research of the Northern research Institute of Forestry, monitoringlesov@sevniilh-arh.ru

Received 10.06.2022.

Approved after review 20.09.2022.

Accepted for publication 26.09.2022.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest