

Научная статья
УДК 630*232.411
DOI: 10.37482/0536-1036-2023-1-88-99

Влияние высокоактивных соединений на механические свойства древесины двухлетних сеянцев сосны обыкновенной в лесных питомниках

М.В. Ермакова, д-р с.-х. наук, вед. науч. сотр.; ResearcherID: [AAE-9520-2020](https://orcid.org/0000-0002-9894-6587),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9894-6587>

С.К. Стеценко[✉], канд. биол. наук, ст. науч. сотр.; ResearcherID: [AAD-2834-2020](https://orcid.org/0000-0002-4885-3817),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4885-3817>

Е.М. Андреева, канд. биол. наук, ст. науч. сотр.; ResearcherID: [AAD-3340-2020](https://orcid.org/0000-0003-2651-2541),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2651-2541>

Ботанический сад УрО РАН, ул. 8 Марта, д. 202 а, г. Екатеринбург, Россия, 620144;
m58_07e@mail.ru, stets_s@mail.ru[✉], e_m_andreeva@mail.ru

Поступила в редакцию 17.03.21 / Одобрена после рецензирования 21.06.21 / Принята к печати 24.06.21

Аннотация. В Уральском регионе сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) выполняет ведущую средообразующую функцию и является экономически ценной древесной породой. Многолетнее применение комплекса пестицидов в лесных питомниках, где выращивают сосну, привело к пестицидному загрязнению пахотной почвы. Такое состояние почв вызывает нарушение роста и развития сеянцев, ослабляет их способность к преодолению трудного периода пересадки в лесную среду. Биостимуляторы, созданные из продуктов переработки хвои пихты и ели, а также органический мелиорант (лесная подстилка из сосново-березового насаждения) изучались как возможные способы снижать отрицательное воздействие пестицидов на сеянцы сосны. В то же время биологически активные препараты и субстраты могут становиться причиной сдвига метаболических процессов молодых растений, что отражается на формировании физических характеристик стволиков. Цель исследования – оценить, как под воздействием высокоактивных веществ разной природы изменяется плотность древесины у 2-летних сеянцев сосны обыкновенной, выращиваемых в лесных питомниках Среднего Урала. Объектами исследования стали 2-летние сеянцы сосны, выкопанные осенью на производственных полях и экспериментальных площадках в разных лесных питомниках. В лабораторных условиях устанавливали морфометрические показатели сеянцев. Базисную плотность древесины стволиков в 1-й и 2-й годы роста определяли по методу максимальной влажности. Выявлено, что метаболическая активность пестицидов и биостимуляторов приводит к изменениям в формировании физических свойств стволиков на начальных этапах роста сосны: при выращивании сеянцев на загрязненной пестицидами почве высота сеянцев ниже, а базисная плотность древесины стволика выше по сравнению с контролем. Лесная подстилка из смешанного насаждения при внесении ее в почву лесного питомника позволяет получать сеянцы большей высоты и не оказывает существенного влияния на процесс формирования физико-механических свойств древесины. Применение биостимуляторов ведет к быстрому росту стволиков, но при этом плотность древесины уменьшается относительно контрольного варианта. В дальнейшем необходимы корректирующие мероприятия и разработка сбалансированной

© Ермакова М.В., Стеценко С.К., Андреева Е.М., 2023



Статья опубликована в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии CC BY 4.0

агротехники для получения сосны с требуемыми физическими качествами древесины. Изучение особенностей формирования качественных характеристик посадочного материала в случае использования интенсивных технологий в питомниках поможет разработать целевые модели последующего применения получаемых сеянцев при лесопользовании.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, сеянцы, сеянцы сосны обыкновенной, лесной питомник, пестициды, пестицидное загрязнение почвы, плотность древесины, лесная подстилка, биостимуляторы, Средний Урал

Благодарности: Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН «Ботанический сад УрО РАН».

Для цитирования: Ермакова М.В., Стеценко С.К., Андреева Е.М. Влияние высокоактивных соединений на механические свойства древесины двухлетних сеянцев сосны обыкновенной в лесных питомниках // Изв. вузов. Лесн. журн. 2023. № 1. С. 88–99. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-1-88-99>

Original article

Influence of Highly Active Compounds on Mechanical Properties of Wood of Two-Year-Old Scots Pine Seedlings in Forest Nurseries

Mariya V. Ermakova, Doctor of Agriculture, Leading Research Scientist;

ResearcherID: [AAE-9520-2020](https://orcid.org/0000-0002-9894-6587), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9894-6587>

Svetlana K. Stetsenko[✉], Candidate of Biology, Senior Research Scientist;

ResearcherID: [AAD-2834-2020](https://orcid.org/0000-0002-4885-3817), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4885-3817>

Elena M. Andreeva, Candidate of Biology, Senior Research Scientist;

ResearcherID: [AAD-3340-2020](https://orcid.org/0000-0003-2651-2541), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2651-2541>

Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. 8 Marta, 202 a, Yekaterinburg, 620144, Russian Federation; m58_07e@mail.ru, stets_s@mail.ru[✉], e_m_andreeva@mail.ru

Received on March 17, 2021 / Approved after reviewing on June 21, 2021 / Accepted on June 24, 2021

Abstract. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) has the leading environment-forming function. Also, the pine is an economically valuable tree species in the Ural region. The long-term use of the pesticide complex in forest nurseries has led to the pesticide pollution of the arable soil, which causes disruption in the pine seedlings growth, weakening their ability to overcome the difficult period of transportation into the forest environment. The use of biostimulants created from extracts of fir and spruce needles, as well as organic ameliorant (forest litter from pine-birch plantations), is considered as a way to reduce the negative impact of pesticides on pine seedlings. At the same time, biologically active preparations and substrates can lead to shifts in the metabolic processes of young plants, which affect the formation of physical characteristics of the stems. The research aims at assessing how wood density changes under the influence of highly active substances of different nature in two-year-old Scots pine seedlings grown in forest nurseries of the Middle Urals. The study objects were two-years-old pine seedlings dug out in autumn from silvicultural fields and experimental sites in different forest nurseries. Morphometric parameters of seedlings were determined in the laboratory conditions. The basic wood density of stems in the 1st and 2nd years of growth was determined by the method of maximum humidity. It was found that the metabolic activity of pesticides and biostimulants



leads to changes in the formation of physical properties of stems at the initial stages of pine growth: when growing seedlings in pesticide-polluted soil, the height of seedlings is lower, and the basic density of stem wood is higher, compared to control group. Forest litter from mixed plantations (birch-pine), when introduced to the forest nursery soil, produces seedlings of greater height and has no significant effect on the formation of physical and mechanical properties of wood. The seed treatment by biostimulants leads to a rapid increase in the stems size, but the wood density decreases, relative to the control option. Corrective measures and the development of balanced agronomic machinery for production of pine with the required physical qualities of wood are needed in the future. The study of the qualitative characteristics formation features of trees, when using intensive technologies in nurseries, is necessary for the development of target models for the subsequent use of such seedlings in forest management.

Keywords: Scots pine, seedlings, Scots pine seedlings, forest nursery, pesticides, pesticide pollution of soil, wood density, forest litter, biostimulants, Middle Urals

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the state assignment of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Ermakova M.V., Stetsenko S.K., Andreeva E.M. Influence of Highly Active Compounds on Mechanical Properties of Wood of Two-Year-Old Scots Pine Seedlings in Forest Nurseries. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2023, no. 1, pp. 88–99. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-1-88-99>

Введение

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) составляет важнейшую часть лесных ресурсов Уральского региона: она как выполняет ведущие средообразующие функции в лесных экосистемах, так и является экономически ценной древесной породой в лесохозяйственном производстве. Восстановление ресурсов этой породы во многом обеспечивается созданием лесных культур из посадочного материала, получаемого в местных лесных питомниках. В недавнем прошлом они представляли собой большие агротехнические хозяйства, занимающие значительные площади и дающие возможность соблюдения севооборотов и смены выращиваемых пород. Экономическая ситуация сегодняшнего дня привела к тому, что сейчас лесные питомники региона занимают относительно небольшие территории, функционируют уже более 30 лет и чаще всего производят монокультуру – сосну или ель. Многолетнее применение химических средств борьбы с сорной растительностью и фитопатологическими заболеваниями стало причиной того, что в пахотной почве присутствует пестицидное загрязнение, вызывающее нарушение роста и развития семян и ослабляющее их способность к преодолению трудного периода пересадки в условия леса [16].

Особенностью современной агротехники в лесных питомниках является растущий интерес к использованию ресурсосберегающих, малозатратных и при этом по возможности эффективных способов получения качественного посадочного материала для лесовосстановления. Вместе с традиционными минеральными удобрениями могут применяться мелиоранты, ускоряющие процессы оздоровления почвы [1, 3, 27]. Для смягчения негативных, связанных с нарушением роста семян [17], последствий использования пестицидов активно внедряют стимулирующие ростовые препараты, полученные по инновационным технологиям из отходов переработки природного сырья [2, 9, 19]. В целом большинство современных средств ухода за сеянцами – это высокоак-

тивные соединения, механизм действия которых может существенно влиять на метаболизм хвойных растений. Между тем следует понимать, что данные виды являются долгорастущими многолетними растениями, в перспективе – источником хозяйственно-ценного сырья для лесной промышленности. Следовательно, применяя активные препараты при выращивании посадочного материала, необходимо знать, как они могут повлиять на формирование древесины сеянцев.

Одной из основных характеристик качества получаемого хвойного растения можно считать плотность древесины, которая формируется под воздействием условий роста и оказывает значительное влияние на физические и механические свойства древесины. Обычно плотность оценивают для древесины уже сформированных деревьев в устойчиво функционирующих лесных культурах или древостоях. У 2-летних сеянцев плотность древесины, скорее всего, будет величиной, которая может значительно измениться с возрастом и при пересадке на лесокультурный участок. Однако изучение этого показателя, особенно у молодых деревьев, выращиваемых с применением веществ и препаратов-активаторов роста, необходимо, поскольку особенности развития сеянцев на начальных этапах роста могут сказаться на состоянии деревьев в дальнейшем, по достижении ими более старшего возраста. Пролонгированное влияние на развитие сосны пестицидов, использованных при уходах посевов в лесных питомниках [16], влияние удобрений и лесомелиоративных мероприятий на физические свойства древесины были показаны ранее. При этом данные свойства исследуются в культурах и древостоях начиная только со 2-го класса возраста [7, 14, 21, 24, 25]. Сведений о влиянии высокоактивных препаратов, применяемых при выращивании посадочного материала хвойных пород растений, на физические свойства формирующейся древесины пока немного [4, 5].

Мы полагаем, что необходимо обращать внимание на особенности формирования качественных характеристик посадочного материала при использовании интенсивных технологий в питомниках. Это важно для разработки целевых моделей последующего применения получаемых сеянцев при лесопользовании. Пока такой подход ранней диагностики предлагается для подроста хвойных древесных пород [15], что позволит получать деревья с прогнозируемыми техническими свойствами и, следовательно, внесет ясность в последующее использование выращиваемых лесных культур. Цель настоящего исследования – оценить, как под воздействием высокоактивных веществ разной природы изменяется плотность древесины у 2-летних сеянцев сосны обыкновенной, выращиваемых в лесных питомниках Свердловской области.

Объекты и методы исследования

Проведен анализ данных о плотности древесины, установленных в ходе ряда отдельных экспериментов. Основной задачей при этом было оценить состояние сеянцев сосны в ответ на применение комплекса пестицидов, а также органического мелиоранта – лесной подстилки – и стимуляторов роста, полученных по инновационной технологии из природного сырья.

Воздействие пестицидов на сеянцы сосны изучали в производственных посевах в 4 крупных питомниках Свердловской области в окрестностях г. Екатеринбурга. Все они входят в лесную зону Свердловской области, в состав Средне-Уральского таежного района. По лесохозяйственной классификации

Р.П. Исаевой [6], питомники располагаются на территории Тагильско-Свердловского зауральского предгорного района. Почвы дерново-подзолистые, среднесуглинистые. Согласно ведомственным данным, содержание гумуса в питомниках – от 4,6 до 5,6 %; $pH_{\text{сол}}$ – от 4,0 до 5,2; подвижных форм фосфора и калия – от 4,4 до 13,0 и от 1,0 до 9,0 соответственно. По количеству органического вещества почва питомников относится к сильноокультуренным для возделывания лесных пород, по остальным показателям – к средне- и слабоокультуренным [8]. Эти варианты являются производственными посевами. Согласно техническим планам выращивания посадочного материала, на площади питомников в основном предусмотрено применение гербицидов при обработке почвы в паровых полях. Для послевсходовых уходов рекомендуются раундап, гоал, зеллек-супер и др. [11]. Высокая активность препаратов связана с тем, что в относительно небольших количествах и, обладая системным действием, они способны подавлять развитие высокоустойчивых видов сорной растительности. Отбор семян проводили по диагональной трансекте, объем образца – 850–1000 семян, из которых методом случайной выборки для проведения исследований составлялся образец из 100 шт. Поскольку при выращивании посадочного материала в Асбестовском питомнике пестициды практически не применялись, этот вариант приняли как контрольный.

Добавление органического мелиоранта в почву и предпосевную обработку семян биостимуляторами осуществляли в ходе экспериментальной работы по исследованию способов очищения почвы от пестицидного загрязнения и снижения отрицательных последствий его влияния на семена. Эти варианты – экспериментальные посева. В качестве органического мелиоранта использовали лесную подстилку из смешанного древостоя (5С5Б), которую вносили в свежем виде в пахотную почву, где присутствовало пестицидное загрязнение. Лесная подстилка содержит естественные микробсообщества с отлаженными трофическими цепочками и высокой биологической активностью, за счет чего ускоряет разложение пестицидов, а также может являться способом обогащения почвы полезными микроорганизмами, улучшающими развитие древесных растений посредством активации процессов микоризообразования [22, 26]. Дозы внесения лесной подстилки были 5 и 20 кг/м². Субстрат вкапывали однократно весной, незадолго до посева семян сосны, на глубину 10–15 см в площадки размером 1 м². В почву контрольного варианта мелиорант не вносили.

Стимуляторы роста, которыми были обработаны семена сосны перед посевом, являются продуктами экстракции зелени хвойных деревьев (пихты, ели), остающейся после заготовки древесины. Эти препараты разработаны в ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, их запатентованные названия – Вэрва и Вэрва-ель [19, 20]. Ранее была показана эффективность применения этих стимуляторов как на агрокультурных растениях [13], так и на хвойных сеянцах: включение препаратов в схему выращивания сосны или ели позволяет получать стандартные по высоте сеянцы при минимальных сроках их возделывания в лесных агроценозах [18]. Непосредственно при проведении данного эксперимента семена сосны замачивали на 6 ч в растворах Вэрва и Вэрва-ель, в дозах 0,1 и 0,25 мл на 1 кг семян. Семена в контрольном варианте замачивали на то же время в дистиллированной воде. Размер опытных площадок – 1,5×1 м. Во всех экспериментальных вариантах сеянцы сосны выращивали в течение 2 лет с соблюдением

всех агротехнических приемов, предусмотренных для посадочного материала (полив, рыхление и др.).

Согласно информации сайта <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php>, погодные условия роста для каждого набора вариантов различались (табл. 1). Среднее многолетнее значение температуры – 14,6 °С, норма осадков за вегетационный сезон – 347 мм.

Таблица 1

**Погодные условия вегетационных сезонов (май–сентябрь)
в период роста сеянцев
Weather conditions of the growing seasons (from May to September) in the period
of seedling growth**

| Вид исследуемого вещества / препарата | Годы исследования | Средняя температура воздуха, °С | | Количество осадков, мм | |
|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------|---------|------------------------|---------|
| | | 1-й год | 2-й год | 1-й год | 2-й год |
| Комплекс пестицидов | 2007–2008 | 14,9 | 14,7 | 412 | 365 |
| Лесная подстилка | 2003–2004 | 15,6 | 15,9 | 375 | 320 |
| Биостимуляторы | 2016–2017 | 17,1 | 14,2 | 175 | 349 |

Выкопку сеянцев производили осенью, по окончании 2-го вегетационного сезона. В лабораторных условиях у каждого сеянца измеряли биометрические параметры – диаметр стволика на уровне корневой шейки, высоту стволика, длину прироста побегов за 1-й и 2-й годы вегетации (приросты 1 и 2) – и определяли базисную плотность древесины по методу максимальной влажности [10, 12]. Взвешивание осуществляли на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. Объем выборки для измерения биометрических показателей и базисной плотности древесины составил не менее 100 сеянцев. Для апостериорного сравнения показателей использовали t-критерий Стьюдента и LSD-test (критерий наименьшей значимости). Статистическую обработку данных выполняли с применением MSO Excel 2007 и пакета программ Statistica 8.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ полученных результатов показал, что сеянцы сосны, выращенные с применением активных препаратов и субстрата, имели в основном стандартные биометрические показатели (табл. 2). Тем не менее использование комплекса пестицидов в производственных посевах снижает размеры сеянцев относительно контрольного варианта: высоту – до 28 % и диаметр стволика – до 40 %. Применение органического мелиоранта и биостимуляторов, наоборот, обеспечило прирост растений по высоте (до 46 % в опыте с изучением биостимуляторов), но незначительно отразилось на утолщении стволиков.

Темпы роста стволика во 2-й год вегетации у сеянцев в посевах с использованием комплекса пестицидов были существенно ($t_{\text{факт}} = 7,25-12,35 > t_{\text{табл}} = 1,96$ при $p \leq 0,05$) выше, чем в 1-й. В опыте, где была внесена лесная подстилка, прирост стволиков по высоте во 2-й год оказался достоверно ($t_{\text{факт}} = 2,82-4,31 > t_{\text{табл}} = 1,96$ при $p \leq 0,05$) ниже, чем в 1-й. Сеянцы под воздействием биостимуляторов в 1-й год росли значительно активнее по сравнению со 2-м.

Таблица 2

**Биометрические показатели и плотность древесины сеянцев сосны
в лесных питомниках**
Biometrics and wood density of pine seedlings in forest nurseries

| Вариант | Диаметр корневой шейки, мм | Высота дерева, см | 1-й год | | 2-й год | |
|--|-------------------------------------|-------------------------|----------------|---|----------------|---|
| | | | прирост, см | плотность древесины (ρ_1), кг/м ³ | прирост, см | плотность древесины (ρ_2), кг/м ³ |
| <i>Сеянцы, выращенные с применением комплекса пестицидов</i> | | | | | | |
| Питомник № 1 (район г. Ревда) | 2,6±0,07 | 10,6±0,21 | 4,4±0,17 | 433±1,3 | 6,2±0,19 | 329±1,5 |
| Питомник № 2 (район г. Первоу- ральск) | 2,3±0,07 | 11,1±0,20 | 4,7±0,17 | 426±3,3 | 6,4±0,14 | 339±1,2 |
| Питомник № 3 (район г. Егоршино) | 2,8±0,06 | 12,5±0,23 | 5,5±0,13 | 423±2,4 | 7,0±0,14 | 338±1,2 |
| Питомник № 4 (район г. Асбест) (контроль, без пестицидного загрязнения) | 3,8±0,09 | 14,8±0,30 | 5,8±0,14 | 400±1,2 | 9,0±0,21 | 320±1,3 |
| <i>Сеянцы, выращенные с применением органического мелиоранта</i> | | | | | | |
| Добавление лесной подстилки, 5 кг/м ² | 2,3±0,05 | 12,1±0,19 | 6,5±0,13 | 425±5,4 | 5,7±0,13 | 318±2,6 |
| Добавление лесной подстилки, 20 кг/м ² | 2,5±0,05 | 13,5±0,32 | 7,0±0,13 | 438±1,0 | 6,6±0,16 | 324±1,3 |
| Без добавления лесной подстилки (контроль) | 2,6±0,06 | 11,9±0,23 | 6,0±0,13 | 420±6,9 | 5,9±0,21 | 312±3,4 |
| <i>Сеянцы, выращенные с применением стимуляторов роста</i> | | | | | | |
| Посев с обработкой семян препаратом Вэрва, 0,1 мг/кг | 2,3±0,09 | 12,5±0,44 | 7,3±0,20 | 443±5,1 | 5,2±0,34 | 330±2,2 |
| Посев с обработкой семян препаратом Вэрва, 0,25 мг/кг | 2,3±0,08 | 12,9±0,51 | 7,0±0,21 | 420±3,8 | 5,9±0,36 | 316±1,6 |
| Обработка семян препаратом Вэрва-ель, 0,1 мг/кг | 2,0±0,06 | 13,2±0,46 | 7,8±0,21 | 437±3,0 | 5,3±0,30 | 319±2,7 |
| Обработка семян препаратом Вэрва-ель, 0,25 мг/кг | 2,1±0,07 | 11,6±0,42 | 7,3±0,18 | 422±2,3 | 4,4±0,30 | 316±2,1 |
| Без обработки семян (контроль) | 1,8±0,06 | 9,0±0,30 | 5,4±0,13 | 432±4,9 | 3,6±0,22 | 337±1,4 |

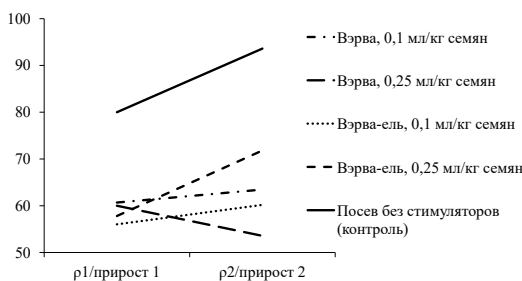
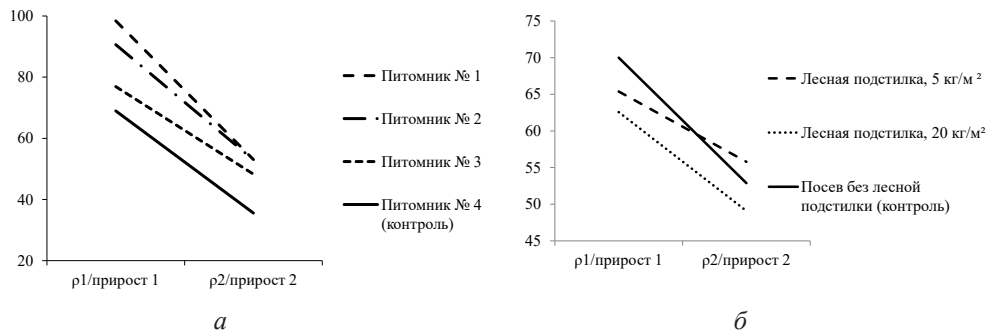
В контрольных вариантах по всем разделам эксперимента тенденция соотношения приростов по высоте 1-го и 2-го годов была примерно такой же, как в опытных вариантах, поэтому можно предположить, что на скорость приростов больше влияют погодные условия, чем примененное активное вещество. Особенно резко различались между собой погодные условия эксперимента, где рассматривалось воздействие

стимуляторов на сосну: 1-й год роста был сухим и жарким, 2-й – прохладным и влажным. Биостимуляторы в данном случае помогли сеянцам преодолеть неблагоприятные условия начального этапа роста и достичь стандартных размеров.

При анализе базисной плотности древесины в экспериментах с изучением воздействия комплекса пестицидов и внесения лесной подстилки выявлена некоторая закономерность. В опытных вариантах, как показал LSD-test, базисная плотность древесины сеянцев была значительно (при $p \leq 0,05$) выше, чем в контрольных вариантах, как в 1-й, так и во 2-й годы.

В случае использования биостимуляторов, наоборот, стволы контрольного варианта отличались существенно (при $p \leq 0,05$) более высокой плотностью древесины как в 1-й, так и на 2-й год при применении Вэрва и Вэрва-ель в дозе 0,25 мг/кг. Использование стимулятора Вэрва в дозе 0,1 мг/кг, напротив, привело к существенному (при $p \leq 0,05$) увеличению плотности древесины в 1-й год по сравнению с контролем. Внесение Вэрва-ель в дозе 0,1 мг/кг не оказало заметного влияния на плотность древесины в 1-й год. На 2-й год во всех вариантах произошло существенное снижение плотности древесины по сравнению с контролем, за исключением варианта с использованием Вэрва в дозе 0,1 мг/кг – в этом случае не отмечено значимых (при $p \leq 0,05$) различий в плотности древесины относительно контроля. В целом базисная плотность древесины во всех экспериментальных посевах соответствовала параметрам, установленным для производственных питомников.

Развитие биометрических параметров и формирование при этом механических свойств древесины 2-летних сеянцев сосны было рассмотрено с использованием соотношения средних базисной плотности древесины и прироста стволика по годам – т. е. с использованием распределения плотности древесины на единицу длины. Графические результаты вычислений приведены на рисунке.



Соотношение плотности древесины и прироста сеянцев сосны по годам вегетации в вариантах опытов с применением: *а* – комплекса пестицидов; *б* – органического мелиоранта; *в* – стимуляторов роста

The ratio of wood density and growth of pine seedlings by years of vegetation in different experimental options, seedlings grown with: *а* – the use of pesticides; *б* – an organic ameliorant; *в* – growth stimulants

Соотношение плотности древесины и размеров стволика в 1-й год вегетации выше в случае использования комплекса пестицидов при выращивании сеянцев, чем в случае их роста под воздействием органического мелиоранта и биостимуляторов. Во 2-й год роста сосны отмечается снижение соотношения изучаемых показателей за счет значительного уменьшения плотности древесины и увеличения высоты побегов. Данное соотношение у сеянцев в контрольном варианте было меньше на протяжении всего срока выращивания посадочного материала, чем у сеянцев в питомниках, где присутствовало пестицидное загрязнение, что свидетельствует о выраженном многофакторном влиянии пестицидов на метаболизм сеянцев сосны.

Оптимизация продуктивных свойств пахотной почвы при помощи внесения лесной подстилки не оказывает влияния на соотношение свойств древесины и биометрических параметров, что может быть связано с улучшением условий роста сосны лесной подстилкой прежде всего в 1-й год выращивания. Это отражается на увеличении размеров сеянцев, при этом нет существенного влияния на метаболизм растений: величина и изменение относительных показателей не различались у сеянцев контрольного и опытных вариантов.

Увеличение приростов и снижение плотности древесины у сеянцев, выращенных с предпосевной обработкой семян биостимуляторами Вэрва и Вэрва-ель, выразились в значительном отклонении относительного показателя у сеянцев опытных вариантов от его значения в контрольном варианте, где оно было выше как в 1-й, так и во 2-й годы роста. Такое различие можно объяснить активным воздействием биостимуляторов на метаболические процессы, связанные с механизмами активизации ростовых процессов растений [23]. При сохранении данной особенности формирования древесины сеянцев, выращиваемых с использованием стимуляторов, возможна корректировка агротехнических приемов и разработка сбалансированного процесса возделывания с получением сосны с требуемыми физическими качествами древесины.

Выводы

1. Биологически активные соединения, применяемые при выращивании сосны обыкновенной, могут оказывать влияние на формирование плотности древесины получаемых сеянцев.

2. Метаболическая активность пестицидов и биостимуляторов по отношению к сеянцам сосны приводит к изменениям в формировании физических свойств ее древесины на начальных этапах роста: при выращивании сеянцев на загрязненной пестицидами почве высота сеянцев падает, а базисная плотность древесины стволика увеличивается.

3. Применение ростостимулирующих препаратов Вэрва и Вэрва-ель обуславливает быстрое увеличение размеров стволиков, но при этом плотность древесины уменьшается относительно контрольного варианта. В последующем необходимы корректирующие мероприятия и разработка сбалансированной агротехники для получения сосны с требуемыми физическими качествами древесины.

4. Лесная подстилка из смешанного насаждения при внесении ее в почву лесного питомника позволяет увеличивать высоту сеянцев и не оказывает существенного влияния на процесс формирования физико-механических свойств древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Антонов Г.И., Сорокин Н.Д., Барченков А.П., Кондакова О.Э. Оптимизация лесовыращивания с использованием биоконверсии древесно-опилочной массы в условиях Красноярской лесостепи // Лесоведение. 2018. № 1. С. 56–64.

Antonov G.I., Sorokin N.D., Barchenkov A.P., Kondakova O.E. Optimisation of Silviculture Using Bioconversion of Sawdust Pulp in Krasnoyarsk Forest-Steppe. *Lesovedenie* = Russian Journal of Forest Science, 2018, no. 1, pp. 56–64. (In Russ.). <https://doi.org/10.7868/S0024114818010059>

2. 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* = Chemistry of Plant Raw Material, 2017, no. 2, pp. 171–180. (In Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017021720>

3. Егорова Е.В. Эколого-биологическая оценка мелиорантов для детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами // Проблемы агрохимии и экологии. 2010. № 1. С. 55–62.

Yegorova E.V. Ecological and Biological Assessment of Improvers for Soil's Detoxication From Heavy Metals. *Problemy agrohimii i ekologii*, 2010, no. 1, pp. 55–62. (In Russ.).

4. Ермакова М.В. Комплексная оценка качества сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в лесных питомниках Уральского региона // Аграр. вестн. Урала. 2009. № 1(55). С. 70–73.

Yermakova M.V. Complex Estimation of Quality of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) Seedlings in Forest Tree Nurseries of the Ural Region. *Agrarnyi vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals, 2009, no. 1(55), pp. 70–73. (In Russ.).

5. Ермакова М.В. Структура посадочного материала и качество древесины сосны при использовании органических мелиорантов // Лесотехн. журн. 2018. Т. 8, № 4(32). С. 78–88.

Ermakova M.V. Structure of Planting Material and Quality of Pine Wood Using Organic Meliorants. *Lesotekhnicheskiy zhurnal* = Forestry Engineering Journal, 2018, vol. 8, no. 4(32), pp. 78–88. (In Russ.). https://doi.org/10.12737/article_5c1a3209cfc6e0.58332024

6. Исаева Р.П. Рекомендации по ведению лесного хозяйства на зонально-типологической основе в лесах Свердловской области. М., 1984. 56 с.

Isaeva R.P. *Recommendations for Forest Management on a Zonal-Typological Basis in the Forests of the Sverdlovsk Region*. Moscow, 1984. 56 p.

7. Козлов В.А., Кустерная М.В., Неронова Я.А. Влияние лесохозяйственных мероприятий на плотность и химический состав древесины сосны обыкновенной // Изв. вузов. Лесн. журн. 2009. № 6. С. 7–13. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/355/355d-8c4ebe8a8a4c97f77ea273271396.pdf>

Kozlov V.A., Kisternaya M.V., Neronova Ya.A. Influence of Forestry Measures on Density and Chemical Wood Composition of Scotch Pine. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2009, no. 6, pp. 7–13. (In Russ.).

8. Наставление по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых пород в лесных питомниках Уральского региона. М., 1998. 172 с.

Guidelines for the Cultivation of Tree and Shrub Planting Material in Forest Nurseries of the Ural Region. Moscow, 1998. 172 p. (In Russ.).

9. Панькив О.Г., Полянская В.В., Паршикова В.Н., Степень Р.А. Использование продуктов переработки древесной зелени пихты в сельском хозяйстве // Вестн. КрасГАУ. 2009. № 3. С. 209–212.

Pankiv O.G., Polyanskaya V.V., Parshikova V.N., Stepen R.A. The Use of the Recycling Products of the Fir Wood Green in Agriculture. *Bulletin of KrasGAU*, 2009, no. 3, pp. 209–212. (In Russ.).

10. *Полубояринов О.И.* Плотность древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 159 с.

Poluboyarinov O.I. *Wood Density*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1976. 159 p. (In Russ.).

11. Справочник пестицидов 2022. Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/goshandbook> (дата обращения: 13.12.22).

Handbook of Pesticides 2022. *Agroindustrial Web Portal "AgroXXI"*. 2022.

12. *Столяров Д.П., Полубояринов О.И., Декатов Н.Н., Книзе А.А., Минаев В.Н., Молоткова Н.Д., Некрасова Г.Н., Ананьев В.А.* Методические рекомендации. Использование ядер древесины в лесоводственных исследованиях. Л.: ЛенНИИЛХ, 1988. 43 с.

Stolyarov D.P., Poluboyarinov O.I., Dekatov N.N., Knize A.A., Minaev V.N., Molotkova N.D., Nekrasova G.N., Anan'ev V.A. *Guidelines. The Use of Wood Core Samples in the Silvicultural Research*. Leningrad, LenNIILKh Publ., 1988. 43 p. (In Russ.).

13. *Тулинов А.Г.* Применение препарата Вэрва-Ель на посадках картофеля // Защита и карантин растений. 2017. № 2. С. 41–42.

Tulinov A.G. Use of Verva-El Preparation on Potato Plantings. *Zashchita i karantin rasteniy = Plant Protection and Quarantine*, 2017, no. 2, pp. 41–42. (In Russ.).

14. *Тюкавина О.Н., Клевцов Д.Н., Дроздов И.И., Мелехов В.И.* Плотность древесины сосны обыкновенной в различных условиях произрастания // Изв. вузов. Лесн. журн. 2017. № 6. С. 56–64.

Tyukavina O.N., Klevtsov D.N., Drozdov I.I., Melekhov V.I. Wood Density of Scots Pine in Different Growth Conditions. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2017, no. 6, pp. 56–64. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2017.6.56>

15. *Федюков В.И., Салдаева Е.Ю., Цветкова Е.М.* Ранняя диагностика технического качества подростка как важный элемент интенсификации лесопользования в России // Изв. вузов. Лесн. журн. 2012. № 6. С. 16–23. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/80a/LX2.pdf>

Fedyukov V.I., Saldaeva E.Yu., Tsvetkova E.M. Early Diagnosis of the Undergrowth Technical Quality as an Important Element of the Forest Management Intensification in Russia. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2012, no. 6, pp. 16–23. (In Russ.).

16. *Фрейберг И.А., Ермакова М.В., Стеценко С.К.* Влияние пестицидов на морфологию и физиолого-биохимические показатели сеянцев сосны обыкновенной // Лесоведение. 2004. № 2. С. 55–60.

Freiberg I.A., Ermakova M.V., Stetsenko S.K. The Influence of Pesticides on Morphology and Physiological-Biochemical Characteristics of Scots Pine Seedlings. *Lesovedenie = Russian Journal of Forest Science*, 2004, no. 2, pp. 55–60. (In Russ.).

17. *Фрейберг И.А., Ермакова М.В., Стеценко С.К.* Модификационная изменчивость сосны обыкновенной в условиях пестицидного загрязнения. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 74 с.

Freiberg I.A., Ermakova M.V., Stetsenko S.K. *Modification Forms of Scots Pine Under Pesticide Pollution*. Yekaterinburg, UB RAS Publ., 2004. 74 p. (In Russ.).

18. *Хуришкяйнен 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'ya = Chemistry of Plant Raw Material*, 2019, no. 1, pp. 295–300. (In Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019014248>

19. Хуришкайнен Т.В., Кучин А.В. Лесохимия для инноваций в сельском хозяйстве // Изв. Коми НЦ УрО РАН. 2011. Вып. 1(5). С. 17–23.
- Hurshkainen T.V., Kuchin A.V. Woodchemistry for Innovation in Agriculture. *Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences*, 2011, iss. 1(5), pp. 17–23. (In Russ.).
20. Широких И.Г., Огородникова С.Ю., Широких А.А., Карпова Е.М., Хуришкайнен Т.В. Биологическая активность терпеноидов, полученных эмульсионной экстракцией из древесной зелени ели, пихты и березы // Агрохимия. 2008. № 10. С. 10–17.
- Shirokikh I.G., Ogorodnikova S.Yu., Shirokikh A.A., Karpova E.M., Khurshkainen T.V. Biological Activity of Terpenoids Prepared by Emulsion Extraction from Wood Greens of Spruce, Fir, and Birch. *Agrohimia = Agrochemistry*, 2008, no. 10, pp. 10–17. (In Russ.).
21. Beets P.N., Gilchrist K., Jeffreys M.P. Wood Density of Radiata Pine: Effect of Nitrogen Supply. *Forest Ecology and Management*, 2001, vol. 145, iss. 3, pp. 173–180. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00405-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00405-9)
22. Brearley F.Q., Press M.C., Scholes J.D. Nutrients Obtained from Leaf Litter Can Improve the Growth of Dipterocarp Seedlings. *New Phytologist*, 2003, vol. 160, iss. 1, pp. 101–110. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00851.x>
23. Bulgari R., Cocetta G., Trivellini A., Vernieri P., Ferrante A. Biostimulants and Crop Responses: Review. *Biological Agriculture & Horticulture*, 2015, vol. 31, iss. 1, pp. 1–17. <https://doi.org/10.1080/01448765.2014.964649>
24. Lim H., Oren R., Palmroth S., Tor-ngern P., Mörling T., Näsholm T., Lundmark T., Helmisaari H.-S., Leppälammil-Kujansuu J., Linder S. Inter-Annual Variability of Precipitation Constrains the Production Response of Boreal *Pinus sylvestris* Nitrogen Fertilization. *Forest Ecology and Management*, 2015, vol. 348, pp. 31–45. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.03.029>
25. Mörling T., Valinger E. Effects of Fertilization and Thinning on Heartwood Area, Sapwood Area, and Growth in Scots Pine. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1999, vol. 14, iss. 5, pp. 462–469. <https://doi.org/10.1080/02827589950154168>
26. Rudawska M., Leski T., Aučina A., Karliński L., Skridaila A., Ryliškis D. Forest Litter Amendment During Nursery Stage Influence Field Performance and Ectomycorrhizal Community of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Seedlings Outplanted on Four Different Sites. *Forest Ecology and Management*, 2017, vol. 395, pp. 104–114. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.04.002>
27. Slávik M. Production of Norway Spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) Seedlings on Substrate Mixes Using Growth Stimulants. *Journal of Forest Science*, 2005, vol. 51, iss. 1, pp. 15–23. <https://doi.org/10.17221/4540-JFS>

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