
ЭКОЛОГИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

УДК 630.16:630*114.261

Г. И. Антонов,

к. б. н., старший научный сотрудник лаборатории микробиологии и экологической биотехнологии Института леса им. В. Н. Сукачева, ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, РФ,
egoan@yandex.ru

И. Д. Гродницкая,

д. б. н., главный научный сотрудник лаборатории микробиологии и экологической биотехнологии Института леса им. В. Н. Сукачева, ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, РФ,
igrod@ksc.krasn.ru

В. А. Сенашова,

к. б. н., старший научный сотрудник лаборатории микробиологии и экологической биотехнологии Института леса им. В. Н. Сукачева, ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, РФ,
vera0612@mail.ru

О. Э. Пашкеева,

к. б. н., научный сотрудник лаборатории микробиологии и экологической биотехнологии Института леса им. В. Н. Сукачева, ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, РФ,
koeandkoe@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ БИОУДОБРЕНИЙ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

В связи с возросшим объемом рубок в Красноярском крае обостряется проблема рециклинга отходов на предприятиях лесного сектора. Мелкие отходы лесопиления пока еще не нашли широкого применения, но уже имеют перспективные направления использования в виде экологических удобрений. Коллективом лаборатории микробиологии и экологической биотехнологии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН разработаны варианты удобрительных композиций на основе опилочно-почвенной смеси, содержащих микродозы различных азотных удобрений. Выполненные исследования указали на необходимость сочетания микопродукта на основе хвойных опилок с азотными удобрениями для стимулирования роста и развития саженцев сосны и ели. В результате были получены два вида опилочно-почвенных субстратов с добавлением микродоз азотных удобрений без микопродукта (ОПС) и с внесением микопродукта (ОПСМ). После применения ОПСМ на питомнике экспериментального хозяйства «Погорельский Бор» с микродозами диаммофоски саженцы сосны обыкновенной оказались выше на 62 см (53 %), чем на участке с ОПС. Саженцы ели сибирской, произрастающие на ОПСМ, были также выше на 30–58 %, чем саженцы того же возраста на ОПС. Внесение микопродукта (ОПСМ) также привело к увеличению приростов верхушечной почки главного побега саженцев сосны и ели после применения данного субстрата в течение сезона. В случае микоконтролируемого роста с диаммофоской и аммонийной селитрой прирост увеличился на 45–51 %. Данная технология в перспективе может быть рекомендована для искусственного лесовыращивания с экологически-ориентированным ведением лесного хозяйства на территории Красноярского края.

Ключевые слова: биоудобрения, биоконтролируемое, лесные питомники, Красноярская лесостепь.

**Работа выполнена в рамках базового проекта № 0287-2021-0011,
а также проекта РФФИ 20-05-00540**

G. I. Antonov,

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of microbiology and environmental biotechnology laboratory of Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS», Krasnoyarsk, Russian Federation,
egoan@yandex.ru

I. D. Grodnitskaya,

Doctor of Biological Sciences, Head of microbiology and environmental biotechnology laboratory of Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS», Krasnoyarsk, Russian Federation, *igrod@ksc.krasn.ru*

V. A. Senachova,

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of microbiology and environmental biotechnology laboratory of Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS», Krasnoyarsk, Russian Federation,
vera0612@mail.ru

O. E. Pashkeeva,

Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher of microbiology and environmental biotechnology laboratory of Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS», Krasnoyarsk, Russian Federation,
koeandkoe@mail.ru

USING OF INNOVATIVE BIOFERTILIZERS IN FOREST NURSERIES OF THE KRASNOYARSK FOREST-STEPPE

Due to the increased falling volume in the Krasnoyarsk Territory, the problem of waste recycling at forest sector enterprises is becoming more acute. Small-scale sawmill waste has not yet found wide application, but it already has promising areas of use in the form of eco-friendly fertilizers. The workshop of the Laboratory of Microbiology and Environmental Biotechnology of the V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS has developed variants of fertilizer compositions based on a sawdust-soil mixture containing microdoses of various nitrogen fertilizers. The performed studies indicated the need to combine a mycoproduct based on coniferous sawdust with nitrogen fertilizers to stimulate the growth and development of pine and spruce seedlings. As a result, two types of sawdust-soil substrates with the addition of micro-doses of nitrogen fertilizers without mycoproduct (sawdust soil substrate – SSS) and with the introduction of mycoproduct (SSSM) were obtained. After application of SSSM the nursery of the experimental farm “Pogorelsky Bor” with microdoses of diamphosca, the scots pine seedlings were higher by 62 cm (53 %) than in the site with SSS. Siberian spruce seedlings growing on SSSM were also 30–58 % higher than seedlings of the same age on SSS. The introduction of mycoproduct (SSSM) also led to an increase in the apical bud growth of the main shoot of pine and spruce seedlings after the application of this substrate during the season. In the case of mycocomposting with diammonium phosphate and ammonium nitrate growth increased by 45–51 %. In the future, this technology can be recommended for artificial forest cultivation with environmentally determined forest management in the Krasnoyarsk Territory.

Keywords: biofertilizers, mycocomposting, forest nurseries, Krasnoyarsk forest-steppe.

В настоящее время такой вид лесопромышленных отходов как опилки используются не более чем на 30 % от общего объема [1]. Наибольшая их часть вывозится на полигоны ТБО для перегнивания, либо сжигается в отвалах [2]. Коллективом лаборатории микробиологии и экологической биотехнологии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН в ходе экспериментов по утилизации древесно-опилочной массы разработаны варианты композиций удобрений на основе опилочно-почвенной смеси, содержащих микродозы различных азотных удобрений [3, 4].

Цель настоящего исследования – оценить эффективность применения различных вариантов инновационных композиций – опилочно-почвенных смесей с азотными удобрениями в сочетании с микопродуктом (ОПСМ) и без него (ОПС) на состояние саженцев сосны обыкновенной и ели сибирской, а также почвенных микробиоценозов под ними на опытных лесных участках

В 2017 г. были заложены различные варианты опытов с использованием биоудобрений ОПС и ОПСМ на участках с саженцами сосны обыкновенной и ели сибирской (табл.) на территории лесного питомника Погорельского стационара ИЛ СО РАН. С 2018 г. по 2020 г. на участках с внесенными вариантами опилочно-почвенных смесей ОПС и ОПСМ проводили наблюдения морфометрических показателей саженцев сосны и ели, параллельно анализировали биологические процессы, происходящие в почве под саженцами хвойных.

Т а б л и ц а

Варианты опытов по тестированию опилочно-почвенных субстратов (ОПС и ОПСМ) на участках с саженцами сосны обыкновенной и ели сибирской в лесопитомнике «Погорельский Бор»

Удобрительные композиции опилочно-почвенного субстрата (ОПС)		Удобрительные композиции опилочно-почвенного субстрата с добавлением микопродукта (ОПСМ)	
СОСНА	ЕЛЬ	СОСНА	ЕЛЬ
Контроль: Опилки + Почва (КО)		Контроль: Опилки+Почва + Микопродукт (КО + М)	
Диаммофоска (Д)		Диаммофоска + Микопродукт (Д + М)	
Аммонийная селитра (АС)		Аммонийная селитра + Микопродукт (АС + М)	
Сульфат аммония (СА)		Сульфат аммония + Микопродукт (СА + М)	
Мочевина (М)		Мочевина + Микопродукт (М + М)	

Измерения прироста верхушечной почки центрального побега и высоты саженцев в 2020 г. на участках с ОПСМ показали, что у саженцев сосны прирост достоверно увеличился в вариантах с сульфатом аммония (СА) до 68,3 см и в контроле (КО) до 65 см. На участках ОПС достоверное увеличение приростов сосны помимо контрольного варианта было зарегистрировано в вариантах с микродозами сульфата аммония (СА) и мочевины (М) (до 55–62 см). Высота саженцев сосны достоверно увеличилась как в контроле, так и практически во всех вариантах с микродозами азотных удобрений в обоих видах опилочно-почвенных субстратов, за исключением вариантов с аммонийной селитрой (АС) на ОПС и мочевиной (М) на ОПСМ. У саженцев ели отсутствовал достоверный прирост на ОПСМ (за исключением варианта с диаммофоской). Высота саженцев ели достоверно увеличилась во всех вариантах ОПС и ОПСМ, за исключением вариантов с аммонийной селитрой (АС) и сульфатом аммония (СА). Двухфакторным дисперсионным анализом установлено, что варьирование показателей высоты и прироста верхушечной почки обусловлено в основном возрастом саженцев (или длительностью эксперимента) нежели выбранными микродозами минеральных удобрений в субстратах. Уровень значимости для сосны: $p = 0,004 - 0,01$; для ели – $p = 0,0003 - 0,009$.

Исследования почвенного микробиоценоза под посадками саженцев в различных вариантах опилочно-почвенного субстрата с микопродуктом (ОПСМ) показали, что суммарная численность микроорганизмов под посадками сосны обыкновенной выше таковой под посадками ели сибирской. После внесения ОПСМ в 2018 г. общая микробная численность была выше, чем в 2020 г. в среднем под сосной в 4 раза, под елью – в 5,3 раза. На протяжении трех лет исследований доминировали, в основном, неспоровые бактерии. Самой малочисленной группой были грибы. Несмотря на то, что их численность не превышала в разные годы от 0,045 до $0,96 \cdot 10^6$ КОЕ, качественный состав был достаточно разнообразным.

Процессы гумусообразования и гумусонакопления были сбалансированы в течение всего вегетационного периода после применения ОПСМ. Сравнительный анализ ферментативной активности за три года (2018–2020 гг.) в вариантах ОПСМ показал ее снижение. Под саженцами обеих пород заметно снизилась активность полифенолоксидазы (с 35–55 мг до 17–34 мг под сосной, и с 46–64 до 21–31 мг под елью), что в итоге привело к снижению коэффициента гумификации (его значения во время эксперимента редко превышали 1 в среднем за сезон). Целлюлозоразложение в целом на участках питомника варьировало в пределах ошибки, за исключением повышения в контрольных вариантах: под сосной с 22 до 33 %, под елью – с 37 до 41 %. Наибольшее снижение целлюлозоразлагающей активности отмечено под елью в вариантах с СА с 47 до 35 % и М – с 45 до 39 %.

Таким образом, созданные и внесенные в почву биоудобрения (разные варианты ОПС и ОПСМ) не только оптимизировали процессы разложения и минерализации опилочной массы, но и положительно сказались на морфологических характеристиках саженцев хвойных. Несмотря на активную минерализацию почвенной биотой внесенные биоудобрения не истощились на протяжении трех лет эксперимента. Во всех вариантах ОПСМ наблюдали постепенное снижение биологических показателей почвы, которые в целом оставались выше контрольных вариантов (почва+опилки), что свидетельствует о пролонгированном действии биоудобрений. Следовательно, наиболее перспективные/эффективные варианты азотных композиций ОПСМ (СА, М, ДА) можно рекомендовать для использования в искусственном лесоразведении.

Список литературы

1. Ларченко В. М., Джафаров Т. А. Перспективы и проблемы использования отходов лесопромышленного сектора и древесного сырья в биоэнергетике Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2013. № 9. С. 206–210.
2. Дитрих В. И., Андрияс А. А., Пережилин А. И., Корпачев В. П. Оценка объемов и возможные пути использования отходов лесозаготовок на примере Красноярского края // Хвойные бореальной зоны. 2010. Т. XXVII. № 3-4. С. 346–351.
3. Патент на изобретение № 2681572 от 11.03.2019. Опилочно-почвенный субстрат для оптимизации плодородия почв / Г. И. Антонов, Н. В. Пашенова, И. Д. Гродницкая.
4. 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.

УДК 574.24

Е. Б. Атаманова,

к. с.-х. н., преподаватель 7 кафедры ФГКВОУ ВО «Военная академия радиационной, химической и биологической защиты им. Маршала Советского Союза С. К. Тимошенко», г. Кострома, РФ,
katebortsova@mail.ru

РОЛЬ ЭДТА И ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ В ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ДРЕВЕСНЫМИ РАСТЕНИЯМИ ТЕРРИТОРИЙ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ МЕДЬЮ

В ходе экспериментальных исследований рассмотрена возможность применения этилендиаминтетрауксусной (ЭДТА) и лимонной кислот в процессе фиторемедиации дерново-подзолистых почв с избыточным содержанием меди. В результате проведенных исследований определили, что хорошим фиторемедиантом почвы от избытка этого металла является Salix alba L. Также выявлено, что при внесении в почву растворов ЭДТА и лимонной кислот эффект фиторемедиации древесных растений увеличился на 14-47 % к контролю. Лучшим вариантом опыта для очистки территорий от избытка ионов меди является совместное действие ЭДТА и лимонной кислот. Эффективность по сравнению с контролем составила 38 и 47 % соответственно.

Ключевые слова: тяжелые металлы, медь, фиторемедиация, ЭДТА, лимонная кислота.