

ПРОЛОНГИРОВАННОЕ ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕТЫРЕХЛЕТНИХ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ГУСТОЦВЕТКОВОЙ (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.)

В. Ю. Острошенко^{1,*}, Л. Ю. Острошенко², М. Д. Мухин²

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
690022 Владивосток, Приморский край, просп. 100-летия Владивостоку, 159, Россия

²Приморский государственный аграрно-технологический университет
692510 Уссурийск, Приморский край, просп. Блюхера, 44, Россия

*E-mail: OstroshenkoV@mail.ru

Аннотация. Сосна густоцветковая (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.) – это ценная древесная порода, которую используют в Приморском крае для лесомелиорации, улучшения эстетических и экологических показателей городской среды. В результате влияния лесных пожаров и вырубki леса данная древесная порода является исчезающей. Экологическая и биологическая ценность сосны густоцветковой, наряду с ее ограниченным распространением, обуславливают необходимость ее восстановления. Одним из возможных методов восстановления данной древесной породы является применение регуляторов роста. Оценили пролонгированное влияние корневой подкормки одно- и двухлетних сеянцев сосны густоцветковой стимулятором роста Циркон в сочетании с препаратами Феровит и Корень Супер на их морфометрические параметры в 4-летнем возрасте в условиях Приморского края. Контролем служили сеянцы, не обработанные стимуляторами роста. Основные биометрические показатели, которые изучали в ходе эксперимента, включали высоту растений, прирост по высоте, диаметр шейки корня, длину корней и сухую массу. Установлено, что наибольшее положительное влияние на рост сеянцев оказало применение корневой подкормки стимуляторами роста Циркон и Корень Супер с концентрацией 5 мл препарата/10 литров воды. Показаны значительный прирост высоты сеянцев (на 23.4%), скорости роста (на 23.3%), диаметра шейки корня (на 28.6%), длины корней (на 13.8%) и общей сухой массы (на 236%). Выращенные сеянцы могут быть использованы для озеленения территорий Приморского края.

Ключевые слова: сосна густоцветковая, корневая подкормка, морфометрические параметры, сеянцы, стимуляторы роста, препараты Циркон, Феровит, Корень Супер

Финансирование работы. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № 124012200183-8).

Поступила в редакцию xx.xx.2025

После доработки xx.xx.2025

Принята к публикации xx.xx.2025

PROLONGED EFFECT OF GROWTH REGULATORS ON BIOMETRIC PARAMETERS OF FOUR-YEAR-OLD SEEDLINGS OF OMATSU (*PINUS DENSIFLORA* SIEBOLD ET ZUCC.)

V. Yu. Ostroshenko^{a, #}, L. Yu. Ostroshenko^b, M. D. Muhin^b

^a*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity of the Far Eastern Branch of the RAS, prosp. 100-letiya Vladivostoku 159, Primorsky region, Vladivostok 690022, Russia*

^b*Primorsky State Agrarian-Technological University, prosp. Blyuhera 44, Primorsky region, Ussuriysk 692510, Russia*

[#]*E-mail: OstroshenkoV@mail.ru*

Abstract. The thick-flowered pine (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.) is a valuable tree species that is used in Primorsky Krai for forest reclamation, improvement of aesthetic and ecological indicators of the urban environment. As a result of the impact of forest fires and deforestation, this tree species is endangered. The ecological and biological value of the thick-flowered pine, along with its limited distribution, necessitates its restoration. One of the possible methods of restoration of this tree species is the use of growth regulators. The prolonged effect of root fertilization of one- and two-year-old pine seedlings with the growth stimulator Zircon in combination with Ferovit and Koren Super preparations on their morphometric parameters at the age of 4 years in the Primorsky Krai was evaluated. The control was seedlings that were not treated with growth stimulants. The main biometric indicators that were studied during the experiment included plant height, height gain, root neck diameter, root length, and dry weight. It was found that the use of root top dressing with growth stimulants Zircon and Koren Super with a concentration of 5 ml of the stimulant/10 liters of water had the greatest positive effect on the growth of seedlings. A significant increase in seedling height (by 23.4%), growth rate (by 23.3%), root neck diameter (by 28.6%), root length (by 13.8%) and total dry weight (by 236%) is shown. The grown seedlings can be used for landscaping the territories of Primorsky Krai.

Keywords: thick-flowered pine, root dressing, morphometric parameters, seedlings, growth stimulants, Zircon preparations, Ferovit, Koren Super

Funding. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № 124012200183-8).

Received xx, 2025

Revised xx, 2025

Accepted xx, 2025

ВВЕДЕНИЕ

Приморский край является одним из крупных регионов Дальневосточного округа. Площадь, занятая лесами, составляет 10 515.9 тыс. га. Согласно информации о лесном фонде на 1 января 2024 г., хвойные деревья составляют 51.5% от общего числа насаждений, где род сосна (*Pinus* L.) занимает площадь 4.5 тыс. га [1].

На юге Приморья произрастает сосна густоцветковая (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.). Ее ареал неширок и составляет ≈4.0 тыс. га. Он охватывает Хасанский, Владивостокский, а также Шкотовский р-ны [2].

В результате влияния лесных пожаров и вырубki лесов данная древесная порода на территории российского Дальнего Востока является исчезающей и включена в Красные книги РФ и Приморского края [2, 3].

Изменяющийся климат, а также воздействие лесных пожаров наносят огромный вред экосистеме. Значительная площадь континентальной части ареала вида на юге Приморского края пострадала от возгораний. По этой причине сосна густоцветковая сохранилась только в виде небольших участков на скалах и крутых склонах в верховьях некоторых рек. В этих местах ей удалось избежать вреда огня и конкуренции с другими деревьями. Этот вид, который замещает сосну обыкновенную (*Pinus sylvestris* L.) в Приморье, отличается высокой устойчивостью и вносит значимый вклад в создание живописных ландшафтов. Произрастая в горной местности, эта древесная порода имеет важное значение для лесомелиорации в условиях, где экосистемы сложно восстанавливаются и подвержены риску. Ее используют для укрепления склонов, оврагов, песчаных участков, а также в придорожных и защитных зонах [2, 3]. Именно поэтому ее воспроизводство было настоятельно рекомендовано уже давно [4].

Экологическая и биологическая ценность сосны густоцветковой, наряду с ее ограниченным распространением, обуславливает необходимость мероприятий по ее лесовосстановлению. В сосновых насаждениях Приморского края процесс семеношения происходит с интервалом в 3–4 года [2, 3].

Одним из возможных методов восстановления данной древесной породы является применение регуляторов роста растений (PPP). Эти вещества, представляющие собой природные или синтетические соединения, способны активизировать рост и развитие растений. В сельском хозяйстве их широко применяют благодаря значительной эффективности [5–12].

В сфере лесного хозяйства использование PPP пока носит экспериментальный характер. Однако предварительные исследования, проведенные в различных лесорастительных зонах России, свидетельствуют о перспективности их применения для повышения жизнеспособности лесных культур. При применении этих веществ наблюдают увеличение как лабораторной, так и полевой всхожести семян, а также активный рост сеянцев и их высокую сохранность [13–21].

PPP также способствуют улучшению физиологических процессов в растениях, таких как фотосинтез и дыхание, за счет оптимизации обмена веществ. Благодаря

этому обеспечивается более эффективное усвоение питательных веществ, что является особенно значимым в условиях нехватки ресурсов. Таким образом, использование этих препаратов может значительно повысить продуктивность лесных насаждений.

Однако применение PPP требует учета множества факторов, включая тип растений, условия произрастания и предполагаемую нагрузку на экосистему. Важно проводить серию предварительных испытаний, чтобы определить оптимальные нормы и режимы применения для достижения максимального эффекта без вредного влияния на окружающую среду.

Следовательно, возможность использования PPP в лесном хозяйстве остается высокой и нуждается в более детальном исследовании для их большего применения в практике. Цель работы – анализ пролонгированного влияния регулятора роста Циркон совместно с препаратами Феровит и Корень Супер на морфометрические параметры 4-летних сеянцев сосны густоцветковой в условиях Приморского края.

В рамках исследования были поставлены следующие задачи: 1 – сбор семян сосны густоцветковой для дальнейшего выращивания; 2 – проведение корневой подкормки сеянцев в возрасте 1-го и 2-х лет с использованием препарата Циркон, а также препаратов Корень Супер и Феровит в различных концентрациях; 3 – анализ воздействия указанных PPP на ключевые морфометрические показатели 4-летних сеянцев, включая высоту стволика, толщину корневой шейки, длину корневой системы и сухую массу растений.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Практическую часть исследования проводили в Приморском крае, на территории Уссурийского городского округа, в рамках работы Горнотажной станции им. В.Л. Комарова (структурное подразделение ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН) в период с 2019 по 2023 г.

Важные характеристики местности для исследовательской работы следующие: почва обладает относительно высокой влажностью, преобладают оглеенные серые средние и рыхлые осадочные породы с высоким содержанием мелких частиц, таких как пыль и песок, а также значительным количеством глинистых примесей. Почва в данном районе представлена бурым подзолом с плотной глинистой структурой, которая в нижней части переходит в лугово-бурый тип. Почвенный покров подвергался окультуриванию, однако его плодородность остается на среднем уровне. Показатель кислотности почвы близок к нейтральному и составлял 6.5 ед. pH, при этом содержание гумуса невысокое – всего 2.83%. Концентрация фосфора достаточно высокая и достигала 20.5 мг/100 г почвы, тогда как содержание калия составляло 7.3 мг/100 г. Рельеф территории отличался плавными волнами с незначительным уклоном.

Циркон (“НЭСТ М”, Россия) представляет собой природный стимулятор, способствующий росту растений. Основным ингредиентом этого препарата является эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* (L.) Moench). В состав Циркона входят также эфиры,

которые были получены из фенилпропаноидов, растворенных в спирте [15]. Исследования показали, что применение этого препарата улучшало процессы, связанные с развитием растений, включая образование корней [15, 18]. Положительное воздействие Циркона заключается в повышении устойчивости растений к неблагоприятным условиям окружающей среды. Кроме того, он способствует прорастанию семян. Циркон не представляет опасности для людей, рыб, животных и насекомых. В почве не накапливается. Поэтому его использование не наносит вреда окружающей среде. При этом поверхностные и грунтовые воды сохраняют свою чистоту. Этот препарат не фитотоксичен.

Феровит (“НЭСТ М”, Россия) является эффективным стимулятором фотосинтетической активности и регулятором кислородного обмена, что делает его особенно ценным для растений, испытывающих дефицит освещения. Препарат также рекомендован для применения при хлорозе, вызванном недостатком доступного железа, особенно в случаях повышенного риска возникновения заболеваний и поражения вредителями.

В состав Феровита входит раствор хелатного железа (75 г/л) и азот (40 г/л), что обеспечивает комплексную поддержку роста и развития растений [7, 22]. Исследования подтвердили его эффективность в качестве подкормки в лесном хозяйстве [18, 19].

Феровит активно способствует увеличению фотосинтетической активности растений, что является важным в условиях интенсивного использования земель и изменения климата. Благодаря своей уникальной формуле он помогает растениям более эффективно усваивать свет, что особенно актуально для тех, кто занимается агрономией в регионах с низкой освещенностью. Это решение становится незаменимым в практике, позволяя улучшить рост и развитие культурных растений. Кроме того, Феровит поддерживает защитные функции растений, создавая барьер против вредителей и болезней. Это достигается за счет повышения устойчивости растений к негативным факторам, связанным с недостатком питательных веществ. Подкормка железом улучшает общее состояние растений, придавая им насыщенный зеленый цвет и способствуя лучшему развитию корневой системы.

Корень Супер (производитель ООО “Август”, Россия) – это регулятор роста, предназначенный для стимуляции формирования корневой системы у черенков и саженцев плодовых, ягодных и декоративных растений. Препарат активно применяют в садоводстве, способствуя успешному укоренению посадочного материала. Основным действующим компонентом является 4-(индол-3-ил) масляная кислота [23]. Отмечен положительный эффект стимулятора на укореняемость и дальнейшее развитие цветочных и сельскохозяйственных культур [8, 24].

Помимо стимуляции образования корней, Корень Супер способствует улучшению общего состояния растений, увеличивая их жизнеспособность и устойчивость к стрессам. Это достигается благодаря активному компоненту, который влияет на метаболизм растений, способствуя лучшему усвоению питательных веществ и влаги из почвы. Правильное применение препарата позволяет значительно сократить время, необходимое

для укоренения, что особенно важно для садоводов, стремящихся к быстрой ротации культур.

Семена сосны густоцветковой собраны в дендрарии с. Горно-Таежного (Приморский край, Уссурийский городской округ, Россия) в конце 2018 г. Семена высевали в 3 этапа, по 100 шт. на каждом. Посевные ряды размещали с расстоянием между центрами от 18 до 20 см. Для различных экспериментальных вариантов расстояние составило 40 см. Глубина заделки семян варьировала от 1 до 2 см. Для защиты всходов от воздействия солнечных лучей использовали специальные щиты, поверхность почвы была укрыта древесными опилками. Спустя 2 нед после появления первых проростков, в течение первого года роста проводили подкормку сеянцев препаратом Циркон в концентрации 1 мл/10 л воды. В контрольной группе находились сеянцы, не подвергавшиеся обработке *PPP*.

Во 2-й год вегетации для обработки использовали препараты Феровит и Корень Супер. Феровит применяли в концентрациях 1.5 мл/1.5 л и 1.5 мл/3 л воды, Корень Супер – 5 мл/5 л и 5 мл/10 л воды. В контрольной группе были необработанные сеянцы.

С 3-го года опыта применение *PPP* было прекращено. Для ухода за сеянцами были проведены агротехнические мероприятия. Между рядами почву подвергали рыхлению. Сеянцы поливали с учетом климатических условий по установленному графику. Для создания тени использовали щиты и осуществляли защиту сеянцев от вредителей и болезней.

Осенью у 3-летних сеянцев измеряли высоту с помощью линейки, применяя метод сплошного учета, и отбирали образцы для анализа. Для отобранных сеянцев проводили анализ прироста по ряду морфометрических характеристик, включая высоту, прирост по высоте, диаметр корневой шейки, длину корневой системы и сухую массу. Измерение высоты, прироста по высоте растений и протяженности их корней осуществляли с использованием деревянной линейки с точностью до 1 мм. Для определения диаметра корневой шейки применяли электронный штангенциркуль с точностью до 0.1 мм. Определение сухой массы проводили на электронных весах MW-II с точностью до 0.01 г.

Результаты экспериментов анализировали с использованием программы Microsoft Excel 2007 (США). Значимость различий показателей высоты по сравнению с контролем определяли с помощью *t*-критерия Стьюдента и критерия Фишера.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено положительное влияние корневой подкормки сеянцев сосны густоцветковой стимуляторами Циркон и Корень Супер. Например, средняя высота 4-летних сеянцев находилась в пределах 41.6–43.3 см, превысив показатели контроля на 18.5–23.4% (рис. 1а).

Отмечена существенность различий с контролем по *t*-критерию: $t_{\text{fact}} \geq t_{\text{tabl}}$ при $P = 0.05$ и 0.01 . Также достоверность различий с вариантами контрольной группы отмечена при применении критерия Фишера: $F_{\text{stat}} \geq F_{\text{tabl}}$ (табл. 1).

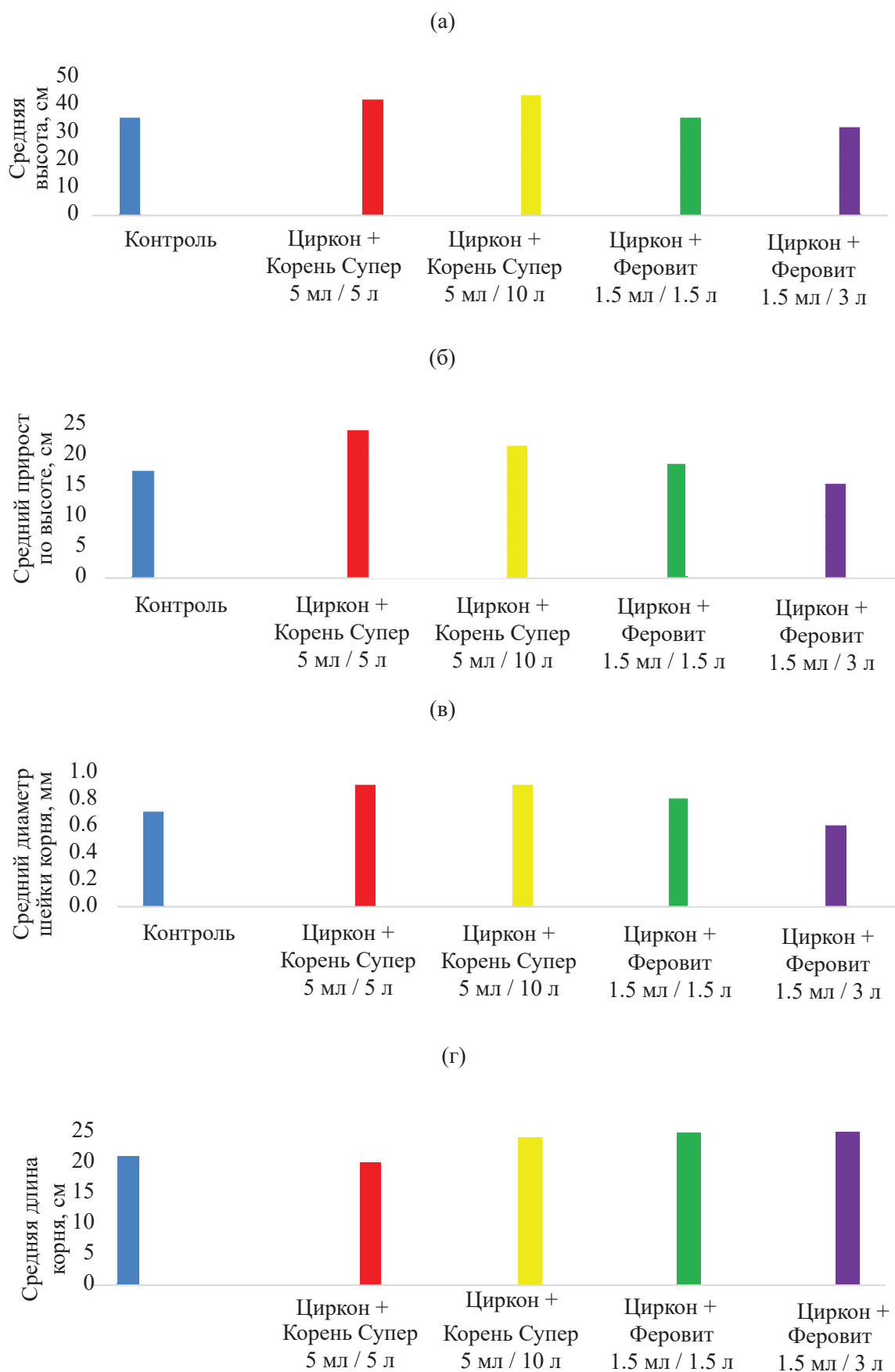


Рис. 1. Воздействие регуляторов роста на увеличение: (а) – высоты, (б) – скорости прироста в высоту, (в) – диаметра корневой шейки, (г) – длины корней 4-летних сеянцев сосны густоцветковой (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.), см

Fig. 1. Воздействие регуляторов роста на увеличение: (а) – высоты, (б) – скорости прироста в высоту, (в) – диаметра корневой шейки, (г) – длины корней 4-летних сеянцев сосны густоцветковой (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.), см

Таблица 1. Анализ дисперсии воздействия стимуляторов роста Циркон и Корень Супер на рост 4-летних сеянцев сосны густоцветковой (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.)**Table 1.** Анализ дисперсии воздействия стимуляторов роста Циркон и Корень Супер на рост 4-летних сеянцев сосны густоцветковой (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.)

	df	SS	MS	F_{stat}	F_{tabl}
Между группами	2	1452.5	726.3	5.5886	0.005
Внутри групп	100	12 995.2	130.0		
Общее	102	14 447.7			

Обработка сеянцев стимуляторами Циркон и Феровит не повлияла на увеличение высоты сеянцев — показатели были на уровне контроля, либо наблюдали снижение на 9.7%.

На скорость прироста по высоте наибольшее воздействие оказала подкормка сеянцев стимуляторами роста Циркон и Корень Супер при всех концентрациях растворов PPP (ее показатели находились в пределах 21.2–23.7 см, что было на 23.3–37.8% больше, чем в контроле).

Обработка сеянцев Феровитом в концентрации 1.5 мл/1.5 л воды оказалась менее эффективной: различия с показателями контроля составили всего 5.8%. При применении корневой подкормки сеянцев данным PPP в концентрации 1.5 мл/3 л воды был зафиксирован ингибирующий эффект (рис. 1б).

Подкормка сеянцев стимуляторами Циркон и Корень Супер в любых концентрациях растворов способствовала увеличению диаметра корневой шейки на 28.6%, достигнув 0.9 см. Использование стимулятора Феровит в высокой концентрации (1.5 мл/1.5 л) менее заметно увеличивало этот показатель, что составило лишь 14.3% по сравнению с контролем. В то же время корневая подкормка сеянцев Феровитом в концентрации

1.5 мл/3 л не дала положительного эффекта. В этом случае наблюдали снижение показателя на 14.3% относительно контроля (рис. 1в).

Положительное воздействие на длину корней было отмечено при использовании стимуляторов Циркон и Корень Супер в дозе 5 мл/10 л воды, а также Феровита во всех концентрациях. Длина корневой системы варьировала от 19.0 до 19.9 см, что на 13.8–19.2% больше, чем в контроле. При подкормке стимуляторами Циркон и Корень Супер в концентрации 5 мл/5 л длина корней составила 15.6 см, что было на 6.6% меньше по сравнению с контролем (рис. 1г).

На биомассу сеянцев наиболее заметное влияние оказали препараты Циркон и Корень Супер в концентрации 5 мл/10 л воды. В результате общая масса сеянцев составила 67.2 г, что в 3.4 раза превышало контроль. Указанный вариант обработки наибольшее влияние оказал на увеличение надземной части сеянцев (на 250%) и корневой системы (на 173%) (табл. 2).

Также положительный эффект оказало совместное применение стимуляторов Циркон и Корень Супер в концентрации 5 мл/5 л и Феровит в концентрации 1.5 мл/1.5 л воды. Показатели общей массы находились в пределах 30.4–36.1 г/растение, превысив контроль

Таблица 2. Влияние стимуляторов роста на прирост сухой массы 4-летних сеянцев сосны густоцветковой (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.), г/растение**Table 2.** Влияние стимуляторов роста на прирост сухой массы 4-летних сеянцев сосны густоцветковой (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.), г/растение

Вариант	Количество боковых веточек, шт.	Сухая масса сеянца в воздушно-сухом состоянии, $M \pm m$, г					
		стволик	веточки	хвоя	итого надземная часть	корневая система	общая масса
Контроль (H ₂ O)	8.3 ± 2.4	4.6 ± 1.1	2.4 ± 1.0	9.3 ± 3.6	16.3 ± 4.1	3.7 ± 1.4	20.0 ± 5.6
Циркон 1 мл/10 л + Феровит 1.5 мл/1.5 л	8.3 ± 2.8	6.0 ± 1.1	3.4 ± 0.5	14.2 ± 3.1	23.6 ± 4.4	6.8 ± 1.7	30.4 ± 6.0
Циркон 1 мл/10 л + Феровит 1.5 мл/3 л	5.0 ± 0.6	3.0 ± 0.6	1.5 ± 0.7	5.8 ± 0.7	10.3 ± 1.6	2.9 ± 0.8	13.2 ± 2.4
Циркон 1 мл/10 л + Корень Супер 5 мл/5 л	8.0 ± 2.0	7.1 ± 1.0	4.8 ± 1.2	15.5 ± 0.9	27.4 ± 2.9	8.7 ± 1.2	36.1 ± 3.8
Циркон 1 мл/10 л + Корень Супер 5 мл/10 л	7.0 ± 1.8	12.9 ± 3.0	8.7 ± 2.5	35.4 ± 12.0	57.1 ± 17.2	10.1 ± 2.9	67.2 ± 20.0

на 52.0–80.5%. При применении стимулятора Феровит в концентрации 1.5 мл/3 л отмечен ингибирующий эффект.

оказала корневая подкормка с использованием регуляторов Циркон и Корень Супер в концентрации 5 мл/10 л воды. Зафиксировано увеличение высоты сеянцев на 23.4, скорости прироста высоты – на 23.3, диаметра шейки корня – на 28.6, длины корней – на 13.8 и общей сухой массы – на 236%. Выращенные сеянцы могут быть использованы для озеленения окрестностей Приморского края.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, установлено, что на морфометрические показатели 4-летних сеянцев сосны густоцветковой наибольшее положительное влияние

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: <https://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/deartments/forestry/informatsiya-po-forme-otkrytykh-dannykh.php>
2. Острошенко В.Ю. Эффективность применения стимулятора роста Циркон при проращивании семян сосны густоцветковой (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.) // Актуал. пробл. лесн. комплекса. 2018. Вып. 51. С. 142–148.
3. Острошенко В.Ю. Эффективность применения стимулятора роста Рибав-Экстра на посевные качества семян сосны густоцветковой (*Pinus densiflora* Siebold et Zucc.) // Мат-лы X Междунар. форума “Охрана и рациональное использование лесных ресурсов”. Благовещенск, 2019. С. 125–128.
4. Репин Е.Н. Сосна погребальная (*Pinus funebris* Kom. (Pinaceae)) в лесных угодьях Горнотажной станции ДВО РАН // Использование, восстановление и повышение продуктивности лесов Дальнего Востока. Уссурийск, 1998. С. 113–116.
5. Газданова И.О., Гериева Ф.Т., Моргоев Т.А. Эффективность применения биостимуляторов “Эпин-экстра” и “Циркон” на посадках картофеля в агроэкологических условиях РСО-Алания // Аграрн. вестн. Урала. 2020. № 8 (199). С. 2–8. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-199-8-2-8
6. Гладышева О.В. Влияние Эпин Экстра и Циркона на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян некоторых сортов томатов // Научн. альманах. 2019. № 2–2(52). С. 115–118. DOI: 10.17117/na.2019.02.02.115
7. Дорожкина Л.А., Пенкин Р.В., Смирнов А.Н. Силиплант против альтернариоза пасленовых культур // Гавриш. 2012. № 3. С. 18–21.
8. Мазин А.М., Оваденко С.М. Влияние стимуляторов роста на массу корней и ростков перспективного сортообразца клевера лугового // Изв. Великолук. ГСХА. 2023. № 4. С. 29–34.
9. Решетник Г.В., Зайченко О.С. Влияние синтетических регуляторов роста Силиплант и Эпин-Экстра на физиологические параметры озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и ячменя (*Hordeum vulgare* L.) на ранних этапах онтогенеза // Мат-лы Международ. научн.-практ. конф. “Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем”. Краснодар, 2018. С. 277–280.
10. Barajas-Ledesma R.M., Stocker C.W., Wong V.N.L., Little K., Patti A.F., Garnier G. Biodegradation of a nanocellulose superabsorbent and its effect on the growth of spinach (*Spinacea oleracea*) // ACS Agricult. Sci. Technol. 2021. V. 2. Iss. 1. P. 90–99. DOI: 10.1021/acsagascitech.1c00178
11. Chang E.H., Jung S.M., Hur Y.Y., Nam J.Ch., Choi I.M. Characteristics of the fruit quality and volatile compounds of “Cheongsoo” grape by treatment with different plant growth regulators // Korean J. Horticult. Sci. Technol. 2018. V. 36. Iss. 3. P. 326–336. DOI:10.12972/kjhst.20180032
12. Mahmoud N.E., Abdelhameed R.M. Postsynthetic modification of ti-based metal-organic frameworks with polyamines and its behavior on biochemical constituents of *Sesamum indicum* L. under heat stress conditions // ACS Agricult. Sci. Technol. 2022. V. 2. Iss. 5. P. 1023–1041. DOI: 10.1021/acsagascitech.2c00169
13. Барайшук Г.В., Коновалова А.П., Кривошеева Ю.Д., Дегтярева А.И. Влияние микробиологических препаратов на выращивание липы мелколистной в условиях южной лесостепи Омской области // Вестн. Омск. ГАУ. 2022. № 1(45). С. 5–12. DOI: 10.48136/2222-0364-2022-1-5
14. Кабанова С.А., Данченко М.А., Кочегаров И.С., Кабанов А.Н. Опыт интенсивного выращивания однолетних сеянцев сосны обыкновенной в Павлодарской области Республики Казахстан // Изв. высш. учеб. завед. Лесн. журн. 2019. № 6. С. 104–117. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.104
15. Резвякова С.В., Гурин А.Г., Резвякова Е.С. Размножение хвойных пород зелеными черенками с использованием новых биопрепаратов // Вестн. аграрн. науки. 2017. № 2(65). С. 9–14. DOI: 10.15217/48484
16. Романенко А.К., Солонкин А.В., Соломенцева А.С., Егоров С.А. Использование гуминовых препаратов для выращивания посадочного материала древесных растений в аридном регионе // Аграрн. вестн. Урала. 2022. № 6(221). С. 2–15. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-2-15
17. Салцевич Ю.В. Применение биопрепаратов при выращивании саженцев ели сибирской в открытом грунте // Сб. мат-лов по итогам Всерос. научн.-практ. конф. “Лесной и химический комплексы – проблемы и решения”. Красноярск, 2019. С. 110–112.

18. Скозарева И.А., Чернодубов А.И. Эффективность применения стимуляторов роста при выращивании семян сосны обыкновенной // Лесотехн. журн. 2019. Т. 9. № 3(35). С. 87–95. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.3/8
19. Сунцова Л.Н., Салцевич Ю.В. Влияние комплекса биопрепаратов на содержание фотосинтетических пигментов в хвое двухлетних семян ели сибирской // Плод-во, семен-во, интродукция древесн. раст. 2019. Т. 22. С. 184–187.
20. Shchukin R.A., Bogdanov O.E., Zavoloka I.P., Ryazanov G.S., Kruglov N.M. Biotechnological basis for application of growth regulators for rooting of green cuttings of trees and shrubs in a greenhouse with a misting system // BIO Web Conf. 2020. V. 23. DOI: 10.1051/bioconf/20202301009
21. Truța A.M., Viman O., Dohotar V.D., Sîngeorzan S., Truța P., Holonec L. The influence of certain types of substrate and biochemical substances in seed germination and plant development of spruce (*Picea abies*) // Bul. Univer. Agricult. Sci. Veterin. Med. Cluj-Napoca. Horticulture. 2020. V. 77. № 1. P. 128–135. DOI: 10.15835/buasvmcn-hort
22. Домнина Е.А., Черезова С.Н. Влияние универсального стимулятора “Феровит” на формирование надземной массы комнатных растений // Сб. мат-лов Всерос. научн.-практ. конф. с международ. участием “Экология родного края: проблемы и пути решения”. Киров, 2016. Т. 1. С. 275–276.
23. Усова К.А., Белопухов С.Л., Шайхиев И.Г. Экологически безопасные высокоэффективные регуляторы роста растений для цветочно-декоративных культур (обзор российской литературы) // Вестн. технол. ун-та. 2016. Т. 19. № 21. С. 193–198.
24. Никоневич Т.В. Влияние регуляторов роста на укореняемость роз группы флорибунда в условиях оранжереи // Веснік Палескага Дзяржаўнага Ўніверсітэта. 2024. № 1. С. 14–19.