

Обзорная статья

УДК 631.811.6.88:630\*32

DOI: 10.37482/0536-1036-2025-3-20-51

## Синтетические и природные регуляторы роста растений для выращивания сеянцев древесных пород

**Н.П. Чернобровкина**<sup>✉</sup>, *д-р биол. наук, вед. науч. сотр., доц.;*

ResearcherID: [K-6120-2018](https://orcid.org/0000-0002-9716-003X), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9716-003X>

**А.В. Егорова**, *канд. с.-х. наук, мл. науч. сотр.;* ResearcherID: [K-6095-2018](https://orcid.org/0000-0002-1691-1269),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1691-1269>

**Е.В. Робонен**, *науч. сотр.;* ResearcherID: [AAD-1958-2019](https://orcid.org/0000-0001-7926-8672),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7926-8672>

**К.Г. Нелаева**, *аспирант, мл. науч. сотр.;* ResearcherID: [GYJ-7223-2022](https://orcid.org/0000-0002-3283-4451),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3283-4451>

Институт леса КарНЦ РАН, ул. Пушкинская, д. 11, г. Петрозаводск, Россия, 185910; chernobrovkina50@bk.ru<sup>✉</sup>, egorova.anast@mail.ru, er51@bk.ru, nelaevakg@krc.karelia.ru

Поступила в редакцию 13.02.24 / Одобрена после рецензирования 28.04.24 / Принята к печати 30.04.24

**Аннотация.** Активно внедряются и совершенствуются технологии выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой, в т. ч. многоротационный режим. В лесных питомниках подзоны средней тайги РФ его использование затруднено в связи с коротким вегетационным периодом и, как следствие, недостаточной адаптацией сеянцев 2-й ротации к условиям зимнего сезона и недостижением ими стандартных размеров. Одним из эффективных приемов улучшения роста растений и их адаптированности к неблагоприятным условиям среды является применение стимуляторов роста. Проведены многочисленные исследования по выявлению влияния таких препаратов на прорастание семян и развитие сеянцев древесных пород для оптимизации режима выращивания. Цель статьи – обобщение и систематизация результатов исследований применения регуляторов роста растений при выращивании сеянцев в лесных питомниках. Приводится классификация регуляторов роста растений: синтетические на базе различных источников и биостимуляторы на основе естественного сырья – кислотные, микробиологические и экстракты растений. Последние включают экстракты древесных и травянистых растений, морских водорослей. Рассматривается состав биологически активных соединений в препаратах из древесной зелени хвойных и лиственных пород. Представлены сведения об особенностях и эффективности влияния синтетических регуляторов роста и биостимуляторов на развитие сеянцев и их приживаемость при посадке на лесокультурную площадь. Излагаются характерные черты процесса получения препаратов из древесной зелени, пристальное внимание отводится наличию фитогормонов в этих препаратах в зависимости от времени отбора растительного материала в суточной динамике. Применение синтетических регуляторов роста, а также биостимуляторов является надежным способом улучшения всхожести семян и роста сеянцев древесных пород при их выращивании в лесных питомниках. Выбор регуляторов роста для конкретных целей при подготовке посадочного материала базируется на экспериментальных исследованиях с учетом вида растений, экономической целесообразности, экологии, климата и сырьевых ресурсов региона.



**Ключевые слова:** синтетические регуляторы роста растений, биостимуляторы, древесная зелень, морские водоросли, посадочный материал, лесные питомники

**Благодарности:** Исследование выполнено за счет гранта РФФ № 23-26-00192, <https://rscf.ru/project/23-26-00192/>.

**Для цитирования:** Чернобровкина Н.П., Егорова А.В., Робонен Е.В., Нелаева К.Г. Синтетические и природные регуляторы роста растений для выращивания сеянцев древесных пород // Изв. вузов. Лесн. журн. 2025. № 3. С. 20–51.

<https://doi.org/10.37482/0536-1036-2025-3-20-51>

Review article

## Synthetic and Natural Plant Growth Regulators for Growing Seedlings of Tree Species

**Nadezhda P. Chernobrovkina**<sup>✉</sup>, Doctor of Biology, Assoc. Prof.;

ResearcherID: [K-6120-2018](https://orcid.org/0000-0002-9716-003X), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9716-003X>

**Anastasiya V. Egorova**, Candidate of Agriculture, Junior Research Scientist;

ResearcherID: [K-6095-2018](https://orcid.org/0000-0002-1691-1269), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1691-1269>

**Elena V. Robonen**, Research Scientist; ResearcherID: [AAD-1958-2019](https://orcid.org/0000-0001-7926-8672),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7926-8672>

**Karina G. Nelaeva**, Postgraduate Student, Junior Research Scientist;

ResearcherID: [GYJ-7223-2022](https://orcid.org/0000-0002-3283-4451), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3283-4451>

Forest Research Institute of Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, ul. Pushkinskaya, 11, Petrozavodsk, 185910, Russian Federation; [chernobrovkina50@bk.ru](mailto:chernobrovkina50@bk.ru)<sup>✉</sup>, [egorova.anast@mail.ru](mailto:egorova.anast@mail.ru), [er51@bk.ru](mailto:er51@bk.ru), [nelaevakg@krc.karelia.ru](mailto:nelaevakg@krc.karelia.ru)

---

Received on February 13, 2024 / Approved after reviewing on April 28, 2024 / Accepted on April 30, 2024

---

**Abstract.** Technologies for growing planting stock with a closed root system, including a multi-rotation mode, are being actively introduced and improved. In the forest nurseries of the middle taiga subzone of the Russian Federation, its use is difficult due to the short growing season and, as a consequence, the insufficient adaptation of the 2nd rotation seedlings to the conditions of the winter season and their failure to reach standard sizes. One of the effective methods for improving plant growth and their adaptability to adverse environmental conditions is the use of growth stimulants. Numerous studies have been conducted to identify the effect of such preparations on seed germination and the development of tree seedlings in order to optimize the growing regime. The aim of this article is to summarize and systematize the results of studies on the use of plant growth regulators in the cultivation of seedlings in forest nurseries. A classification of plant growth regulators has been given: synthetic ones based on various sources and biostimulants based on natural raw materials – acidic, microbiological and plant extracts. The latter include extracts of woody and herbaceous plants and marine algae. The composition of biologically active compounds in preparations from coniferous and deciduous foliage has been considered. The article presents information on the peculiarities and effectiveness of synthetic growth regulators and biostimulants on the development of seedlings and their survival rate when planted in a forest cultivation area. The characteristic features of the process of obtaining preparations from foliage have been presented, close attention has been paid to the presence of phytohormones in these preparations, depending on the time of selection of planting stock in daily dynamics. The use of synthetic

growth regulators, as well as biostimulants, is a reliable way to improve seed germination and the growth of tree seedlings when grown in forest nurseries. The choice of growth regulators for specific purposes when preparing planting stock is based on experimental studies taking into account the plant species, economic feasibility, ecology, climate and raw material resources of the region.

**Keywords:** synthetic plant growth regulators, biostimulants, foliage, marine algae, planting stock, forest nurseries

**Acknowledgements:** The study was supported by the Russian Science Foundation grant no. 23-26-00192, <https://rscf.ru/project/23-26-00192/>.

**For citation:** Chernobrovkina N.P., Egorova A.V., Robonen E.V., Nelaeva K.G. Synthetic and Natural Plant Growth Regulators for Growing Seedlings of Tree Species. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2025, no. 3, pp. 20–51. (In Russ.).

<https://doi.org/10.37482/0536-1036-2025-3-20-51>

### Введение

Выращивание высококачественного посадочного материала в лесных питомниках является необходимым звеном в процессе лесовосстановления. Повышение эффективности лесопитомнических хозяйств достигается путем разработки и совершенствования новых технологий, направленных на создание устойчивых систем получения посадочного материала. Активно внедряются и оптимизируются технологии выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой, в т. ч. многоротационный режим. Его использование в лесных питомниках подзоны средней тайги РФ затруднено в связи с коротким вегетационным периодом растений и, как следствие, риском неподготовленности семян к зимнему сезону. С целью адаптации режима выращивания семян к условиям короткого вегетационного периода применяются современные агротехнические приемы, такие как искусственное сокращение фотопериода в конце вегетационного сезона для прекращения развития растения в высоту и формирования у него достаточного уровня морозостойкости [71, 72, 75, 79, 80]. При этом есть вероятность, что сеянцы 2-й ротации не достигнут стандартных размеров.

Одним из эффективных способов улучшения роста растений и их адаптивности к неблагоприятным условиям среды является применение стимуляторов роста. Изучение их эффективности при выращивании растений способствовало развитию химической индустрии в этой сфере. Многообразие регуляторов роста определяется избирательностью их действия на различные растения. Регуляторы роста растений – одна из самых перспективных групп препаратов, состав которой ежегодно обновляется. Регуляторы роста делятся на продукты искусственного химического синтеза и природные фитогормоны, производимые растительными клетками. Основные составляющие рынка – синтетические регуляторы роста, препараты на основе гуминовых кислот (Escormon и др.), аминокислот (Metalosates Calcium and Fe, Agrocean B, Tecamin Brix и др.), экстракты морских водорослей (Natrakelp, Fair Dinkum Fertilizers, Acadian Seaplants, Kelpak и др.) [70].

Особое внимание уделяется минимизации влияния химических препаратов на окружающую среду. Одним из способов более быстрого достижения этой цели является использование препаратов биологического происхождения –

биостимуляторов. Они экологически чистые и безопасны для человека [113]. Биостимуляторы на основе экстрактов растений, аминокислот, гуминовых кислот и фульвокислот составляют 85 %, морских водорослей – около 15 % от объема мирового рынка биостимулирующих препаратов [66].

Несмотря на то, что использование биологических соединений в сельскохозяйственном производстве известно давно [73, 94], контролируемое применение биостимулирующих веществ и их коммерческих продуктов ощутимо увеличилось только в 70-е гг. прошлого столетия [86]. В лесном хозяйстве, как и в других отраслях, связанных с выращиванием растений, ставится задача максимально ограничить использование химических препаратов. Альтернативой для них могут быть биостимуляторы [81, 101, 103], стимуляторы роста и питания растений [91], иммуностимуляторы [91, 96], препараты, содержащие эффективные микроорганизмы [67, 74, 93], которые давно применяются в сельском хозяйстве и садоводстве, однако для лесного хозяйства являются относительно новым направлением [122].

Цель данного обзора – обобщение и систематизация результатов исследований синтетических регуляторов роста растений и биостимуляторов, применяемых при выращивании посадочного материала в лесных питомниках.

*Всхожесть семян.* К одной из проблем выращивания посадочного материала в лесных питомниках относится низкое качество семян, которое приводит к неравномерности их прорастания в кассетах. При посеве в ячейку более 1 семени повышаются затраты на получение посадочного материала за счет увеличения расхода семян, прореживаний и пересадки. Существуют различные способы повышения посевных качеств лесных семян. Наиболее эффективным из них считается стратификация (снегование). Приводятся сведения по методическим подходам применения этого способа и барботации, дражирования семян микоризой, использования макро- и микроэлементов, протравливания семян сосны и ели фунгицидами [49]. Представлен список лучших препаратов для предпосевного протравливания семян сосны и ели по «Государственному каталогу пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации». Для повышения посевных качеств семян хвойных также разрабатываются методы физического воздействия, представленные в обзоре [49]: обработка низкочастотным электромагнитным полем (всхожесть повышается на 28,3 %); активированной плазмой (на 11,2 %); ультрафиолетовым облучением (на 11,0 %); рентгеновскими лучами и ультразвуком (на 7,0 %). Однако данные способы обработки семян являются либо сложными, либо недоступными.

Для максимального снижения потери лесосеменного сырья, особенно селекционно-улучшенного, разрабатываются способы повышения всхожести семян с учетом физиологических аспектов. Генетический и физиологический анализ показали, что полный покой семян устанавливается в процессе эмбриогенеза при сбалансированности активности между различными гормонами [68]. Прорастание семян обусловлено содержанием и соотношением в них абсцизовой (АБК) и гиббереллиновой (ГК) кислот [26, 69, 106, 123]. Регуляция выхода семян из состояния покоя заключается в ослаблении влияния АБК и усилении – ГК на метаболические процессы клеток [26]. Механизмы, лежащие в основе благоприятного воздействия способа влажного охлаждения на выведение семян из состояния покоя, также связаны с растительными гормонами АБК и ГК.

В процессе влажной стратификации семян ели белой (*Picea glauca* Moench. Voss) при пониженных температурах уровни названных кислот значительно изменялись, при этом заметное снижение содержания АБК и повышение уровня ГК<sub>53</sub>, предшественника биоактивного ГК<sub>1</sub>, наблюдалось в течение первых 6 ч после помещения семян в оптимальные условия света и температуры, что способствовало быстрому прорастанию [97]. Установлено, что обработка семян сосны Массона (*Pinus massoniana* Lamb.) ГК способствовала снижению в них уровня АБК [85]. Экзогенные ГК значительно повышали всхожесть семян ели Смита (*Picea smithiana* Wall. Voiss) [107]. Обработка семян сосны обыкновенной и ели европейской ГК увеличивала их всхожесть [44, 78, 85, 107, 129]. Предпосевная обработка семян хвойных стимуляторами роста позволяла значительно повысить их энергию прорастания и всхожесть [5, 15, 17, 30, 39, 48, 56] (см. таблицу). Показано влияние стимуляторов роста на грунтовую всхожесть семян и сохранность сеянцев главных лесобразующих видов Средней Сибири [18].

Детально представлены особенности воздействия регуляторов роста на посевные качества семян сосны обыкновенной и ели европейской при выращивании в открытом грунте [49]. Отмечается, что в питомниках следует использовать стимулирующие рост растений препараты из перечня разрешенных на территории РФ, список которых ежегодно обновляется. Для стимуляции прорастания семян предложено 53 препарата, из них только 2 – Рибав-Экстра (на основе экстракта микоризных грибов из корней женьшеня) и Циркон (на основе гидроксикоричных кислот из листьев эхинацеи) рекомендуются для обработки семян и стимуляции роста хвойных. 39 препаратов в этом аспекте не апробированы, и лишь для 14 препаратов изучено влияние на семена хвойных. Сформирован перечень эффективных препаратов различной природы для семян сосны: Агат-25К ( $1 \cdot 10^{-2}$ ,  $1 \cdot 10^{-3}$  %), Вэрва-ель (0,025 мл/10 мл воды), Крезацин (1 мл/3–5 л), Новосил (2 кап./1 л), Оберег (7 кап./500 мл), Рибав-Экстра (1 мл/4–5 л), Циркон (1 мл/5–6 л), Экогель (20 мл/л), Экопин (1 мл/3–5 л), Эми-стим-С (2 мл/л), Эпин-Экстра ( $1 \cdot 10^{-2}$  %); для ели: Гетероауксин (4 г/л), Гумат (0,01 %), Экогель (30 мл/л) [49].

*Рост сеянцев.* В малых дозах стимуляторы роста в качестве корневых и внекорневых подкормок оказывают положительное воздействие также на рост сеянцев хвойных пород, способствуют лучшему развитию корневой системы, накоплению биомассы, тем самым позволяя увеличивать выход качественного посадочного материала и снижать затраты на его выращивание [41]. При 1-кратном воздействии стимуляторами положительный эффект на рост сеянцев хвойных сохранялся в течение всего срока выращивания [42].

Внекорневая обработка сеянцев сосны юньнаньской (*Pinus yunnanensis* Franch.) ауксинами положительно влияла на их развитие [127]. Сочетание предпосевной обработки семян ели европейской (*Picea abies* L. Karst.) и сосны крымской (*Pinus pallasiana* Lamb.) Цирконом и Цитовитом с последующими внекорневыми обработками сеянцев Крезацином, Супер Гумисолом и Силиплантом способствовало усилению ростовых процессов сеянцев и их адаптивной способности к условиям выращивания [42]. При внесении Крезацина как корневой подкормки при получении сеянцев пихты почкочешуйной, или белокорой (*Abies nephrolepis* Maxim.), и пихты цельнолистной (*A. holophylla* Maxim.) его стимулирующий эффект на их рост сохранялся в течение 2 лет [31].

Эффективность стимуляторов роста при выращивании семян древесных пород  
The efficiency of growth stimulants in the cultivation of tree seedlings

Вид	Регулятор роста	Дозировка	Способ воздействия	Преращение по отношению к контролю, %	Источник данных
Сосна обыкновенная ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)	Фумар	0,001 мл/л*	Замачивание семян	<i>W</i> – 7,5; <i>H</i> – 58; <i>L</i> – 109; <i>M</i> – 47	[39]
		0,01 мл/л		<i>W</i> – 8,8; <i>H</i> – 54; <i>L</i> – 99; <i>M</i> – 41	
	Циркон	0,01 мл/л	Внекорневая обработка 2-летних семян	<i>H</i> – 33; <i>L</i> – 16; <i>M</i> – 23	[40]
		0,1 мл/л		<i>W</i> – 29–32; <i>L</i> – 2–5; <i>H</i> – 42	
	Экорост	10 мл/10 л	Корневая обработка	<i>H</i> – 19,4	[3]
		15 мл/10 л		<i>H</i> – 17,3	
	Крезацин	$1 \cdot 10^{-2}$ %	Внекорневая обработка всходов	<i>K</i> – 22	[41]
		$1 \cdot 10^{-3}$ %		<i>K</i> – 26	
	ОберегЪ	7 кап./500 мл	Замачивание семян 0,5–1 ч	<i>W</i> – 31; <i>K</i> – 30	[18]
		20 мл/л		<i>W</i> – 25; <i>K</i> – 24	
	Экотель	30 мл/л	Замачивание семян 24 ч	<i>W</i> – 17; <i>K</i> – 17	[18]
		2 кап./л		<i>W</i> – 12; <i>K</i> – 11	
	Новосил	8 кап./л	Замачивание семян 0,5 ч	<i>W</i> – 14; <i>K</i> – 14	[18]
		0,1 мл/1 кг семян		1-й год: <i>H</i> – 72; <i>D</i> – 50; 2-й: <i>H</i> – 47; <i>D</i> – 11; <i>M</i> – 11	
	Вэрва-ель	0,25 мл/1 кг семян	Замачивание семян 6 ч	1-й год: <i>H</i> – 84; <i>D</i> – 40; 2-й: <i>H</i> – 29; <i>D</i> – 17; <i>M</i> – 24	[58]
0,1 мл/1 кг семян		1-й год: <i>H</i> – 81; <i>D</i> – 40; 2-й: <i>H</i> – 39; <i>D</i> – 28; <i>M</i> – 47			
Вэрва	0,25 мл/1 кг семян	Замачивание семян 6 ч	1-й год: <i>H</i> – 40; <i>D</i> – 20; 2-й: <i>H</i> – 43; <i>D</i> – 28; <i>M</i> – 52	[58]	
	0,1 мл/1 кг семян		<i>E</i> – 25; <i>W</i> – 19		
Экстракт из хвои можжевельника	3–4 л/1 кг семян	Замачивание семян 24 ч		[35]	

Продолжение таблицы

Вид	Регулятор роста	Дозировка	Способ воздействия	Превышение по отношению к контролю, %	Источник данных
Сосна обыкновенная ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)	Экстракт из хвои сосны	15 %	Проращивание семян в экстракте	M – 13	[7]
	Большой помидор Гумат + 7 микроэлементов	167 л·га <sup>-2</sup>	Корневая обработка	H – 16; D – 56; L – 27; M – 109	[8]
		0,5 г/л			
		0,014 %			
		0,007 %			
	Эмистим	0,0035 %	Замачивание семян 12 ч	H – 5,6; L – 51,7 L – 31,5 H – 5,9; L – 51,7 H – 10,7; L – 3,7	[51]
		0,00175 %			
		0,0001; 0,0003; 0,0006 %			
	Ивин	0,01 %	Замачивание семян 12; 18 и 24 ч	H – 26,8; D – 4,2–14,1	[22]
	PowerHumus	0,05 %	Внекорневая обработка через 1 ч после пересадки	Снижение активности пероксидазы в хвое на 57–66 %	[47]
Эпин	0,002 %	Замачивание семян	H – 16 % H – 15 %		
Сосна скрученная широкохвойная ( <i>P. contorta</i> Dougl. var. <i>latifolia</i> Engelm.)	Экстракт морских водорослей	1:500	3–6-кратная обработка совместно с осенним внесением удобрений	L – 29	[100]
		0,001 мл/л	Внекорневая обработка 2-летних сеянцев	H – 26; L – 11; M – 41 H – 23; M – 19 H – 34; L – 5; M – 95	[40]
0,01 мл/л					
0,1 мл/л					
Сосна крымская ( <i>P. pallasiana</i> Lamb.)	Циркон	1·10 <sup>-2</sup> %	Замачивание семян 18–20 ч	K – 14–16	[41]
		1·10 <sup>-3</sup> %	Внекорневая обработка входов	M – 50–100	
		1·10 <sup>-3</sup> %	Внекорневая обработка 2-летних сеянцев	H – 26; M – 33	
		1·10 <sup>-4</sup> %	Замачивание семян 18–20 ч	H – 18; M – 31	
		1·10 <sup>-2</sup> %	Внекорневая обработка входов	K – 7–8	
		1·10 <sup>-3</sup> %		M – 50–100	

Сосна красная корейская ( <i>P. densiflora</i> Siebold et Zucc.)	Фумар	$1 \cdot 10^{-5} \%$	1-й год – 2-кратная; 2-й год – 1-кратная корневая обработка	[111]
	Крезацин	1 мл/5 л		
Сосна юньнаньская ( <i>P. yunnanensis</i> Franch.)	ИУК + ИМК	167 + 186; 310 + 217; 193 + 159; 191 + 221; 206 + 186 мг·л <sup>-1</sup>	5-кратная внекорневая обработка	[127]
	Циркон + Цитовит	0,1 + 1 мл/л		
Ель европейская ( <i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	Циркон	0,1 мл/л	К – 158; Н – 33; L – 15; М – 25 К – 39; Н – 40; М – 30	[39]
	Фумар	0,001 мл/л 0,01 мл/л		
Ель сибирская ( <i>P. obovata</i> Ledeb.)	Эпин–Экстра + Цитовит	1,0 + 1,0 мл/л	Замачивание семян	[39]
	Эпин–Экстра	1 мл/л		
	Экорост	10 мл/10 л 15 мл/10 л		
	Экогель	30 мл/л 40 мл/л		
	Гетероауксин	4 г/л		
Ель европейская ( <i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	Вэрва	0,1 мл/кг	Замачивание семян 12–24 ч; корневая обработка	[3]
	Вэрва–ель	0,025 мл/кг 0,05 мл/кг		
	Феровит + Гетероауксин	0,1 + 0,002 %		
Ель европейская ( <i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	Вэрва	0,1 мл/кг	Замачивание семян 24 ч	[18]
	Вэрва–ель	0,025 мл/кг 0,05 мл/кг		
Ель европейская ( <i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	Вэрва	0,1 мл/кг	Замачивание семян 6 ч	[2]
	Вэрва–ель	0,025 мл/кг 0,05 мл/кг		
Ель европейская ( <i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	Феровит + Гетероауксин	0,1 + 0,002 %	Замачивание семян 3 ч (Феровит) + корневая обработка 2-летних сеянцев (Гетероауксин)	[1]
	Феровит + Гетероауксин	0,1 + 0,002 %		

Продолжение таблицы

Вид	Регулятор роста	Дозировка	Способ воздействия	Превышение по отношению к контролю, %	Источник данных
Ель сибирская ( <i>P. obovata</i> Ledeb.)	Цитовит + Эпин-Экстра + Гетероауксин	0,01 + 0,002 + 0,002	Замачивание семян 3 ч (Цитовит) + последвсходовая обработка (Эпин- Экстра) + корневая обработка 2-летних сеянцев (Гетероауксин)	H – 20; L – 14; M – 66	[1]
	Рибав	0,001 %	Замачивание семян	H – 100	[47]
	Феровит	0,15 %		H – 100	
Ель белая ( <i>P. glauca</i> (Moench) Voss)	Вэрва-ель + Эпин-Экстра и Гетероауксин + Гетероауксин	0,025 + 0,002 + 0,002 %	Замачивание семян (Вэрва- ель) + корневая обработка 1-летних сеянцев (Эпин-Экстра и Гетероауксин) + корневая обработка 2-летних сеянцев (Гетероауксин)	Сокращение срока выращивания; повышение содержания пигментов в хвое; H – 60,1	[47]
	Экстракт морских водорослей	1:125; 1:75	4–8-кратная обработка совместно с осенним внесением удобрений	L – 42–63	[99]
Ель аянская ( <i>P. jezoensis</i> Siebold et Zucc.)	Фумар	0,001 мл/л 0,01 мл/л	Замачивание семян	W – 12; H – 64; L – 123; M – 50 W – 21,5; H – 55; L – 108; M – 41	[39]
	Циркон	0,01 мл/л 0,1 мл/л	Внекорневая обработка 2-летних сеянцев	H – 26; L – 10; M – 28 H – 20; L – 7; M – 24	[40]
Кедр сибирский ( <i>Pinus sibirica</i> Du Tour)	Крезацин	1·10 <sup>-3</sup> %	Внекорневая обработка всходов	H – 13–20; M – 16	[41]
	Фумар	1·10 <sup>-2</sup> %	Стратификация + замачивание семян 48 ч	K – 71–75	
Кедр корейский ( <i>P. koraiensis</i> Siebold et Zucc.)	Циркон	0,1 мл/10 л + 1 мл/10 л	Выдерживание корней 40–60 мин перед посадкой + 2-кратная корневая обработка в течение 2 вегетационных периодов	1-й год: H – 10,9; D – 100; 2-й: H – 18,2; D – 12,5; L – 32; M – 19,2	[27]
	Альбит	1,5 мл/10 л	2-кратная корневая обработка	H – 48; D – 18,8; L – 16,4; M – 59,3	[28]

Пихта цельнолистная ( <i>Abies holophylla</i> Maxim.)	Фумар	1·10 <sup>-2</sup> %	Статификация + замачивание семян 18–20 ч	К – 47–58 К – 50–55	[41]	
	СИЛК	1·10 <sup>-2</sup> %				
Пихта цельнолистная ( <i>Abies holophylla</i> Maxim.)	Крезацин	1 мл/10 л	Корневая обработка	1-й год: <i>H</i> – 33,3; <i>D</i> – 9; <i>L</i> – 19,1; 2-й: <i>H</i> – 44,9; <i>D</i> – 28,6; <i>L</i> – 45; 3-й: <i>H</i> – 53; <i>D</i> – 19; <i>L</i> – 23; <i>M</i> – 180	[34]	
		1 мл/10 л				1-й год – 2-кратная; 2-й год – 1-кратная корневая обработка
		1·4·10 <sup>-3</sup> мл/л 1·5·10 <sup>-3</sup> мл/л				
	Экопин	1 мл/10 л	Корневая обработка	1-й год: <i>H</i> – 29; <i>D</i> – 4; <i>L</i> – 14; 2-й: <i>H</i> – 34; <i>D</i> – 7; <i>L</i> – 38; 3-й: <i>H</i> – 42; <i>D</i> – 6; <i>L</i> – 16; <i>M</i> – 126	[33]	
		Циркон				1 мл/10 л
	Рибав-Экстра					1 мл/10 л
	Элин-Экстра	1 мл/10 л	1-й год: <i>H</i> – 22; <i>D</i> – 4; <i>L</i> – 4; 2-й: <i>H</i> – 35; <i>D</i> – 4; 3-й: <i>H</i> – 36; <i>L</i> – 14; <i>M</i> – 111			
				Фумар	0,001 мл/л 0,01 мл/л	Замачивание семян
	Пихта белокорая ( <i>A. perhrolepis</i> (Trautv.) Maxim.)	Крезацин	1 мл/10 л	1-й год – 2-кратная; 2-й год – 1-кратная корневая обработка	[30]	
			Энерген			7,0·10 <sup>-2</sup> %
Лиственница сибирская ( <i>Larix sibirica</i> Ldb.)	Эпин	1,8·10 <sup>-6</sup> %	Замачивание семян 20–24 ч	[20]		
		0,01 мл/л			Внекорневая обработка 2-летних сеянцев	
	Циркон	0,01 мл/л	[40]			

Окончание таблицы

Вид	Регулятор роста	Дозировка	Способ воздействия	Превышение по отношению к контролю, %		Источник данных
				W	K	
Лиственница сибирская ( <i>Larix sibirica</i> Ldb.)	Экогель	10 мл/л	Замачивание семян 24 ч	W – 19; K – 18	[18]	
		20 мл/л		W – 12; K – 12		
	ОберегЪ	7 кап./500 мл	W – 25; K – 24			
Лиственница даурская ( <i>L. dahurica</i> Turcz. Ex Trautv.)	Новосил	10 капель/л	Замачивание семян 0,5–1 ч	W – 26; K – 25	[39]	
		0,001 мл/л		W – 7; H – 55; L – 118; M – 49		
	Фумар	0,01 мл/л	W – 9,3; H – 51; L – 102; M – 39			
Лиственница Каяндера ( <i>L. sibirica</i> Mill.)	Циркон	1 мл/10 л	Внекорневая обработка после пересадки сеянцев	H – 21,6; D – 9; L – 38,6; M – 90,5	[29]	
Лиственница ольгинская ( <i>L. olgensis</i> A. Henry)	Экстракт листьев березы плосколистной	5,0 мг/мл	Проращивание семян в экстракте	H – 54; D – 60; M – 100	[95]	
Дуб черешчатый ( <i>Quercus robur</i> L.)	Экстракт морских водорослей	Шигеки – 4 л/1000 л; Марал – 2 л/1000 л	2-кратная внекорневая обработка после подрезки 2-летних сеянцев	H – 2-4; D – 5; L – 10-17	[122]	

Примечание: \* Для проведения обработки растений препарат растворяют в воде, если не указано другое. W – всхожесть семян; H – высота сеянца; L – длина корней; M, M<sub>корп</sub>, M<sub>спр</sub>, M<sub>зв</sub> – масса сеянца, корней, стволиков и хвои соответственно; D – диаметр стволика у корневой шейки; E – энергия прорастания.

Регуляторы роста Энерген и Эпин рекомендовались к использованию при обработке семян лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ldb.) в целях улучшения их прорастания и развития сеянцев на ранних этапах развития [20]. Внекорневая обработка Цирконом сеянцев сосны обыкновенной и крымской (*Pinus pallasiana* Lamb.), лиственницы (*L. sibirica* Ldb.) и кедра (*P. sibirica* Du Tour.) сибирских на 2-м году выращивания позволила значительно ускорить их рост [40]. Крезацин и Агат-25К в качестве внекорневой подкормки сеянцев сосны обыкновенной повышали биомассу растений в 1,5–2,0 раза по отношению к контролю [41]. Двукратная корневая подкормка сеянцев кедра корейского (*P. koraiensis* Sieboldet Zucc.) регулятором роста Альбит в 1-й год роста оказывала положительное влияние на развитие сеянцев по всем основным показателям [28]. Выявлено, что стимуляторы Крезацин, Рибав-Экстра и Экопин при 2-кратной корневой обработке благоприятно воздействуют на проростки сеянцев сосны густоцветковой (*Pinus densiflora* Sieboldet Zucc.), способствуя повышению их высоты, диаметра шейки, длины корневой доли и биомассы [111]. Корневая обработка сеянцев пихты цельнолистной (*A. holophulla* Maxim.) препаратами Циркон, Рибав-Экстра, Крезацин, Экопин, Эпин-Экстра стимулировала развитие растений [33, 34]. Внекорневая обработка саженцев лиственницы Каяндера (*L. cajanderi* Mayr.) Цирконом уже в 1-й год роста, после пересадки в школьное отделение питомника, увеличивала рост растений [29]. Показано положительное влияние регуляторов роста Циркон, Эпин, Крезацин, Гетероауксин на рост высаживаемых под полог леса саженцев кедра корейского [27].

**Стрессоустойчивость.** Регуляторы роста могут не только повышать посевные качества семян, активность развития сеянцев, но и обеспечивать устойчивость всходов к неблагоприятным факторам [17, 18, 21, 38]. Применение АБК, естественного регулятора роста растений, а также ее синтетических аналогов может усиливать морозоустойчивость растений [82, 87]. Обработка 1-летних сеянцев ели (*Picea glauca*, *P. mariana*) непосредственно перед заложением почек синтетическим соединением со свойствами замедления роста – паклбутразолом – улучшала холодоустойчивость через 4 месяца с момента его применения, однако рост после посадки у обработанных сеянцев ухудшался [70]. Нанесение паклбутразола на саженцы хвойных снижало рост побегов [65, 119, 124]. Особую значимость приемов повышения морозоустойчивости сеянцев хвойных следует отметить в связи с внедрением в условиях высоких широт с коротким вегетационным периодом 2-ротационного режима выращивания, при котором сеянцы 2-й ротации в осенний период могут быть недостаточно устойчивыми к низким температурам.

Несмотря на высокую эффективность регуляторов роста растений при выращивании посадочного материала в лесных питомниках, их использование связано с дополнительными затратами на приобретение самих препаратов, с соблюдением строгих норм приготовления растворов и обработки семян. Перспективной является разработка доступных стимуляторов роста, обладающих большим диапазоном эффективных концентраций, исключая возможность отрицательных последствий при повышенных концентрациях, нетоксичных и экологически безопасных.

**Биостимуляторы растений.** Европейский Союз (ЕС) законодательно признал биостимуляторы растений отдельной группой сельскохозяйственных препаратов [68]. Опубликован регламент, устанавливающий правила размеще-

ния удобрений на рынке ЕС (2019/1009), в котором понятие «биостимулятор растений» определяется как «продукт, назначение которого заключается в стимулировании процессов питания растений независимо от содержания питательных веществ в продукте с целью улучшения одной или более из следующих характеристик растения или ризосферы растения: а) эффективность поглощения и использования питательных веществ растениями, б) устойчивость растений к абиотическому стрессу, в) качественные признаки культур и г) доступность ограниченных питательных веществ в почве или ризосфере» [77].

Уточняются преимущества применения растительных биостимуляторов: повышенная устойчивость растений к различным стрессам, естественное усиление метаболизма, более эффективное поглощение, транспорт и использование элементов минерального питания (ЭМП), улучшение плодородия почвы в результате стимуляции активности полезных для растений почвенных микроорганизмов [11, 62, 66]. Биохимические аспекты использования биостимуляторов главным образом связаны с изменением гормонального статуса и метаболизма растений [76, 115]. Наука о биостимуляторах в настоящее время быстро развивается, и они находят все более широкое применение. Коммерческие биостимуляторы содержат вещества, положительно воздействующие на рост и развитие растений, а также ЭМП. Были определены 3 основные группы биостимуляторов: кислотные (гуминовые препараты и фульвокислоты, аминокислоты); экстракты растений; микробиологические.

*Кислотные биостимуляторы.* Гуминовые препараты широко применяются в сельском хозяйстве. При выращивании посадочного материала хвойных пород их использование ограничено, что обусловлено низкой информированностью производителей, недостатком исследований в этом направлении [2]. Отмечается, что гуминовые препараты увеличивают всхожесть, энергию прорастания, положительно влияют на развитие надземной части и корневой системы сеянцев хвойных [23, 24, 53, 54, 92]. В тепличном комплексе Архангельской области был испытан гуминовый препарат Экорост в качестве корневой подкормки сеянцев ели европейской (*Picea abies*) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), а также для замачивания семян ели [2]. В состав препарата входят: азот – 2,8 г/л, фосфор – 0,02 г/л, калий – 5,91 г/л, гуминовые кислоты – не менее 30 г/л; микроэлементы: медь, цинк, марганец, железо, селен. Замачивание семян ели в растворе препарата способствовало повышению всхожести и энергии прорастания до 13 %. Препарат оказывал положительное влияние на рост сеянцев сосны и ели. При поливе раствором препарата сеянцев ели 1-й ротации превышение средней высоты опытных сеянцев по сравнению с контрольными составляло до 17 %. Доля стандартных по размерам сеянцев ели также была больше при использовании препарата Экорост. Его применение при посевах сосны увеличивало высоту сеянцев относительно контрольного варианта до 19,4 %. Полив раствором данного препарата позволил повысить выход стандартных сеянцев ели на 40,6 %, а сосны – на 36,9 % по сравнению с контролем. На основании полученных данных авторы [3] пришли к выводу, что гуминовый препарат Экорост в определенных концентрациях оказывает благоприятный эффект на всхожесть семян ели, рост сеянцев сосны и ели с закрытой корневой системой, и рекомендовали его к применению.

Также в условиях Северо-Западного региона России испытан гуминовый препарат Power Hummus [22]. Внекорневая обработка сеянцев сосны обычно-

венной препаратом с концентрацией гуматов в растворе 0,01 % была проведена через 1 ч после пересадки растений из закрытого грунта в лесную почву. К 3-й неделе после пересадки активность пероксидазы, характеризующей уровень стрессового состояния растений, в хвое у обработанных препаратом сеянцев, в отличие от варианта без применения препарата, оказалась близка к ее уровню в хвое сеянцев с закрытой корневой системой. Авторы [22] заключили, что препарат снижал уровень физиологического стресса у растений, вызванного пересадкой в лесную почву.

На основании результатов исследований [3, 22], а также исследований других авторов [23, 24, 53, 54], гуминовые препараты увеличивают всхожесть, энергию прорастания семян, положительно влияют на развитие надземной части и корневой системы сеянцев хвойных и могут быть рекомендованы к применению.

*Микробиологические биостимуляторы.* Одним из биологически активных препаратов, созданных на основе экстракта микоризного гриба, выделенного из корней женьшеня, является Эмистим [52]. Он содержит около 75 компонентов, среди которых фитогормоны ауксиновой, цитокининовой, гиббереллиновой природы, аминокислоты, ненасыщенные жирные кислоты, углеводы, микроэлементы. Эмистим стимулировал всхожесть семян, развитие корневой системы и рост в высоту 1-летних сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской [25, 50, 51]. Ранневесеннее применение препарата снижало риск развития грибных заболеваний.

Препарат Ивин получен путем культивирования в стерильных условиях микромицетов с корневой системы облепихи на жидкой среде, содержащей минеральные и органические источники питания [51]. Наличие в составе комплекса физиологически активных веществ обуславливает широту спектра его действия. Ивин улучшал рост корешков проростков сосны обыкновенной на 6–11 %, рост сеянцев в высоту – на 26 % и по диаметру – на 14 %. Указывается на целесообразность применения микробиологических биостимуляторов при выращивании посадочного материала хвойных пород.

*Биостимуляторы из древесной зелени.* У специалистов лесных питомников повышается интерес к доступным и несложным в приготовлении стимуляторам роста, возрастает тенденция к использованию препаратов из растительного сырья [6]. Преимуществами природных регуляторов роста являются их экологическая безопасность, многофункциональность действия, в т. ч. способность снижать последствия стрессовых воздействий окружающей среды на растения [60]. Их применение позволяет уменьшить частоту обработки посевов фунгицидами, они не вредны для человека, растений и полезной микрофлоры, отличаются малыми нормами расхода.

Особого внимания заслуживает получение экстрактов из древесной зелени. Этот вид растительного сырья является самовозобновляемым, доступным и дешевым. Древесную зелень хвойных пород в свежем виде можно перерабатывать в течение всего года, используя в различных областях содержащиеся в ней биологически активные соединения. Производство биостимуляторов из древесных отходов актуально также в связи с проблемой рационального применения древесного сырья [12, 13, 43]. При проведении лесозаготовительных работ, рубках ухода, расчистке трасс линий электропередач образуются отходы древесины – порубочные остатки – сучья, ветви, вершины и обломки стволов

дереьев, опилки и пр. При существующих способах переработки древесного сырья в России полезно используется около 1/2 биомассы дерева. Основные потери приходятся на древесную зелень (лесосечные отходы) [45, 55]. Одним из путей решения этой проблемы является применение древесной массы для получения биологически активных препаратов.

*Препараты из хвойных пород.* Хвойная древесная зелень, кора, древесина выступают в качестве источников биологически активных экстрактивных веществ [64]. Это возобновляемое растительное сырье содержит соединения, обладающие иммуностимулирующей, фунгицидной, бактерицидной активностью, на основе которых разработаны регуляторы роста растений и биопрепараты. Исследования состава компонентов хвойного сырья, комплексной переработки и его использования в различных отраслях активно проводились еще со 2-й половины прошлого столетия и продолжают в настоящее время [63, 64].

На отечественном рынке представлены препараты на основе экстрактивных соединений хвойных растений [60]. Действующими веществами этих препаратов являются биофлавоноид дигидрокверцетин, выделенный из древесины лиственницы (Лариксин, Агростимул), терпеноиды сосны (Терпенол), тритерпеновые кислоты пихты (Силк, Новосил, Вэрва) [46]. Особенности их благоприятного воздействия на функциональную активность, ростовые и адаптационные процессы у растений представлены в работе [60]. Проводятся исследования влияния биопрепаратов из хвойной древесной зелени Вэрва и Вэрва-ель на всхожесть семян, рост и развитие проростков ели сибирской и обыкновенной, сосны обыкновенной [2]. В ходе лабораторных опытов отмечено положительное действие Вэрва и Вэрва-ель на рост корней и проростков ели сибирской. Предпосевная обработка семян этими препаратами привела к пролонгированному влиянию на рост сеянцев сосны обыкновенной [58]. Активно изучаются биопрепараты на основе тритерпеновых кислот пихты сибирской, таких как СИЛК, Новосил, Биосил, показано их ростостимулирующее и защитное действие на разные виды растений, в т. ч. хвойные [18, 37, 57].

Выявлено положительное влияние экстрактов можжевельника на прорастание семян сосны обыкновенной, рост проростков и их защиту от инфекций [35]. Показана зависимость стимулирующего воздействия водных экстрактов из хвои можжевельника на прорастание семян сосны обыкновенной от активности в них фитогормонов [35]. Отмечалось наличие суммарного благоприятного влияния группы биологически активных водорастворимых веществ, экстрагируемых из хвои сосны обыкновенной, на накопление сухой массы 15-дневных проростков сосны обыкновенной [7].

Отмечены положительные результаты воздействия на рост и развитие сеянцев ели сибирской и сосны обыкновенной нескольких препаратов, в т. ч. на основе древесной зелени ели Вэрва-ель [47]. В эксперименте семена ели сибирской перед посевом в открытый грунт последовательно обрабатывали растворами препаратов Феровит, Цитовит, Вэрва-ель. В 1-й год выращивания проводили корневую обработку Эпином-Экстра и Гетероауксином, во 2-й – Гетероауксином. Комбинирование биопрепаратов повлияло на фотосинтетический аппарат у 2-летних сеянцев ели – происходило повышение содержания хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов в хвое, что положительно коррелировало с высотой и фитомассой надземной части растений. В варианте с препаратом Вэрва-ель ежегодный линейный прирост превышал показатель для контрольного варианта на 60,1 %.

При создании участка опытных культур сеянцами ели с открытой корневой системой, выращенными с использованием биопрепаратов, достигнуты высокие приживаемость и сохранность культур (95–100 %). Саженьцы ели варианта Вэрва-ель отличались значительной высотой (до 53 см).

Испытания разработанного на базе Тихвинского химзавода хвойного препарата из древесной зелени сосны и ели, в состав которого входят хлорофилло-каротиновая паста, хвойный экстракт и хвойное эфирное масло, показали положительные результаты при выращивании посадочного материала хвойных пород в условиях лесного питомника. После 1-кратной корневой подкормки сеянцев сосны обыкновенной с открытой корневой системой на 2-й год роста повышались по сравнению с контролем масса сеянцев (в 2 раза) и линейные параметры (в 1,5 раза), отмечалось увеличенное накопление фосфора в органах сеянцев [8].

*Экстракты из лиственных древесных пород.* Большой интерес представляет получение препаратов из древесной зелени лиственных пород, характеризующихся высокой скоростью ростовых процессов и самовозобновления. Разработаны теоретические основы ресурсосберегающей комплексной переработки вегетативной части лиственной древесной породы – тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) семейства Salicaceae, позволяющей в едином технологическом процессе получать продукты, обладающие биологической активностью [14]. Повышение качественных характеристик семян сосны обыкновенной наблюдалось после их обработки водным экстрактом из растущих листьев ивы козьей (*Salix caprea* L.) с максимальной ГК- и минимальной АБК-подобной активностями в суточном цикле [9]. Семена 2-го класса под воздействием препарата стали соответствовать 1-му. Водные экстракты корней и веток березы плосколистной (*Betula platyphylla*) способствовали прорастанию семян и росту гипокотилия лиственницы ольгинской (*Larix olgensis*) [98]. Древесная зелень лиственных пород может использоваться и в качестве компонента субстрата при выращивании посадочного материала в закрытом грунте. Положительный эффект на рост сеянцев сосны обыкновенной отмечался при внесении в торфяной субстрат переработанной древесной зелени быстрорастущих видов лиственных пород: ивы козьей (до 33 % объема), березы повислой (*Betula pendula* L.) (до 25 % объема) и ольхи серой (*Alnus incana* L. Moench) (до 25 % объема) [12]. Отмечая высокую физиологическую активность биопрепаратов из хвойных и лиственных пород, следует указать на недостаточное испытание их в условиях лесных питомников с целью выявления влияния на рост и устойчивость сеянцев. Исследования в этом направлении способствовали бы внедрению таких препаратов в практику лесных питомников.

*Экстракты морских водорослей (ЭМВ).* В мировой практике в качестве биостимуляторов все более активно используются ЭМВ, которые в странах Европы отнесены к группе немикробных биостимуляторов растений [61]. Наиболее широко применяемые в мире ЭМВ – это Acadian, Algifert, Goemar, Kelpak, Maxicrop, Seasol, Strimplex. Представлены сведения о самых популярных коммерческих продуктах на основе ЭМВ [95, 105, 117]. Исследования ламинариевых и фукусковых водорослей Белого и Японского морей показали наличие в них полисахаридов, витаминов, жирных полиеновых кислот, ауксинов и гиббереллинов, богатый состав первичных и вторичных метаболитов, микро- и макроэлементов [4, 19]. Это дало основание считать, что водоросли являются

хорошим ресурсом для производства экстрактов со свойствами биостимуляторов растений. Как и фитогормоны, эти экстракты влияют на физиологические процессы при очень низких концентрациях [73].

Обозначены первоочередные задачи, решение которых должно определять перспективы использования ЭМВ в ближайшие годы [61, 68]. По результатам исследований, учитывающих экономическую обоснованность применения ЭМВ в растениеводстве, для них должны быть разработаны рекомендации по способам и нормам, частоте и срокам внесения и т. д. Несмотря на то, что внедрение ЭМВ в сельскохозяйственное производство сокращает использование экологически вредных химикатов и способствует сохранению окружающей среды [112], отмечается нецелесообразность замены химических удобрений на ЭМВ [61]. Внедрение технологий применения ЭМВ совместно с минеральными удобрениями позволит получать максимальную пользу от широкого ассортимента регуляторов роста.

Россия обладает большими запасами различных видов морских водорослей, добыча которых традиционно осуществляется на Дальнем Востоке (Японское море), южных и малых Курильских островах, Сахалине, в Приморье, на материковом побережье Охотского моря и в Белом море. Ведется разработка технологий комплексного использования морских водорослей, однако заказчиками являются в основном производители пищевых, фармацевтических и косметологических продуктов. Для целей растениеводства в России из бурых водорослей Белого моря производят удобрения, но не экстракты с биостимулирующими свойствами. Спрос на ЭМВ увеличивается как следствие тенденции к расширению применения тепличной гидропоники.

*ЭМВ для лесных питомников.* Исследования влияния ЭМВ на качество семян хвойных и лиственных древесных пород в лесных питомниках в настоящее время находятся на начальной стадии. Представлены единичные экспериментальные данные в этом направлении [99, 100, 122]. Научные работы проводили в связи с необходимостью адаптировать семена хвойных растений к засушливым условиям при их посадке на лесокультурные площади [99, 100]. Сообщается, что по мере изменения климата, приводящего к засушливым условиям в местах посадки, эффективной может быть соответствующая предварительная подготовка семян при выращивании в питомниках. Предполагается, что активный рост корней у семян при пересадке станет критически важным для обеспечения достаточного поглощения воды до начала засушливых периодов в конце весны–начале лета, которые, по прогнозам, усилятся в связи с климатическими сдвигами [100]. Особый интерес с точки зрения адаптации семян к новым условиям при посадке на лесокультурную площадь представляет сообщение об увеличении засухоустойчивости растений под воздействием ЭМВ [73]. Так, количество сформировавшихся корней и, следовательно, физиологическая функция полевицы ползучей (*Agrostis palustris*) были увеличены за счет применения экстракта *Ascophyllum nodosum* (L.) LeJolis (ANE) [128]. Выживаемость семян древесных пород при пересадке улучшается, если они могут сразу пускать корни в почву [84]. При этом отмечается, что почвенные условия лесокультурной площади определяют количество корней, необходимое для выживания.

Было испытано корневое внесение экстракта бурой водоросли *A. nodosum* (L.) LeJolis в определенных концентрациях для семян сосны скрученной ши-

рокохвойной (*Pinus contorta* Dougl. var. *Latifolia* Engelm.) в сентябре по вариантам 3 и 6 раз, для сеянцев ели в августе и сентябре 4 и 8 раз. [100]. При пересадке в июне на лесокультурную площадь препарат в концентрации 1:500 частей воды значительно, до 30 % по сравнению с контролем (без обработки препаратом), увеличивал у сеянцев сосны общее количество белых корней, как коротких, так и длинных. Предполагается, что ANE стимулировал у сосны образование боковых корневых зачатков вдоль существовавших субэризированных корней и не оказал влияния на образование ксилемы в древесных корнях, которая составляет большую часть корневой биомассы. Эти результаты отличаются от данных исследования многолетних злаков: ежемесячное внесение ANE в течение вегетационного периода (с июня по ноябрь) увеличивало сухую массу корней [128]. ANE в этом опыте повышал длину корневой системы у сельскохозяйственных растений при внесении весной на этапе формирования рассады в культуре [108]. Разница по сравнению с сосной может объясняться межвидовыми различиями, обусловленными особенностями строения корня, неодинаковой дозировкой препарата, а также частотой или сроками его применения.

Обработка ANE сеянцев ели белой во время выращивания в питомнике в августе и сентябре оказала значительное влияние на выход белых корней из неповрежденного торфяного субстрата в середине мая [99]. По сравнению с контролем внесение препарата значительно увеличивало общее количество белых корней – до 63 %, в т. ч. длинных (55 см) – до 110, и коротких (5 см) – до 44 %. Восьмикратное применение ANE при выращивании сеянцев ели белой по сравнению с 4-кратным на протяжении августа и сентября не оказало дополнительного действия на длину корневой системы в середине октября или выход корней следующей весной. Учитывая, что даты 4 применений ANE и первых 4 из 8 совпадали и что повышенные уровни эндогенного ауксина и цитокинина в тканях корней, вызванные применением ANE, носят временный характер [126], авторы предположили, что отсутствие такого влияния обусловлено временем последних 4 из 8 обработок по отношению к циклу роста/покоя корней. Как удлиняющиеся, так и поглощающие корни сеянцев ели белой демонстрировали дискретные циклы активного роста в конце лета/начале осени [90]. Возможно также, что 8-кратное внесение ANE было избыточным.

Воздействие препаратов Марал (Maral) и Шигеки (Shigeki), содержащих 10,5 % ЭМВ *A. nodosum* (L.) LeJolis, а также бор, медь, железо, марганец и цинк, оценивали в лесных питомниках в восточно-центральной Польше по данным применения к 2-летним сеянцам дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) [122]. Эти препараты являются одними из многих доступных биостимуляторов, используемых в сельском хозяйстве и садоводстве в случае стресса у растений. Они положительно влияют на метаболизм растений, что способствует их лучшему развитию и повышению стрессоустойчивости. В эксперименте в качестве стрессового фактора приняли распространенную в лесном хозяйстве процедуру подрезки корневых систем сеянцев. Применение препарата было направлено на улучшение развития и устойчивости после возникновения стресса. Задачей исследования было также испытание препаратов, содержащих экстракт *A. nodosum*, для снижения риска возникновения мучнистой росы, вызываемой грибом *E. alphitoides*. Сообщалось, что биостимуляторы, содержащие *A. nodosum*, повышали устойчивость к биотическим факторам [89, 122]. Использование препарата с ЭМВ для сельскохозяйственных растений значитель-

но уменьшало их заболеваемость возбудителями при инокулировании в тепличных условиях, а также поражение листовыми грибковыми заболеваниями [88].

В эксперименте [122] проводили опрыскивание растений водным раствором препаратов Шигеки и Марала. Подрезка корневой системы была выполнена в апреле–мае. Обработки биостимуляторами осуществляли 2 раза – во 2-й декаде мая и 1-й декаде июня. Через 2 месяца после заключительной обработки у сеянцев определяли биометрические показатели и количество листьев, пораженных грибом *E. alphitoides*. Выявлена статистически значимая тенденция увеличения длины корней после их подрезки под воздействием препаратов. По мнению авторов [122], испытанные биостимуляторы могут оказывать положительное влияние на развитие сеянцев дуба после возникновения стресса, но повышения вследствие их применения естественного иммунитета и снижения инфицирования *E. alphitoides* не наблюдалось.

Авторы [99, 100, 122] пришли к выводу о целесообразности использования ЭМВ ANE при выращивании сеянцев древесных пород в питомниках в конце лета – начале осени для стимулирования развития корней сразу после весенней посадки, что способствует поддержанию водного баланса растений [83, 84]. Отмечается, что необходимы дальнейшие исследования для уточнения биологически оптимальных и экономически целесообразных норм внесения ЭМВ ANE, а также частоты их применения в условиях лесного питомника с последующей оценкой эффекта на засушливых лесокультурных площадях.

*Временной фактор при заготовке растительного сырья.* Получение и применение биостимуляторов в практике лесного и сельского хозяйства предполагает решение ряда задач научно-прикладного и производственного (технологического) характера, таких как оптимизация процесса экстракции и достижение стабильности в составе производимых препаратов, установление наиболее надежных способов их хранения и транспортировки. Особенно значимым для наличия в препаратах биостимуляторов является правильный выбор времени сбора растительного сырья, зависящий от видовой принадлежности растений, фазы их развития и условий окружающей среды [9]. Большой перечень экстрактов из различных видов растений [2, 32, 35, 59, 98, 130], оказывающих стимулирующее воздействие на растения, позволил авторам [49] предположить, что экстракты зелени любых растений, в т. ч. и сорняков, заготовленных в начале вегетационного периода, будут оказывать стимулирующий эффект на ростовые процессы.

Фитогормональная активность в растениях значительно меняется в течение 24-часового цикла дня и ночи в результате регуляции метаболизма циркадными часами [63, 104]. Пиковые значения отмечались в разное время суток в зависимости от вида растений, их органов и тканей [64, 109, 120, 121, 125]. При использовании растительного сырья для получения биостимуляторов необходимо учитывать суточные ритмы функциональной активности растений, чтобы гарантировать максимальное преобладание стимулирующего эффекта экстракта над ингибирующим. При разработке и оптимизации способов получения препаратов из растительного сырья рационально использовать методы биотестов, при которых определяют активность стимуляторов и ингибиторов роста в растениях [10, 16]. Эффективность растительных препаратов определяется комплексным воздействием содержащихся в них биологически активных соединений. При помощи методов биотестов была выявлена суточная динамика активности фитогормонов в растущих листьях *Salix caprea* L. в условиях

южной Карелии в мае и в июле [6]. Максимальная ГК-подобная активность при минимальной АБК-подобной активности наблюдалась в утреннее (8.00) и вечернее (20.00) время. Данные экстракты оказывали наибольшее положительное действие на посевные качества семян сосны обыкновенной II класса качества, их энергия прорастания повышалась с 68 % (в контроле) до 83 %, абсолютная всхожесть – с 70 до 88 %, техническая – с 68 до 85 % [36].

Получение экстрактов из древесной зелени является несложным технологическим процессом. Первым продуктом, образующимся при комплексной переработке вторичного сырья древесных пород, может быть экстракт водорастворимых веществ. Способ эмульсионной переработки растительного сырья с использованием в качестве экстрагентов водных растворов оснований отличается экологической безопасностью и позволяет эффективно извлекать природные низкомолекулярные соединения из древесной зелени хвойных пород [59]. При разработке технологий приготовления биостимуляторов из древесной зелени рационально учитывать закономерности аллелохимического воздействия водных экстрактов при их применении [94, 102, 110, 114, 116, 118, 130]. Выбор регуляторов роста для конкретных целей при совершенствовании технологий выращивания посадочного материала базируется на экспериментальных исследованиях с учетом вида растений, экономической целесообразности, экологии, климата и сырьевых ресурсов региона.

### *Заключение*

Анализ литературных данных показал, что применение регуляторов роста растений, полученных синтетическим путем на базе различных источников, а также биостимуляторов на основе естественного сырья (кислотные, микробиологические и экстракты растений) является эффективным способом улучшения всхожести семян и роста сеянцев древесных пород в лесных питомниках.

В перечень эффективных препаратов для обработки семян хвойных пород включены: для сосны – Агат-25К, Вэрва-ель, Крезацин, Новосил, Оберег, Рибав-Экстра (Циркон, Экогель, Экопин, Эмистим-С, Эпин-Экстра); для ели – Гетероауксин, Гумат, Экогель. При стимуляции роста сеянцев рекомендуются к использованию как синтетические препараты, так и биостимуляторы, а также их комплексное применение. Представлены лишь единичные сведения по повышению холодоустойчивости сеянцев хвойных с помощью абсцизовой кислоты и ее синтетических аналогов. Для защиты от инфекционных заболеваний сеянцев хорошо зарекомендовали себя препараты на основе древесной зелени хвойных пород. В целях улучшения приживаемости сеянцев хвойных при посадке на лесокультурные площади предлагаются Циркон, Эпин, Крезацин, Гетероауксин, развития корневой системы – экстракты морских водорослей.

Особого внимания заслуживают перспективные препараты на основе экстрактов из растительного сырья, которые отличаются высокой физиологической активностью, низкими токсичностью и себестоимостью, а также доступностью. Получение экстрактов из растительного материала не является сложным технологическим процессом. Заготовка сырья с учетом суточной и сезонной динамики содержания биологически активных веществ в органах и тканях растения позволит существенно повысить эффективность препаратов. Показана высокая полезность экстракта из листьев ивы, заготовленных с уче-

том временной составляющей, для повышения посевных качеств семян. Целесообразно наряду с испытанием в лесных питомниках известных биостимуляторов разрабатывать новые природные биологически активные препараты на основе экстрактивных веществ для рационального и экономного использования лесных и морских биоресурсов, которыми богата Россия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Ageev A.A., Saltsevich Yu.V., Buryak L.V. Комплексное применение биостимуляторов при выращивании сеянцев ели (*Picea obovata* L.) // Изв. вузов. Лесн. журн. 2023. № 2. С. 73–87.

Ageev A.A., Saltsevich Yu.V., Buryak L.V. Integrated Application of Biostimulants in Cultivation of Siberian Spruce Seedlings (*Picea obovata* L.). *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2023, no. 2, pp. 73–87. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-2-73-87>

2. Андреева Е.М., Стеценко С.К., Кучин А.В., Терехов Г.Г., Хурилкайнен Т.В. Влияние стимуляторов роста природного происхождения на проростки хвойных пород // Лесотехн. журн. 2016. № 3. С. 10–19.

Andreeva E.M., Stetsenko S.K., Kutchin A.V., Terekhov G.G., Hurshkainen T.V. The Influence of Growth-Promoting Factors Obtained from Natural Material on Softwood Germs. *Lesotekhnicheskij zhurnal* = Forestry Engineering Journal, 2016, no. 3, pp. 10–19. (In Russ.). <https://doi.org/12737/21675>

3. Бобушкина С.В. Приемы повышения эффективности производства посадочного материала хвойных пород с закрытой корневой системой в Архангельской области // Лесн. вестн. / Forestry Bulletin. 2021. Т. 25. № 6. С. 45–54.

Bobushkina S.V. Efficiency Production Methods of Conifers Ball-Rooted Planting Stock in Arkhangelsk Region. *Lesnoy vestnik* = Forestry Bulletin, 2021, vol. 25, no. 6, pp. 45–54. (In Russ.). <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2021-6-45-54>

4. Боголицын К.Г., Каплицин П.А., Ульяновский Н.В., Пронина О.А. Комплексное исследование химического состава бурых водорослей Белого моря // Химия растит. сырья. 2012. № 4. С. 153–160.

Bogolitsyn K.G., Kaplitsin P.A., Ul'yanovskij N.V., Pronina O.A. A Comprehensive Study of the Chemical Composition of Brown Algae in the White Sea. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*, 2012, no. 4, pp. 153–160. (In Russ.).

5. Гапонько Е.А., Каницкая Л.В. Оценка влияния стимуляторов на энергию прорастания и всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) // Успехи соврем. естествознания. 2018. № 8. С. 46–51.

Gaponko E.A., Kanitskaya L.V. Evaluating Influence of Stimulants upon Energy of Germination and Seed Growth for Scots Pine (*Pinus sylvestris*). *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* = Advances in Current Natural Sciences, 2018, no. 8, pp. 46–51. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/use.36835>

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.

Egorova A.V. *Effect of Extracts from Wood Greenery and Tap Sediment as a Component of the Substrate on Seed Germination and Growth of Scots Pine Seedlings*: Cand. Agric. Sci. Diss. Petrozavodsk, 2019. 125 p. (In Russ.).

7. Егорова А.В., Зайцева М.И., Колесников Г.Н., Никонова Ю.В. Влияние хвойного экстракта на проращивание семян сосны обыкновенной // Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции. Петрозаводск, 2014. С. 38–43.

Egorova A.V., Zajtseva M.I., Kolesnikov G.N., Nikonova Yu.V. The Effect of Coniferous Extract on Germination of Scots Pine Seeds. *Resource-Saving Technologies, Materials and Structures*. Petrozavodsk, 2014, pp. 38–43. (In Russ.).

8. Егорова А.В., Чернобровкина Н.П., Робонен Е.В. Влияние хвойного препарата на рост и элементный состав сеянцев *Pinus sylvestris* L. в условиях лесного питомника // Химия растит. сырья. 2017. № 2. С. 171–180.

Egorova A.V., Chernobrovkina N.P., Robonen E.V. Effects of Application of a Conifer-Derived Chemical on the Growth and Elemental Composition of *Pinus sylvestris* L. Seedlings in a Forest Nursery. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*, 2017, no. 2, pp. 171–180. (In Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017021720>

9. Егорова А.В., Чернобровкина Н.П., Робонен Е.В., Зайцева М.И. Способ получения водных экстрактов из листьев ивы козьей с учетом суточной динамики их биологической активности для повышения всхожести семян сосны обыкновенной // Физиология растений. 2019. Т. 66, № 5. С. 394–400.

Egorova A.V., Chernobrovkina N.P., Robonen E.V., Zaitseva M.I. The Technique of Water Extract Preparation from Goat Willow Leaves with Allowance for Circadian Rhythm of Their Biological Activity to Stimulate Scots Pine Seed Germination. *Fiziologiya rastenij* = Russian Journal of Plant Physiology, 2019, vol. 66, pp. 827–833. <https://doi.org/10.1134/S1021443719040034>

10. Егоршина А.А., Хайруллин Р.М., Сахабутдинова А.Р., Лукьянцев М.А. Участие фитогормонов в формировании взаимоотношений проростков пшеницы с эндофитным штаммом *Bacillus subtilis* 11BM // Физиология растений. 2012. Т. 59, № 1. С. 148–154.

Egorshina A.A., Khairullin R.M., Sakhabutdinova A.R., Luk'yantsev M.A. Involvement of Phytohormones in the Development of Interaction between Wheat Seedlings and Endophytic *Bacillus subtilis* Strain 11BM. *Fiziologiya rastenij* = Russian Journal of Plant Physiology, 2012, vol. 59, pp. 134–140. <https://doi.org/10.1134/S1021443711050062>

11. Жемчужин С.Г., Спиридонов Ю.Я., Босак Г.С. Биопестициды: современное состояние проблемы (дайджест публикаций за 2012–2017 гг.) // Агрехимия. 2019. № 11. С. 77–85.

Zhemchuzhin S.G., Spiridonov Yu.Ya., Bosak G.S. Biopesticides: Modern Condition of the Problem (Digest of Publications for 2012–2017). *Agrokhimiya* = Eurasian Soil Science, 2019, no. 11, pp. 77–85. (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S0002188119110140>

12. Зайцева М.И., Робонен Е.В., Чернобровкина Н.П. Использование порубочных остатков для приготовления торфяных субстратов при выращивании сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой // Вестн. МГУЛ – Лесн. вестн. 2010. № 1(70). С. 4–8.

Zaitseva M.I., Robonen E.V., Chernobrovkina N.P. Utilization of Logging Residues in Preparation of Peat Substrates for Closed Root Growing of Scots Pine Seedlings. *Lesnoy vestnik* = Forestry Bulletin, 2010, no. 1(70), pp. 4–8. (In Russ.).

13. Зайцева М.И., Робонен Е.В., Чернобровкина Н.П., Колесников Г.Н. Утилизация отходов переработки хвои сосны обыкновенной // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии. Петрозаводск: ПГУ, 2013. С. 25–30.

Zaitseva M.I., Robonen E.V., Chernobrovkina N.P., Kolesnikov G.N. Disposal of Waste from Processing of Scots Pine Needles. *Low-Rise Wooden Housing Construction: Economics, Architecture and Resource-Saving Technologies*. Petrozavodsk, Petrozavodsk State University Publ., 2013, pp. 25–30. (In Russ.).

14. Исаева Е.В. Комплексная переработка вегетативной части тополя бальзамического с получением биологически активных продуктов: дис. ... д-ра техн. наук. Красноярск, 2008. 381 с.

Isaeva E.V. *Complex processing of the Vegetative Part of Balsam Poplar with the Production of Biologically Active Products*: Doct. Tech. Sci. Diss. Krasnoyarsk, 2008. 381p. (In Russ.).

15. Кабанова С.А., Данченко М.А., Борцов В.А., Кочерганов И.С. Результаты предпосевной обработки семян сосны обыкновенной стимуляторами роста // Лесотехн. журн. 2017. № 2. С. 75–83.

Kabanova S.A., Danchenko M.A., Bortsov V.A., Kocherganov I.S. Results of Presowing Treatment of Seeds of Scots Pine with Growth Stimulants. *Lesotekhnicheskij zhurnal* = Forestry Engineering Journal, 2017, no. 2, pp. 75–83. (In Russ.).

[http://doi.org/10.12737/article\\_5967e97d74f307.86943920](http://doi.org/10.12737/article_5967e97d74f307.86943920)

16. Кефели В.И. Природные ингибиторы роста и фитогормоны. М.: Наука, 1974. 253 с.

Kefeli V.I. *Natural Growth Inhibitors and Phytohormones*. Moscow, Nauka Publ., 1974. 253 p. (In Russ.).

17. Кириенко М.А. Влияние стимуляторов роста на всхожесть семян и сохранность всходов главных лесообразующих пород // Вестн. КрасГАУ. 2014. № 12. С. 134–140.

Kirienko M.A. The Influence of Growth Stimulants on the Seed Germination and Seedling Safety of the Main Forest-Forming Species. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU, 2014, no. 12, pp. 134–140. (In Russ.).

18. Кириенко М.А., Гончарова И.А. Влияние концентрации стимуляторов роста на грунтовую всхожесть семян и сохранность сеянцев главных лесообразующих видов Средней Сибири // Сиб. лесн. журн. 2016. № 1. С. 39–45.

Kirienko M.A., Goncharova I.A. The Influence of Growth Stimulants at Different Concentrations on Ground Seed Germination and Survival of Seedlings of the Main Forest Forming Species of Central Siberia. *Sibirskij lesnoj zhurnal* = Siberian Journal of Forest Science, 2016, no. 1, pp. 39–45. (In Russ.).

19. Ключкова Т.А., Климова А.В., Ключкова Н.Г. Перспективы использования камчатских ламинариевых водорослей в региональном растениеводстве // Вестн. КамчатГТУ. 2019. № 48. С. 90–103.

Klochkova T.A., Klimova A.V., Klochkova N.G. Prospects of Using Laminariacean Algae from Kamchatka in the Regional Horticulture. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* = Bulletin of Kamchatka State Technical University, 2019, no. 48, pp. 90–103. (In Russ.).

20. Ковылина О.П., Ковылин Н.В., Кеня Е.С., Познахирко П.Ш. Изучение влияния регуляторов роста на прорастание семян лиственницы сибирской // Актуал. проблемы лесн. комплекса. 2014. № 38. С. 93–97.

Kovylyina O.P., Kovylin N.V., Kenya E.S., Poznakhirko P.Sh. Study of the Effect of Growth Regulators on the Germination of Siberian Larch Seeds. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2014, no. 38, pp. 93–97. (In Russ.).

21. Ларионова Н.А. Применение гормональных веществ для улучшения качества семян и роста сеянцев хвойных пород в Красноярском крае // Лесн. хоз-во. 1997. № 6. С. 28–30.

Larionova N.A. The Use of Hormonal Substances to Improve the Quality of Seeds and the Growth of Coniferous Seedlings in the Krasnoyarsk Territory. *Lesnoe khozyajstvo*, 1997, no. 6, pp. 28–30. (In Russ.).

22. Медведев Д.С., Фитцова А.В. Влияние обработки сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) гуминовым препаратом на активность пероксидазы хвои при пересадке в лесную почву в целях лесовосстановления // Леса России: материалы VIII Всерос. науч.-техн. конф. политика, промышленность, наука, образование. СПб.: СПбГЛТУ, 2023. С. 288–290.

Medvedev D.S., Fittsova A.V. Effect of Treatment of Scots Pine (*Pinus sylvestris*) Seedlings with a Humic Preparation on the Activity of Needle Peroxidase during Transplantation into Forest Soil for Reforestation Purposes. *Forests of Russia: Politics, Industry, Science, Education: Proceedings of the VIII All-Russian Scientific and Technical Conference*. St. Petersburg, St. Petersburg Forest Technical University Publ., 2023, pp. 288–290. (In Russ.).

23. Митрофанов С.В., Ганеева 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 международ. участием. Иваново: ПресСто, 2018. С. 177–181.

Mitrofanov S.V., Gapeeva N.N., Mochalova E.N. The Influence of Humic Fertilizers on the Sowing Qualities of European Spruce. *Ecologically Sustainable Agriculture: Status, Problems and Solutions: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation*. Ivanovo, PresSto Publ., 2018, pp. 177–181. (In Russ.).

24. Немков П.С., Грехова И.В. Влияние гуминового препарата на сеянцы хвойных пород // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 1. С. 96–99.

Nemkov P.S., Grekhova I.V. Influence of the Humic Preparation on Seedlings of Coniferous Breeds. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* = Theoretical and Applied Ecology, 2015, no. 1, pp. 96–99. (In Russ.). <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2015-1-098-101>

25. Носников В.В., Волкович А.П., Юреня А.В., Ярмолович В.А. Эффективность предпосевной обработки семян сосны и ели препаратом Эмистим-С // Тр. БГТУ. 2014. № 1. С. 150–153.

Nosnikov V.V., Volkovich A.P., Yurenya A.V., Yarmolovich V.A. Efficiency of Pre-Sowing Treatment of Pine and Spruce Seeds with Emistim-S Preparation. *Trudy BGTU* = Proceedings of BSTU, 2014, no. 1, pp. 150–153. (In Russ.).

26. 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.

Obrucheva N.V. Transition from hormonal to Non-Hormonal Regulation as Exemplified by Seed Dormancy Release and Germination Triggering. *Fiziologiya rastenij* = Russian Journal of Plant Physiology, 2012, vol. 59, pp. 546–555.

<https://doi.org/10.1134/S1021443712040097>

27. Острошенко В.В., Акимов Р.Ю. Влияние стимуляторов на рост саженцев сосны кедровой корейской (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) под пологом хвойно-широколиственных лесов // Вестн. КрасГАУ. 2013. № 7. С. 89–93.

Ostroshenko V.V., Akimov R.Yu. The Stimulator Influence on the Korean Cedar Pine (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) Seedling Growth under the Coniferous and Deciduous Wood Crown Layer. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU, 2013, no. 7, pp. 89–93. (In Russ.).

28. Острошенко В.В., Ватулич Д.С. Применение стимулятора роста альбит при выращивании сеянцев кедр корейского // Вестн. КрасГАУ. 2014. № 3. С. 144–147.

Ostroshenko V.V., Vatulich D.S. The Application of the Albite Growth Stimulator When Growing Korean Cedar Tree Seedlings. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU, 2014, no. 3, pp. 144–147. (In Russ.).

29. Острошенко В.В., Зборовский А.В. Влияние внекорневой подкормки цирконом на рост саженцев лиственницы Каяндера (*Larix cajanderi* Mayr.) // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. по итогам Междунар. технич. конф. Брянск: БГИТА, 2009. № 23. С. 101–104.

Ostroshenko V.V., Zborovskij A.V. The Effect of Foliar Fertilizing with Zircon on the Growth of Cajander Larch (*Larix cajanderi* Mayr.) Seedlings. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2009, no. 23, pp. 101–104. (In Russ.).

30. 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. СамНЦ РАН. 2015. Т. 17, № 6. С. 242–248.

Ostroshenko V.V., Ostroshenko L.Yu., Kluchnikov D.A., Ostroshenko V.Yu., Chekushkina T.I. The Influence of Growth Stimulators on Germinating Energy and Laboratory Germination of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Seeds. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossijskoj akademii nauk* = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2015, vol. 17, no. 6, pp. 242–248. (In Russ.).

31. Острошенко В.В., Острошенко Л.Ю., Острошенко В.Ю. Применение стимулятора роста «Крезацин» при выращивании сеянцев рода пихта (*Abies*) // Вестн. КрасГАУ. 2015. № 5. С. 184–189.

Ostroshenko V.V., Ostroshenko L.Yu., Ostroshenko V.Yu. The Application of the Growth Stimulator «Kresazinin» Growing Fir (*Abies*) Genus Seedlings. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU, 2015, no. 5, pp. 184–189. (In Russ.).

32. *Острошенко В.Ю.* Эффективность применения стимуляторов роста при выращивании посадочного материала хвойных древесных пород в Приморском крае: дис. ... канд. с.-х. наук. Уссурийск, 2021. 281 с.

Ostroshenko V.Yu. *Efficiency of Using Growth Stimulants in Growing Planting Material of Coniferous Trees in the Primorsky Territory*: Cand. Agric. Sci. Diss. Ussuriysk, 2021. 281 p. (In Russ.).

33. *Острошенко В.Ю., Острошенко Л.Ю.* Влияние стимулятора роста Экопин на посевные качества семян и биометрические показатели проростков пихты цельнолистной (*Abies holophylla* Maxim.) // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2020. № 2(71). С. 17–23.

Ostroshenko V.Yu., Ostroshenko L.Yu. Effect of the Growth Stimulator Ekopin on Sowing Qualities of Seeds and Biometric Parameters of Manchurian Fir (*Abies holophylla* Maxim.) Sprouts. *EvrAzijskij Soyuz Uchenyh (ESU)* = Eurasian Union of Scientists (EUS), 2020, no. 2(71), pp. 17–23. (In Russ.). <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.6.71.611>

34. *Острошенко В.Ю., Острошенко Л.Ю.* Эффективность применения стимуляторов роста при выращивании семян пихты цельнолистной (*Abies holophylla* Maxim.) // Успехи соврем. естествознания. 2020. № 4. С. 41–47.

Ostroshenko V.Yu., Ostroshenko L.Yu. The Effectiveness of the Application of Growth Stimulants in Growing Manchurian Fir (*Abies holophylla* Maxim.). *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* = Advances in Current Natural Sciences, 2020, no. 4, pp. 41–47. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/use.37360>

35. *Панюшкина Н.В., Карасев В.Н., Карасева М.А., Бродников С.Н.* Способ стимуляции скорости прорастания семян сосны обыкновенной // Бюл. Федеральной службы по интелект. собств., патентам и товарным знакам. 2015. № 32. 5 с.

Panyushkina N.V., Karasev V.N., Karaseva M.A., Brodnikov S.N. Method for Stimulating the Germination Rate of Scots Pine Seeds. *Byulleten' Federal'noj sluzhby po intelektual'noj sobstvennosni, patentam i tovarnym znakam* = Bulletin of the Federal Service for Intellectual Property, Patents and Trademarks, 2015, no. 32. 5 p. (In Russ.).

36. Патент 2662999 С1 РФ, МПК А01N 65/00. Способ получения стимулятора роста сосны обыкновенной: № 2017118750: заявл. 29.05.2017: опубл. 22.07.2018 / А.В. Егорова, Н.П. Чернобровкина, Е.В. Робонен.

Egorova A.V., Chernobrovkina N.P., Robonen E.V. *A Method for Obtaining a Growth Stimulator for Scots Pine*. Patent RF, no. RU 2662999 C1, 2018. (In Russ.).

37. *Пентелькин С.К.* Итоги изучения стимуляторов роста и полимеров в лесном хозяйстве за последние 20 лет // Лесохоз. информ. 2003. № 11. С. 34–53.

Pentelkin S.K. Results of the Study of Growth Stimulants and Polymers in Forestry over the Past 20 Years. *Lesokhozyajstvennaya informatsiya* = Forestry Information, 2003, no. 11, pp. 34–53. (In Russ.).

38. *Пентелькин С.К., Пентелькина Н.В.* Крезацин для лесных питомников // Лесн. хоз-во, 2000. № 2. С. 29–31.

Pentelkin S.K., Pentelkina N.V. Krezacin for Forest Nurseries. *Lesnoe khozyaystvo*, 2000, no. 2, pp. 29–31. (In Russ.).

39. *Пентелькина Н.В., Острошенко Л.Ю.* Выращивание семян хвойных пород в условиях Севера и Дальнего Востока с использованием стимуляторов роста // Актуал. проблемы лесн. комплекса. 2005. № 10. С. 125–129.

Pentelkina N.V., Ostroshenko L.Yu. Growing Conifer Seedlings in the Conditions of the North and the Far East Using Growth Stimulants. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2005, no. 10, pp. 125–129. (In Russ.).

40. Пентелькина Н.В., Пентелькина Ю.С. Стимулирующее действие циркона на рост сеянцев хвойных интродуцентов // Вестн. МГУЛ – Лесн. вестн. 2002. № 2. С. 24–29.

Pentelkina N.V., Pentelkina Yu.S. Stimulating Effect of Zircon on the Growth of Seedlings of Introduced Conifers. *Lesnoy vestnik* = Forestry Bulletin, 2002, no. 2, pp. 24–29. (In Russ.).

41. Пентелькина Ю.С. Влияние стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев хвойных видов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Москва, 2003. 28 с.

Pentelkina Yu.S. *The Influence of Stimulants on Seed Germination and Growth of Coniferous Species*: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs. Moscow, 2003. 28 p. (In Russ.).

42. Проказин Н.Е., Лобанова Е.Н., Пентелькина Н.В., Казаков В.И., Ивановьева Г.И., Сахнов В.В., Чукарина А.В., Багаев С.С. Влияние биостимуляторов и микроудобрений на рост сеянцев хвойных пород // Лесохоз. информ. 2013. № 2. С. 9–15.

Prokazin N.E., Lobanova E.N., Pentelkina N.V., Kazakov V.I., Ivanjusheva G.I., Sakhnov V.V., Chukarina A.V., Bagaev S.S. Biostimulator and Microfertilizer Impacts on Coniferous Seedlings Growth. *Lesochozyajstvennaya informaziya* = Forestry Information, 2013, no. 2, pp. 9–15. (In Russ.).

43. Робонен Е.В., Зайцева М.И., Чернобровкина Н.П., Чернышенко О.В., Васильев С.Б. Опыт разработки и использования контейнерных субстратов для лесных питомников. Альтернативы торфу // Resources and Technology. 2015. Т. 12, № 1. С. 47–76.

Robonen E.V., Zaitseva M.I., Chernobrovkina N.P., Tshernychenko O.V., Vasil'ev S.B. An Experience of Designing and Applying Non-Peat Substrates for Forest Nursery Containers. Peat Alternatives. *Resources and Technology*, 2015, vol. 12, no. 1, pp. 47–76. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.15393/j2.art.2015.3081>

44. Романов Е.М. Выращивание сеянцев древесных растений: Биоэкологические и агротехнологические аспекты. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. 500 с.

Romanov E.M. *Growing Seedlings of Woody Plants: Bioecological and Agrotechnological Aspects*. Yoshkar-Ola, Mari State Technical University, 2000. 500 p.

45. Рубчевская Л.А., Чистякова Н.Я., Рубчевская Л.П. Новые направления в комплексной переработке древесной зелени хвойных // Фундаментальные исследования. 2005. № 2. С. 84–85.

Rubchevskaya L.A., Chistyakova N.Ya., Rubchevskaya L.P. New Directions in Complex Processing of Coniferous Wood Greens. *Fundamental'nye issledovaniya* = Fundamental Research, 2005, no. 2, pp. 84–85. (In Russ.).

46. Рябчинская Т.А., Зимина Т.В. Средства, регулирующие рост и развитие растений, в агротехнологиях современного растениеводства // Агрохимия. 2017. № 12. С. 62–92.

Ryabchinskaya T.A., Zimina T.V. Means Regulating Plant Growth and Development in Modern Crop Production Agrotechnologies. *Agrokhimiya* = Eurasian Soil Science, 2017, no. 12, pp. 62–92. (In Russ.). <https://doi.org/10.7868/S0002188117120092>

47. Салцевич Ю.В., Агеев А.А., Буряк Л.В. Методы выращивания посадочного материала для искусственного лесовосстановления // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы VIII Всерос. науч.-технич. конф. СПб.: СПбГЛТУ, 2023. С. 346–349.

Saltsevich Yu.V., Ageev A.A., Buryak L.V. Methods of Growing Planting Material for Artificial Reforestation. *Forests of Russia: Politics, Industry, Science, Education: Proceedings of the VIII All-Russian Scientific and Technical Conference*. St. Petersburg, St. Petersburg Forest Technical University Publ., 2023, pp. 346–349. (In Russ.).

48. Скозарева И.А., Чернодубов А.И. Эффективность применения стимуляторов роста при выращивании сеянцев сосны обыкновенной // Лесотехн. журн. 2019. № 3. С. 87–95.

Skosareva I.A., Chernodubov A.I. Efficiency of Growth Stimulant Application Growing Seeds of Scots Pine. *Lesotekhnicheskij zhurnal* = Forestry Engineering Journal, 2019, no. 3, pp. 87–95. (In Russ.).

49. Тюкавина О.Н., Демина Н.А. Практика повышения посевных качеств семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели европейской (*Picea abies* L.) // Лесн. вестн. 2022. Т. 26, № 6. С. 75–91.

Tyukavina O.N., Demina N.A. 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. (In Russ.). <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022-6-75-91>

50. Устинова Т.С. Стимуляция эмистимом с медью всхожести семян и роста сеянцев сосны // Лесоводство и экология: современные проблемы и пути их решения: матер. науч.-практ. конф. Брянск, 1996. С. 124–127.

Ustinova T.S. Stimulation of Seed Germination and Growth of Pine Seedlings with Emistim and Copper. *Forestry and Ecology: Modern Problems and Solutions: Proceedings of the Scientific and Practical Conference*. Bryansk, 1996, pp. 124–127. (In Russ.).

51. Устинова Т.С. Влияние биостимуляторов на рост сеянцев сосны обыкновенной в Брянском округе зоны широколиственных лесов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Брянск, 2000. 23 с.

Ustinova T.S. *The Influence of Biostimulants on the Growth of Scots Pine Seedlings in the Bryansk District of the Broad-Leaved Forest Zone*: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs. Bryansk, 2000. 23 p. (In Russ.).

52. Устинова Т.С. Применение эмистима при выращивании сосны обыкновенной: матер. науч.-техн. конф. Брянск, 2002. С. 95–96.

Ustinova T.S. *Application of Emistim in the Cultivation of Scots Pine*: Proceedings of the Scientific and Technical Conference. Bryansk, 2002, pp. 95–96. (In Russ.).

53. Устинова Т.С. Биологические стимуляторы роста, применяемые в лесных питомниках // Актуал. проблемы лесн. комплекса. 2009. № 23. С. 136–138.

Ustinova T.S. Biological Growth Stimulants Used in Forest Nurseries. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2009, no. 23, pp. 136–138. (In Russ.).

54. Устинова Т.С., Зуров Р.Н. Влияние препарата Гумат+7 на ростовые процессы хвойных пород // Актуал. проблемы лесн. комплекса. 2010. № 26. С. 115–118.

Ustinova T.S., Zurov R.N. The Effect of the Preparation Gumat+7 on the Growth Processes of Coniferous Species. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2010, no. 26, pp. 115–118. (In Russ.).

55. Ушанова В.М., Степень Р.А., Пенях С.М. Переработка древесных отходов хвойных деревьев // Химия растит. сырья. 1998. № 2. С. 17–23.

Ushanova V.M., Stepen' R.A., Repyakh S.M. Processing of Coniferous Wood Waste. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*, 1998, no. 2, pp. 17–23. (In Russ.).

56. Хамитов Р.С. Влияние стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев сосны кедровой сибирской: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Архангельск, 2006. 18 с.

Khamitov R.S. *The Influence of Stimulants on Seed Germination and Growth of Siberian Cedar Pine Seedlings*: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs. Arkhangelsk, 2006. 18 p. (In Russ.).

57. Хуришкainen Т.В. Выделение и исследование кислых компонентов липидов древесной зелени пихты (*Abies sibirica*) и ели (*Picea sibirica*): автореф. дис. ... канд. хим. наук. Сыктывкар, 2004. 24 с.

Khurshkainen T.V. *Isolation and Investigation of Acidic Components of Lipids of Woody Greenery of Fir (*Abies sibirica*) and Spruce (*Picea sibirica*)*: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs. Syktyvkar, 2004. 24 p. (In Russ.).

58. Хуришкainen Т.В., Андреева Е.М., Стеценко С.К., Терехов Г.Г., Кучин А.В. Влияние биопрепаратов Вэрва и Вэрва-ель на рост сеянцев сосны обыкновенной // Химия растит. сырья. 2019. № 1. С. 295–300.

Khurshkaynen T.V., Andreyeva E.M., Stetsenko S.K., Terekhov G.G., Kuchin A.V. Influence of Biopreparation Verva and Verva-Spruce on the Scots Pine Seedlings Growth. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*, 2019, no. 1, pp. 295–300. (In Russ.).

<https://doi.org/10.14258/jcprm.2019014248>

59. Хурикайнен Т.В., Терентьев В.И., Скрипова Н.Н., Никонова Н.Н., Королева А.А. Химический состав отходов переработки хвойного сырья // Химия растит. сырья. 2019. № 1. С. 233–239.

Hurshkainen T.V., Terentyev V.I., Skripova N.N., Nikonova N.N., Korolyova A.A. Chemical Composition of By-Products of Coniferous Raw Materials Processing. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*, 2019, no. 1, pp. 233–239. (In Russ.).

<https://doi.org/10.14258/jcprm.2019014264>

60. Чукичева И.Ю., Хурикайнен Т.В., Кучин А.В. Природные регуляторы роста растений из хвойного сырья // Инноватика и экспертиза. 2018. Вып. 3(24). С. 93–99.

Chukicheva I.Yu., Hurshkainen T.V., Kutchin A.V. Natural Plant Growth Regulators from Coniferous Raw Materials. *Innovatika i ekspertiza = Innovatics and Expert Examination*, 2018, iss. 3(24), pp. 93–99. (In Russ.).

61. Шibaева Т.Г., Шерудило Е.Г., Титов А.Ф. Экстракты морских водорослей как биостимуляторы растений // Тр. КарНЦ РАН. 2021. № 3. С. 36–67.

Shibaeva T.G., Sherudilo E.G., Titov A.F. Algal Extracts as Plant Growth Biostimulants. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra Rossijskoj akademii nauk = Proceedings of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences*, 2021, no. 3, pp. 36–67. (In Russ.). <https://doi.org/10.17076/eb1383>

62. Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А. Физиологическая активность биостимуляторов и эффективность их применения // Агрохимия. 2016. № 6. С. 72–94.

Yakhin O.I., Lubyanov A.A., Yakhin I.A. Physiological Activity of Biostimulants and Effectiveness of Their Application. *Agrokhimiya = Eurasian Soil Science*, 2016, no. 6, pp. 72–94. (In Russ.).

63. Atamian H.S., Harmer S.L. Circadian Regulation of Hormone Signaling and Plant Physiology. *Plant Molecular Biology*, 2016, vol. 91, pp. 691–702.

<https://doi.org/10.1007/s11103-016-0477-4>

64. Bancosi S., Nomura T., Sato T., Molnár G., Bishop G.J., Koncz C., Yokota T., Nagy F., Szekeres M. Regulation of Transcript Levels of the Arabidopsis Cytochrome P450 Genes Involved in Brassinosteroid Biosynthesis. *Plant Physiology*, 2002, vol. 130, iss. 1, pp. 504–513. <https://doi.org/10.1104/pp.005439>

65. Barnes A.D., Kelley W.D. Effects of a Triazole, Uniconazol, on Shoot Elongation and Root Growth in Loblolly Pine. *Canadian Journal of Forest Research*, 1992, vol. 22, no. 1, pp. 1–4. <https://doi.org/10.1139/x92-001>

66. Biostimulant Market: Trends, Forecast and Competitive Analysis. *Research and Markets: The World's Largest Market Research Store*, 2021. Available at: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5003421/biostimulant-market-trends-forecastand> (accessed 5.02.2021).

67. Boligłowa E., Gleń K. Assessment of Effective Microorganism Activity (EM) in Winter Wheat Protection against Fungal Diseases. *Ecological Chemistry and Engineering A*, 2008, vol. 15, no. 1–2, pp. 23–27.

68. Boukhari E.M.E.M., Barakate M., Bouhia Y., Lyamlouli K. Trends in Seaweed Extract Based Biostimulants: Manufacturing Process and Beneficial Effect on Soil-Plant Systems. *Plants*, 2020, vol. 9, no. 3, art. no. 359. <https://doi.org/10.3390/plants9030359>

69. Brady S.M., McCourt P. Hormone Cross-Talk in Seed Dormancy. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2003, vol. 22, pp. 25–31. <https://doi.org/10.1007/s00344-003-0018-7>

70. Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. Agricultural Uses of Plant Biostimulants. *Plant and Soil*, 2014, vol. 383, pp. 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>

71. Colombo S.J. Frost Hardening Spruce Container Stock for Overwintering in Ontario. *New Forests*, 1997, vol. 13, pp. 449–467. <https://doi.org/10.1023/A:1006571300025>

72. Colombo S.J., Menzies M.I., O'Reilly C. Influence of Nursery Cultural Practices on Cold Hardiness of Coniferous Forest Tree Seedlings. *Conifer Cold Hardiness. Tree Physiology*, Springer, Dordrecht, 2001, vol. 1, pp. 223–252.

[https://doi.org/10.1007/978-94-015-9650-3\\_9](https://doi.org/10.1007/978-94-015-9650-3_9)

73. Craigie J.S. Seaweed Extract Stimuli in Plant Science and Agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 2011, vol. 23, pp. 371–393. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>

74. Derkowska E., Sas Paszt L., Harbuzov A., Sumorok B. Root Growth, Mycorrhizal Frequency and Soil Microorganisms in Strawberry as Affected by Biopreparations. *Advances in Microbiology*, 2015, vol. 5, no. 1, pp. 65–73. <https://doi.org/10.4236/aim.2015.51007>

75. Dormling I., Gustafsson Å., von Wettstein D. The Experimental Control of the Life Cycle in *Picea abies* (L.) Karst. I. Some Basic Experiments on the Vegetative Cycle. *Silvae Genetica*, 1968, vol. 17, pp. 44–64.

76. Du Jardin P. Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation. *Scientia Horticulturae*, 2015, vol. 196, pp. 3–14.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

77. European Union. Regulation (EU) 2019/1009 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 Laying Down Rules on the Making Available on the Market of EU Fertilising Products and Amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009 and Repealing Regulation (EC) No 2003/2003, 2019. 114 p.

78. 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. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2007, vol. 26, pp. 46–54.

<https://doi.org/10.1007/s00344-006-0035-4>

79. Fløistad I.S., Eldhuset T.D. Effect of Photoperiod and Fertilization on Shoot and Fine Root Growth in *Picea abies* Seedlings. *Silva Fennica*, 2017, vol. 51, no.1, art. no. 1704.

<https://doi.org/10.14214/sf.1704>

80. Fløistad I.S., Granhus A. Timing and Duration of Short-Day Treatment Influence Morphology and Second Bud Flush in *Picea abies* Seedlings. *Silva Fennica*, 2013, vol. 47, no. 3, art. no. 1009. <https://doi.org/10.14214/sf.1009>

81. Gawrońska H., Przybysz A. Biostymulatory: Mechanizmy Zastosowania i Przykłady Zastosowań. *Materiały konferencyjne TSW*. Warszawa, Agrosimex Sp. z o.o., 2011, pp. 7–13. (In Pol.).

82. Grossnickle S.C., Folk R.S. Abscisic Acid Analogs Reduce Planting Stress in Newly Planted Seedlings. *National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Sssociations*. USDA Forest Service General Technic Report RM-257, 1994, pp. 214–222.

83. Grossnickle S.C. Importance of Root Growth in Overcoming Planting Stress. *New Forest*, 2005, vol. 30, pp. 273–294. <https://doi.org/10.1007/s11056-004-8303-2>

84. Grossnickle S.C. Why Seedlings Survive: Influence of Plant Attributes. *New Forests*, 2012, vol. 43, pp. 711–738. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9336-6>

85. Guangwu Z., Xuwen J. Roles of Gibberellin and Auxin in Promoting Seed Germination and Seedling Vigor in *Pinus massoniana*. *Forest Science*, 2014, vol. 60, iss. 2, pp. 367–373. <https://doi.org/10.5849/forsci.12-143>

86. Hamza B., Suggars A. Biostimulants: Myths and Realities. *TurfGrass Trends*, 2001, vol. 10, no. 8, pp. 6–10.

87. Ishikawa M., Robertson A.J., Gusta L.V. Comparison of Viability Tests for Assessing Cross-Adaptation to Freezing, Heat, and Salt Stresses Induced by Abscisic Acid in Bromegrass (*Bromus inermis* Leyss) Suspension Cultured Cells. *Plant Science*, 1995, vol. 107, iss. 1, pp. 83–93. [https://doi.org/10.1016/0168-9452\(95\)04100-9](https://doi.org/10.1016/0168-9452(95)04100-9)

88. Jayaraj J., Wan A., Rahman M., Punja Z.K. Seaweed Extract Reduces Foliar Fungal Diseases on Carrot. *Crop Protection*, 2008, vol. 27, iss. 10, pp. 1360–1366.

<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.05.005>

89. Jayaraman J., Norrie J., Punja Z.K. Commercial Extract from the Brown Seaweed *Ascophyllum nodosum* Reduces Fungal Diseases in Greenhouse Cucumber. *Journal of Applied Phycology*, 2011, vol. 23, pp. 353–361. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9547-1>
90. Johnson-Flanagan A.M., Owens J.N. Development of White Spruce (*Picea glauca*) Seedling Roots. *Canadian Journal of Botany*, 1985, vol. 63, no. 3, pp. 456–462. <https://doi.org/10.1139/b85-056>
91. Joubert J.M., Lefranc G. The Latest Research on Phytostimulants from Marine Algae. Two Types of Products – Growth and Nutrition Stimulants and Defense Response Stimulants. *Biostymulatory w Nowoczesnej Uprawie Roślin*. Warsaw, Wieś Jutra Publ., 2008. 88 p. (In Pol.).
92. Kabanova S.A., Musoni W., Zenkova Z.N., Danchenko M.A., Scott S.A., Kabanov A.N. Selection of Scots Pine Seedling Growth Stimulants in Extreme Conditions of the Northern Kazakhstan Steppe Zone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, vol. 611, art. no. 012039. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/611/1/012039>
93. Kaczmarek Z., Wolna-Maruwka A., Jakubus M. Zmiany Liczebności Wybranych Grup Drobnoustrojów Glebowych Oraz Aktywności Enzymatycznej w Glebie Inokulowanej Efektywnymi Mikroorganizmami (EM). *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2008, vol. 53, no. 3, pp. 122–127.
94. Khan M.A., Umm-e-Kalsoom, Khan M.I., Khan R., Khan S.A. Screening the Allelopathic Potential of Various Weeds. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 2011, vol. 17, iss. 1, pp. 73–81.
95. Khan W., Rayirath U.P., Subramanian S., Jithesh M.N., Rayorath P., Hodges D.M., Critchley A.T., Craigie J.S., Norrie J., Prithiviraj B. Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2009, vol. 28, pp. 386–399. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>
96. Kozłara W., Sulewska H., Panasiewicz K. Efekty Stosowania Stymulatorów Odporności w Wybranych Roślinach Rolniczych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2006, vol. 51, no. 2, pp. 82–87. (In Pol.).
97. Liu Y., Müller K., El-Kassaby Y.A., Kermode A.R. Changes in Hormone Flux and Signaling in White Spruce (*Picea glauca*) Seeds during the Transition from Dormancy to Germination in Response to Temperature Cues. *BMC Plant Biology*, 2015, vol. 15, art. no. 292. <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0638-7>
98. 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 Journal of Applied Ecology*, 2011, vol. 22, pp. 3138–3144.
99. MacDonald J., Hacking J., Weng Y., Norrie J. Effects of *Ascophyllum nodosum* Extract Application in the Nursery on Root Growth of Containerized White Spruce Seedlings. *Canadian Journal of Plant Science*, 2013, vol. 93, no. 4, pp. 735–739. <https://doi.org/10.4141/cjps2012-268>
100. MacDonald J.E., Hacking J., Weng Y., Norrie J. Root Growth of Containerized Lodgepole Pine Seedlings in Response to *Ascophyllum nodosum* Extract Application during Nursery Culture. *Canadian Journal of Plant Science*, 2012, vol. 92, no. 6, pp. 1207–1212. <https://doi.org/10.4141/cjps2011-279>
101. Maciejewski T., Szukała J., Jarosz A. Wpływ Biostymulatora Asahi SL i Atonik SL na Cechy Jakościowe Bulw Ziemniaków. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2007, vol. 52, no. 3, pp. 109–112.
102. Maomeri M., Abbasi Khalaki M., Tavili A. Effects of *Haloxylon Aphyllum* (Minkw.) Ljin Extract on Seeds Germination and Seedlings Growth of *Agropyron Elongatum* (Host.) and *Agropyron Desertorum* (Fisch.). *Research Journal of Seed Science*, 2011, vol. 4, iss. 1, pp. 40–50. <https://doi.org/10.3923/rjss.2011.40.50>
103. Matyjaszczyk E. Wprowadzanie Biostymulatorów do Obrotu Handlowego w Polsce. Sytuacja Bieżąca i Uwarunkowania Prawne. *Przemysł Chemiczny*, 2015, vol. 94, no. 10, pp. 1841–1844. (In Pol.). <https://doi.org/10.15199/62.2015.10.40>

104. McClung C.R. Comes a Time. *Current Opinion in Plant Biology*, 2008, vol. 11, iss. 5, pp. 514–520. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2008.06.010>
105. Michalak I., Chojnacka K. The Potential Usefulness of a New Generation of Agro-Products Based on Raw Materials of Biological Origin. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 2016, vol. 15, no. 6, pp. 97–120.
106. Miransari M., Smith D.L. Plant Hormones and Seed Germination. *Environmental and Experimental Botany*, 2014, vol. 99, pp. 110–121. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.005>
107. 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. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 2017, vol. 6, iss. 11, pp. 3603–3612. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.422>
108. Neilly W., Shishkov L., Nickerson S., Titus D., Norrie J. Commercial Extract from the Brown Seaweed *Ascophyllum nodosum* (Acadian) Improves Early Establishment and Helps Resist Water Stress in Vegetable and Flower Seedlings. *HortScience*, 2010, vol. 45(8), pp. 105–106.
109. Nováková M., Motyka V., Dobrev P.I., Malbeck J., Gaudinová A., Vanková R. Diurnal Variation of Cytokinin, Auxin and Abscisic Acid Levels in Tobacco Leaves. *Journal of Experimental Botany*, 2005, vol. 56, iss. 421, pp. 2877–2883. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri282>
110. Orr S.P., Rudgers J.A., Clay K. Invasive Plants Can Inhibit Native Tree Seedlings: Testing Potential Allelopathic Mechanisms. *Plant Ecology*, 2005, vol. 181, pp. 153–165. <https://doi.org/10.1007/s11258-005-5698-6>
111. Ostroshenko V.Yu., Poleschuk V.A. Effectiveness of Growth Stimulants in the Cultivation of Korean Red Pine Seedlings (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.) in the Primorsky Krai Conditions. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 2020, vol. 11, no. 3, art. no. 11A03D. <https://doi.org/10.14456/ITJEMAST.2020.44>
112. Panda D., Pramanik K., Nayak B.R. Use of Sea Weed Extracts as Plant Growth Regulators for Sustainable Agriculture. *International Journal of Bio-Resource and Stress Management*, 2012, vol. 3, no. Sep. 3, pp. 404–411.
113. Posmyk M.M., Szafrńska K. Biostimulators: A New Trend towards Solving an Old Problem. *Frontiers in Plant Science*, 2016, vol. 7, art. no. 748. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00748>
114. Prati D., Bossdorf O. Allelopathic Inhibition of Germination by *Alliaria petiolata* (Brassicaceae). *American Journal of Botany*, 2004, vol. 91, iss. 2, pp. 285–288. <https://doi.org/10.3732/ajb.91.2.285>
115. Schmidt R.E., Ervin E.H., Zhang X. Questions and Answers about Biostimulants. *Golf Course Manage*, 2003, vol. 71, pp. 91–94.
116. Shang Z.H., Xu S.G. Allelopathic Testing of *Pedicularis kansuensis* (Scrophulariaceae) on Seed Germination and Seedling Growth of Two Native Grasses in the Tibetan Plateau. *Phyton – International Journal of Experimental Botany*, 2012, vol. 81, pp. 75–79. <https://doi.org/10.32604/phyton.2012.81.075>
117. Sharma H.S.S., Fleming C., Selby C., Rao J.R., Martin T. Plant Biostimulants: A Review on the Processing of Macroalgae and Use of Extracts for Crop Management to Reduce Abiotic and Biotic Stresses. *Journal of Applied Phycology*, 2014, vol. 26, pp. 465–490. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0101-9>
118. Siddiqui S., Bhardwaj S., Shoukat S.K., Meghvanshi M.K. Allelopathic Effect of Different Concentration of Water Extract of *Prosopis Juliflora* Leaf on Seed Germination and Radicle Length of Wheat (*Triticum aestivum* Var-Lok-1). *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 2009, vol. 4(2), pp. 81–84.

119. Smith R.F., Hallett R.D. Inducing Dormancy in Black Spruce (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) Seedlings with Paclobutrazol (Confer®). *Proceedings of the 26th Annual Meeting of the Plant Growth Regulators Society of America, Workshop II: Control of Growth in Woody Plants*. California, Costa Mesa, 1999, pp. 147–151.

120. Stavang J.A., Lindgård B., Erntsen A., Lid S.E., Moe R., Olsen J.E. Thermoperiodic Stem Elongation Involves Transcriptional Regulation of Gibberellin Deactivation in Pea. *Plant Physiology*, 2005, vol. 138, iss. 4, pp. 2344–2353.

<https://doi.org/10.1104/pp.105.063149>

121. Thain S.C., Vandenbussche F., Laarhoven L.J.J., Dowson-Day M.J., Wang Z.-Y., Tobin E.M., Harren F.J.M., Millar A.J., Van Der Straeten D. Circadian Rhythms of Ethylene Emission in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 2004, vol. 136, iss. 3, pp. 3751–3761.

<https://doi.org/10.1104/pp.104.042523>

122. Tkaczyk M., Szmidla H., Sikora K. The Use of Biostimulants Containing *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis Algal Extract in the Cultivation and Protection of English Oak *Quercus robur* L. Seedlings in Forest Nurseries. *Sylwan*, 2022, vol. 166(4), pp. 244–252.

<https://doi.org/10.26202/sylwan.2022032>

123. Vaistij F.E., Barros-Galvão T., Cole A.F., Gilday A.D., He Z., Li Y., Harvey D., Larson T.R., Graham I.A. *MOTHER-OF-FT-AND-TFL1* Represses Seed Germination under Far-Red Light by Modulating Phytohormone Responses in *Arabidopsis thaliana*. *PNAS*, 2018, vol. 115(33), pp. 8442–8447. <https://doi.org/10.1073/pnas.1806460115>

124. Van den Driessche R. Paclobutrazol and Triadimefon Effects on Conifer Seedling Growth and Water Relations. *Canadian Journal of Forest Research*, 1990, vol. 20, no. 6, pp. 722–729. <https://doi.org/10.1139/x90-095>

125. Velho do Amaral L.I., Santos H.P., Rossatto D.R., Buckeridge M.S. Diurnal Changes in Storage Carbohydrate Metabolism in Cotyledons of the Tropical Tree *Hymenaea courbaril* L. (*Leguminosae*). *Brazilian Journal of Botany*, 2012, vol. 35, no. 4, pp. 347–355.

<https://doi.org/10.1590/S0100-84042012000400008>

126. Wally O.S.D., Crichley A.T., Hiltz D., Craigie J.S., Han X., Zaharia L.I., Abrams S.R., Prithiviraj B. Regulation of Phytohormone Biosynthesis and Accumulation in *Arabidopsis* Following Treatment with Commercial Extract from the Marine Macroalga *Ascophyllum nodosum*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2013, vol. 32, pp. 324–339.

<https://doi.org/10.1007/s00344-012-9301-9>

127. Xu Y., Zhang Y., Li Y., Li G., Liu D., Zhao M., Cai N. Growth Promotion of Yunnan Pine Early Seedlings in Response to Foliar Application of IAA and IBA. *International Journal of Molecular Sciences*, 2012, vol. 13, no. 4, pp. 6507–6520.

<https://doi.org/10.3390/ijms13056507>

128. Zhang X., Schmidt R.E., Ervin E.H., Doak S. Creeping Bentgrass Physiological Responses to Natural Plant Growth Regulators and Iron under Two Regimes. *HortScience*, 2002, vol. 37, iss. 6, pp. 898–902. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.37.6.898>

129. Zhang Y., Lu S., Gao H. Effects of Stratification and Hormone Treatments on Germination and Physio-Biochemical Properties of *Taxus chinensis* var. *mairei* Seed. *American Journal of Plant Sciences*, 2012, vol. 3, no. 7, pp. 829–835.

<https://doi.org/10.4236/ajps.2012.37100>

130. Zhu M., Ma C., Wang Y., Zhang L., Wang H., Yuan Y., Du K. Effect of Extracts of Chinese Pine on its Own Seed Germination and Seedling Growth. *Frontiers of Agriculture in China*, 2009, vol. 3, pp. 353–358. <https://doi.org/10.1007/s11703-009-0056-4>

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов  
**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest

**Вклад авторов:** Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи  
**Authors' Contribution:** All authors contributed equally to the writing of the article