

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ НА РОСТ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ И ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ

Н.А. Ходосова, Е.Н. Тихонова, В.Е. Мануковская, П.Е. Баранова, П.В. Черных

К.х.н, доцент кафедры «Химия и биотехнология»
К.б.н., зав.каф. «Ландшафтная архитектура и почвоведение»

*Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
Воронеж, Россия*

Аннотация

Исследовано влияние мелиорантов (древесные опилки, биоуголь и глинистый алюмосиликат) на свойства почвы и рост сеянцев сосны. Определены физико-химические характеристики древесных опилок и биоуглей, а также характеристики монтмориллонитовой глины. Установлено, что внесение модификаторов приводит к возрастанию показателя влажности грунта в 1,2 – 1,8 раза в сравнении с контрольным образцом. Установлено, что добавка 1 % модификаторов в почвы способствует интенсификации роста сеянцев сосны. В большей степени на характеристики почвы оказывает влияние добавление глинистого минерала монтмориллонита и биоугля на основе опилок тополя.

Ключевые слова: биоуголь, древесные опилки, монтмориллонит, сеянцы сосны, почвенные характеристики, техногенные земли

INFLUENCE OF MODIFIERS OF VARIOUS NATURE ON THE GROWTH OF PINE SEEDLINGS AND CHANGES IN SOIL PROPERTIES.

N.A. Khodosova, E.N. Tikhonova, V.E. Manukovskaya, P.E. Baranova, P.V. Chernykh

*PhD in Chemistry, Associate Professor of the Department of Chemistry and Biotechnology
PhD in Biology, Head of the Department of Landscape Architecture and Soil Science
V.E. Manukovskaya, P.E. Baranova, P.V. Chernykh
Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia*

Abstract

The effect of ameliorants (wood sawdust, biochar and clay aluminosilicate) on soil properties and growth of pine seedlings was studied. Physicochemical characteristics of wood sawdust and biochar, as well as characteristics of montmorillonite clay were determined. It was found that the introduction of modifiers leads to an increase in the soil moisture index by 1.2 - 1.8 times compared to the control sample. It was found that the addition of 1% modifiers to soils promotes the intensification of pine seedling growth. The addition of the clay mineral montmorillonite and biochar based on poplar sawdust has a greater effect on soil characteristics.

Keywords: biochar, sawdust, montmorillonite, pine seedlings, soil characteristics, technogenic lands

Проблема улучшения качества почвы является одной из наиболее актуальных в современном сельском и лесном хозяйстве. Деградация почв — включая истощение, эрозию, загрязнение, засоление и потерю органического вещества — угрожает продовольственной безопасности и экологическому балансу, приводит к уменьшению биоразнообразия, образованию нарушенных земель. Решение этой проблемы требует комплексного подхода: проведение почвенного анализа (химического, физического, микробиологического) для определения причины, последующий выбор методов и материалов в зависимости от типа деградации, внесение органики, биоугля и биопрепаратов и последующий мониторинг для оценки эффективности проводимых мероприятий.

Актуальность использования биоугля обусловлена его многогранным потенциалом в решении ключевых экологических, агротехнических и экономических задач. Например, в работе [1] изучено влияние биоугля на показатели плодородия почв действующих питомников Ленинградской области и рост сеянцев ели в посевных отделениях лесных питомников. Установлено, что биоуголь положительно влияет на плодородие почв в лесных питомниках. Его применение улучшает рост и развитие сеянцев хвойных пород, что подтверждается их биометрическими показателями. Использование биоугля, полученного из илов сточных вод при разной температуре пиролиза, на высоту и биомассу растений овса и горчицы, а также на микробиологические показатели серой лесной почвы проанализировано в работе [2]. Установлено, что при внесении небольшого количества биоугля (2 % и 5 %) от веса почвы высота и биомасса растений горчицы белой увеличились по сравнению с контролем в 5 раз, внесение 10% биоугля, наоборот, снижало продуктивность овса и горчицы. Показано, что биоуголь из илов сточных вод увеличивал содержание валового азота. Численность большинства трофических групп микроорганизмов возрастала при внесении биоугля из илов

Не менее интересным является сравнение влияния добавок различной природы на прорастание культур в загрязненных субстратах. В исследовании [3] изучено влияние добавления сорбентов (биочар, бентонит, куриный помёт, органо-цеолитовый субстрат) на прорастание злаков в почве, загрязненной ионами меди. Все сорбенты положительно влияли на сухую массу растений, но их эффективность зависела от вида растения и стадии развития. Результаты оказались неоднозначными: большее влияние на прорастание и рост оказал органо-цеолитовый субстрат. При этом семена лучше прорастали в загрязнённой почве без сорбентов. Самую низкую всхожесть показал вариант с куриным помётом, хотя на поздних стадиях он стимулировал рост сеянцев. Таким образом, для прорастания семян и для стимуляции роста растений требуются разные добавки. Это указывает на необходимость разработки специфических препаратов: одни – для обработки семян, другие – для внесения в почву на стадии роста, что может ускорить рекультивацию.

Использование сухих опилок в качестве добавки в суглинистую почву изучено в [4]. При внесении опилок отмечено значительное увеличение содержания органического вещества, доступных N, P, K, микроэлементов, влагоёмкости, урожайности винограда (до 4,23 т/га), снижение плотности почвы и pH. Таким образом, опилки могут быть эффективным органическим удобрением, улучшающим плодородие почвы и продуктивность виноградарников.

Весьма перспективным решением улучшения качества почвы является использование глинистых минералов. Глины обеспечивают многофункциональный подход к решению проблемы: улучшают структуру, повышают влагоудержание, создают запас питательных веществ и стимулируют рост растений. [5].

Цель данного исследования состояла в определении влияния различных видов модификаторов на изменение свойств почвы и на рост сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*).

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны слаборазвитые почвы отвала Орлов лог, расположенного на территории сельского поселения Девицкое Семилукского района Воронежской области. Заложен модельный эксперимент: в 36 пластиковых емкостях объемом

1 л и весом 34 г помещали по 900 г почвы, высушенной до воздушно-сухого состояния при $t = 20^{\circ}\text{C}$.

В качестве модификаторов вносили добавки в почву в количестве 1% от ее массы: опилки тополя и березы, биоуголь, полученный карбонизацией опилок тополя и березы, монтмориллонитовую глину. Сырьем для опилок и угля послужили измельченные отходы лесопильного производства. Карбонизацию опилок осуществляли при температуре 500°C , в закрытом реакторе, скорость нагрева $10^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Период карбонизации составляет 3 ч. Монтмориллонит предварительно измельчили в ступке и просеяли через сито, размер используемой фракции составил 0,315 мм. В качестве контроля использовался почвогрунт без внесения добавок. Эксперимент выполнен в шести повторностях для каждого модификатора.

Результаты и обсуждения

Для исследуемых модификаторов были определены следующих физико-химические характеристики (табл. 1), методика определения описана в [6].

Таблица 1. Физико-химические характеристики модификаторов

Образец	Насыпная плотность, г/л	Влажность, W, %	pH
Опилки березы	243,5	9,7	5,8
Уголь береза	190,1	4,3	7,5
Опилки тополь	384,7	8,3	5,9
Уголь тополь	278,5	3,7	7,8

Насыпная плотность не является постоянной величиной для опилок и зависит от характеристик материала и условий хранения. Можно отметить, что насыпная плотность для биоуглей, полученных карбонизацией опилок, снижается, что вероятно связано с уменьшением размера частиц.

Опилки имеют влажность около 10 %, содержание влаги в биоуголях снижается в 2,2 раза.

Величина pH угля является важным свойством материала, которое в основном зависит от количества органических функциональных групп, растворимых органических соединений и содержания золы. Древесные опилки имеют кислую реакцию среды, карбонизация способствует возрастанию величины pH углей до слабощелочной.

Используемый образец монтмориллонита содержит до 60% порообразующего компонента и обладает слабощелочной реакцией среды (табл. 2).

Таблица 2. Адсорбционно-структурные характеристики монтмориллонита

Сорбент	Параметры					
	Плотность, кг/см ³			pH	Пористость, %	Суммарный объем пор, см ³ /г
	насыпная	истинная	кажущаяся			
Монтмориллонит	1,10	2,63	1,62	7,8	23,1	0,13

Для исследуемых образцов почвы были определены влажность, гигроскопическая влажность и pH (табл. 3).

Таблица 3. Влажность и реакция среды образцов почвы, %

Модификатор	Влажность	Гигроскопическая влажность	pH
Контроль	45,4	49,4	7,54
Монтмориллонит	74,0	85,4	7,46

Опилки тополь	54,0	54,3	7,57
Опилки березы	81,2	83,6	7,46
Уголь тополь	57,8	58,9	7,51
Уголь береза	81,9	87,7	7,43

Для анализа был проведен отбор субстрата из каждой емкости, с глубины 3-5 см, помещены в герметичную тару, запечатаны, промаркированы и доставлены в лабораторию, где хранились до дальнейших измерений.

Согласно данным таблицы 3 внесение модификаторов приводит к возрастанию показателя влажности грунта в 1,2 – 1,8 раза в сравнении с контрольным образцом. Наиболее эффективно удерживать влагу в субстрате позволяют опилки и биоуголь на основе опилок березы. Также эффективно использовать в качестве влагоудерживающего агента глинистый минерал монтмориллонит. Биоуголь характеризуется способностью к аккумуляции, механической устойчивостью частиц, а также возможностью миграции частиц биоугля с почвой. При внесении биоугля может увеличиваться пористость и поверхностная площадь почвы, улучшается влагоудерживающая способность почвы и аэрированность, особенно для глинистых почв [7].

Исходный образец почвы имеет слабощелочную реакцию. Внесение мелиорантов в количестве 1 % от массы грунта не приводит к изменению кислотности почвы ни с одним из образцов.

Введение модификаторов для улучшения качества почвы удобно оценивать по росту и развитию растений. С этой целью в течение всего вегетационного периода проводилась регулярная оценка состояния сеянцев сосны (через 1, 2, 6 и 8 месяцев), замер высоты и анализ роста растений: у всех сеянцев определялась высота сеянца линейкой с точностью до 0,1 см и диаметр корневой шейки штангенциркулем, с точностью до 0,01 мм (табл. 4).

Таблица 4. Средние показатели роста сосен в зависимости от модификатора

	Прирост растений, см			
	1 месяц	2 месяца	6 месяцев	8 месяцев
контроль	1,58	3,02	7,51	8,17
опилки тополь	2,82	3,33	7,17	7,58
уголь тополь	1,75	2,82	8,333	9,03
опилки береза	2,45	3,37	8,17	8,83
уголь береза	2,12	2,93	8,33	8,51
монтмориллонит	3,27	3,97	10,08	10,33

Полученные данные свидетельствуют о том, что сеянцы сосны показали неоднозначную динамику роста при внесении модификаторов. Наибольшее влияние на рост сосны оказывает внесение глинистого алюмосиликата монтмориллонита и биоугля на основе опилок тополя. Примерно сопоставимые результаты получены при анализе сеянцев на контрольном образце почвы, а также при внесении березовых опилок и биоугля на их основе. Наименьший прирост отмечен при добавлении в почву опилок тополя.

Наглядно результат прироста сеянцев сосны отображен на рисунке 1.

Анализ роста сеянцев за 8 месяцев показал, что внесение в почву мелиорантов способствует созданию положительной динамики роста сеянцев сосны. В большей степени отмечается рост сосны при внесении в почву монтмориллонита и биоугля на основе опилок тополя.



Рис. 1. Прирост сеянцев сосны в зависимости от вида модификатора

Таким образом, использование в качестве почвоулучшителей органо-минеральных добавок (древесных опилок, биоуглей на их основе и монтмориллонитовой глины) способствует повышению влажности почвы в 1,2 – 1,8 раза в сравнении с контрольным образцом. Показатель pH почвы не изменяется. По влиянию на рост сеянцев сосны исследуемые модификаторы можно расположить в последовательности: опилки тополь – опилки береза – уголь береза – монтмориллонит – уголь тополь. Биоуголь способствует восстановлению плодородия почв и снижению рисков накопления токсинов в сельскохозяйственной продукции. Благодаря пористой структуре биоуголь как губка, удерживает влагу и питательные вещества (калий, кальций, магний), что особенно важно в засушливых регионах. Это снижает вымывание удобрений и уменьшает потребность в поливе, тем самым способствуя интенсивному росту растительности.

Список литературы

1. Дурова А.С., Жигунов А.В. Влияние биоугля на показатели плодородия почв и рост сеянцев ели в посевных отделениях лесных питомников // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. №223.стр 140-153.
2. Рязанов С. С., Кулагина В. И., Грачев А. Н., Сунгатуллина Л. М., Забелкин С. А., Шагидуллин Р. Р. Влияние биоуглей из илов сточных вод на рост растений, почвенные микроорганизмы и содержание азота в серых лесных почвах // Принципы экологии. 2020. Т. 9. № 4. С. 3-22
3. Możdżeń K., Barabasz-Krasny B., Kviatková T., Zandi P., Turisová I. The effect of sorbent additives in copper-contaminated soils on seed germination and early growth of cereals // Molecules. 2021. Vol. 26, No. 18. Article 5449
4. Kebalo L. F., Delibacak S. Soil properties and grape yield of vineyard as affected by sawdust addition in a semi-arid region // Eurasian Journal of Soil Science. 2022. Vol. 11, No. 2. pp. 133–140
5. Montmorillonite content is an influential soil parameter of grapevine development and yield in South Uruguay Gustavo Pereyra, Milka Ferrer, Anne Pellegrino, Remi Gaudin // Natural and environmental resources Vol. 26 No. 2 (2022). URL: <https://doi.org/10.31285/AGRO.26.1124>.

6. Khodosova N., Tomina E., Manukovskaya V., Baranova P. The influence of the nature of raw materials on the biochars' characteristics. BIO Web of Conferences. 2024. T. 145. 03004.
7. Kolb S. Understanding the Mechanisms by which a Manure-Based Charcoal Product Affects Microbial Biomass and Activity, PhD thesis, University of Wisconsin. 2007. Green Bay, US.

References

1. Durova A.S., Zhigunov A.V. The influence of biochar on soil fertility indices and growth of spruce seedlings in sowing departments of forest nurseries//News of the St. Petersburg Forest Engineering Academy. 2018. №223.pp. 140-153.
2. Ryazanov S. S., Kulagina V. I., Grachev A. N., Sungatullina L. M., Zabelkin S. A., Shagidullin R. R. Effect of biochars from wastewater sludge on plant growth, soil microorganisms and nitrogen content in gray forest soils // Principles of Ecology. 2020. V. 9. № 4. P. 3–22.
3. Możdżeń K., Barabasz-Krasny B., Kviatková T., Zandi P., Turisová I. The effect of sorbent additives in copper-contaminated soils on seed germination and early growth of cereals // Molecules. 2021. Vol. 26, No. 18. Article 5449
4. Kebalo L. F., Delibacak S. Soil properties and grape yield of vineyard as affected by sawdust addition in a semi-arid region // Eurasian Journal of Soil Science. 2022. Vol. 11, No. 2. pp. 133–140
5. Montmorillonite content is an influential soil parameter of grapevine development and yield in South Uruguay Gustavo Pereyra, Milka Ferrer, Anne Pellegrino, Remi Gaudin // Natural and environmental resources. 2022. Vol. 26 No. 2. URL: <https://doi.org/10.31285/AGRO.26.1124>
6. Khodosova N., Tomina E., Manukovskaya V., Baranova P. The influence of the nature of raw materials on the biochars' characteristics. BIO Web of Conferences. 2024. T. 145. 03004.
7. Kolb S. Understanding the Mechanisms by which a Manure-Based Charcoal Product Affects Microbial Biomass and Activity, PhD thesis, University of Wisconsin. 2007. Green Bay, US.