

Неведров Н.П., Кавунбаева К.М.

Применение биоугля на основе отработанных грибных блоков в условиях агротемно-серых почв

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

УДК 631.4

Применение биоугля на основе отработанных грибных блоков в условиях агротемно-серых почв

Неведров Н.П., Кавунбаева К.М.

Курский государственный университет

Аннотация

Вторичное использование органических отходов грибных производств позволит повысить их экологическую безопасность и оптимизировать применяемые агротехнологии. Цель работы состояла в экологической оценке агротехнологии применения почвоудобрительного материала – биоугля, полученного из отработанных лигнинцеллюлозных грибных блоков. Установлено, что внесение в агротемно-серую почву биоугля из материалов отходов грибных производств способствует стабилизации почвенного органического вещества и повышению продуктивности газонных трав. Отмечено, что качество и агроэкологическая эффективность биоугля, полученного из отработанных грибных блоков на основе соломы злаков значимо выше, чем биоугля из отработанных грибных блоков на основе подсолнечной лузги.

Ключевые слова: ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВЫ, ЭМИССИЯ CO₂, ПОДСОЛНЕЧНАЯ ЛУЗГА, ГАЗОННЫЕ ТРАВЫ, ВЕШЕНКА ОБЫКНОВЕННАЯ

Введение

В последние годы в Российской Федерации (РФ) отмечается рост количества компаний, специализирующихся на грибном производстве. Среди лидеров по количеству выращиваемой грибной продукции можно отметить следующие регионы РФ: Краснодарский край, Курская, Тульская и Калужская области [1, 2].

Проблемы накопления и хранения в окружающей среде отходов грибных производств имеет обширный ряд последствий, негативно сказывающихся на экологической обстановке. Во-первых, даже при работе малых грибных производств (1000 тонн грибов вешенок в год) формируется до 1,5 тыс. тонн отходов в год, что приводит к

отчуждению территорий для складирования отработанных блоков или к образованию стихийных свалок. Во-вторых, при вторичном использовании отработанного субстрата (грибных блоков) в качестве удобрений для почв агроэкосистем без предварительной подготовки грибного субстрата может приводить к токсикации как самих почв, так и агропродукции микотоксинами. В-третьих, после хранения (компостирования) грибных блоков в буртах и последующего внесения получаемых кислых (рН ~ 5,7) компостов в почву, происходит закисление последних [3-5].

В связи с вышеизложенным можно констатировать, что существует потребность в разработке природосберегающих технологий утилизации отходов грибных производств. Одним из перспективных способов утилизации является получение из отходов грибных производств биоугля и последующее его применение в качестве почвенного удобрения [6-8]. Биоуголь – экологически безопасный и весьма эффективный почвоудобрительный материал. Внесение биоугля в агропочвы способствует повышению продуктивности агроэкосистем, нормализует водно-воздушный режим почвы, приводит к увеличению органического углерода в почве в среднем на 3,8 % и позволяет снизить почвенную эмиссию закиси азота на 12-50 %, что, в целом, делает его перспективным для смягчения последствий изменения климата [3, 9, 10-12].

Цель работы – экологическая оценка агротехнологии применения почвоудобрительного материала – биоугля, полученного из отработанных лигнинцеллюлозных грибных блоков.

Объекты и методы исследования

Согласно современным оценкам в секторах сельского и лесного хозяйства не используется до 15-20% органических отходов, которые потенциально могут быть использованы для производства биоугля [13]. Объектом исследования являлись отработанные блоки культур ксилотрофных грибов (*Pleurotus ostreatus*) на основе лигноцеллюлозных материалов (солома злаковых культур, подсолнечная лузга).

Исследовалась потенциальная экологическая опасность, вызванная хранением отработанных грибных блоков (выбросы парниковых газов). Скорость потоков CO₂ с поверхности отработанных грибных блоков измерялась с использованием камерного метода с применением портативного газоанализатора. Ограничительные основания

Неведров Н.П., Кавунбаева К.М.

Применение биоугля на основе отработанных грибных блоков в условиях агротемно-серых почв

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

(кольца) диаметром 110 мм врезались в блок на глубину 10 см в 5 местах. На основание через герметичное соединение помещалась герметичная экспозиционная камера объемом 1500 см³, камера оснащена газоанализатором AZ 7752, двумя противоположно направленными вентиляторами с электрическим приводом для перемешивания воздуха и измерителем температуры и влажности воздуха внутри камеры. Оценка скорости потоков диоксида углерода проводилась при средней температуре грибных блоков 16,8±1,1 °С. Общее количество повторений замеров эмиссии CO₂ – 25.

Отработанный субстрат Вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*) состоит из полуразложившихся органических веществ, преимущественно пшеничной соломы, реже подсолнечной лузги, и характеризуется высокой влажностью – 77,6 %, что существенно увеличивает логистическую нагрузку при вторичном использовании предварительно необработанных грибных блоков. Для эффективного утилизации такого сырья проводилась сушка субстрата при 120 °С и последующее высокотемпературное сжигание в муфельной печи с ограничением доступа кислорода при температуре 450 °С в течение 20 минут. Полученный биоуголь извлекался из печи после остывания до температуры 30 °С. Печь открывали только после остывания. Биоуголь получали отдельно из грибных блоков на основе соломы злаковых культур и грибных блоков на основе подсолнечной лузги. Обжиг проводили в муфельной печи ПДП-Аналитика.

Исследование почвоудобрительных характеристик биоугля осуществлялось на агротемно-серой типичной среднесуглинистой почве в лабораторных условиях. Внесение органических удобрений на основе отходов грибных производств в исследуемую почву проводилось согласно следующей схеме:

1. Биоуголь из грибного блока на подсолнечной лузге с термической обработкой (Биочар С);
2. Материал отработанного грибного блока на соломенном субстрате без термической обработки (Солома);
3. Биоуголь из грибного блока на соломенном субстрате с термической обработкой (Биочар Л);
4. Материал отработанного грибного блока на подсолнечной лузге без термической обработки (Лузга);
5. Контроль (без внесения отходов грибных производств).

Неведров Н.П., Кавунбаева К.М.

Применение биоугля на основе отработанных грибных блоков в условиях агротемно-серых почв

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

Исследуемая почва (пахотный горизонт РU) помещалась в пластиковые вегетационные контейнеры по 0,5 кг. Полученные из грибных блоков удобрения вносились в количестве 2% от массы почвы (10 граммов на контейнер) с помощью метода сухого перемешивания. После этого в каждую ёмкость высевалась смесь газонных трав (райграс пастбищный 30%, райграс однолетний 30%, фестулолиум 10%, овсяница луговая 10%, овсяница тростниковая 10%, тимофеевка луговая 10%). Укос газонных трав осуществлялся каждые 2 недели экспозиции опыта. Биологическая продуктивность газонных трав определялась по сырой и сухой биомассе. По истечению двух месяцев с момента начала опыта определялись агрохимические свойства почв (рН по ГОСТ 26483, содержание органического вещества по ГОСТ 26213-2021, P₂O₅ и K₂O по ГОСТ 26204-91, содержание щелочногидролизуемых форм азота по методу Корнфилда) и проводилась оценка скорости потоков CO₂ с поверхности почв методом закрытых камер с использованием портативного газоанализатора AZ-7752. Повторность опыта – трехкратная. Статистическая обработка полученных данных и графический дизайн выполнялись с использованием средств Microsoft Excel 2010.

Результаты и обсуждение

Скорость эмиссии CO₂ составляла $161,1 \pm 30,1$ г CO₂ / м² поверхности грибного блока в сутки, что подтверждает высокую биогенную активность в отработанных лигноцеллюлозных грибных блоках. Сравнивая скорость эмиссионных потоков CO₂ можно отметить, что у грибных блоков она в 9,7 раз выше, чем средняя за вегетационный сезон у черноземных почв (16,5 г CO₂/м² в сутки) и в 7,4 раза больше, чем у серых почв (21,7 г CO₂/м² в сутки). Масса грибного блока в среднем составляет 8 кг, площадь рабочей поверхности ~ 0,24 м². Таким образом, углеродный след от складирования отработанных грибных блоков для предприятий, расположенных в Курской области, может достигать 12,3 тыс. тонн. Расчеты проведены для периода с апреля по октябрь, учитывая температурный режим атмосферного воздуха в период замеров [4].

Обработка почвы органическими удобрениями на основе отработанных грибных блоков ожидаемо приводила к значимому увеличению содержания органического вещества. Применение удобрений на основе соломенных блоков позволяло увеличивать содержание органического вещества на 42,0 – 53,6%, на основе блоков из лузги – на 14,5 –

37,7%. Разницу в прибавке почвенного органического вещества в разных вариантах опыта, можно объяснить отличиями в качественном составе как самих грибных блоков (солома или лузга), так и отличиями в качестве полученного из них биоугля. Химический состав поступающей в почву органики в значительной мере определяет скорость трансформации органического вещества удобрений в органическое вещество почвы (табл. 1).

Таблица 1. Влияние вносимых органических удобрений на агрохимические свойства агротемно-серой типичной почвы

Свойство почвы	Биочар С	Солома	Биочар Л	Лузга	Контроль
Органическое вещество, %	10,6±0,4	9,8±0,2	7,9±0,4	9,5±0,1	6,9±0,3
pH _{KCl}	6,3±0,2	6,0±0,1	6,1±0,1	6,2±0,2	6,8±0,2
P ₂ O ₅	103,1±2,1	101,0±3,3	64,5±2,0	101,2±2,7	103,3±3,8
K ₂ O	49,0±3,1	45,3±2,6	16,5±1,2	54,9±3,8	66,2±5,9
N _{ц.г.}	55,1±1,2	59,7±2,4	42,0±1,6	49,6±3,5	63,9±2,7

Исследуемые органические удобрения также приводили к снижению значений показателя обменной кислотности агротемно-серой почвы на 8,8 – 11,8%, что, видимо, связано с величиной pH вносимых органических удобрений (биоуголь, материалы грибных блоков – солома, лузга). Однако значения кислотности почвы не смещались за пределы значений, характерных для группировки нейтральных почв (табл. 1).

По содержанию макроэлементов отмечено значительное снижение относительно контроля подвижных фосфора (на 37,6%) и калия (на 75,1%), а также щелочногидролизующих форм азота (на 34,3%) в варианте опыта с биоуглем на основе грибных блоков из подсолнечной лузги, что обусловлено качественными характеристиками самого биоугля (размер фракции, пористость) и его адсорбирующими свойствами [14]. В остальных вариантах опыта существенных изменений в содержании NPK в почвах не наблюдалось.

Биоуголь на основе соломенных блоков как и удобрение из соломенных грибных блоков, не подвергнутых предварительной обработке, достоверно ($p < 0,05$) влияли на биологические свойства исследуемой агротемно-серой почвы. Прослеживалось снижение показателя скорости эмиссии CO₂ с поверхности почвы на 34,8 – 50,9 % в вариантах опыта «Биочар С» и «Солома» относительно контроля (рис. 1).

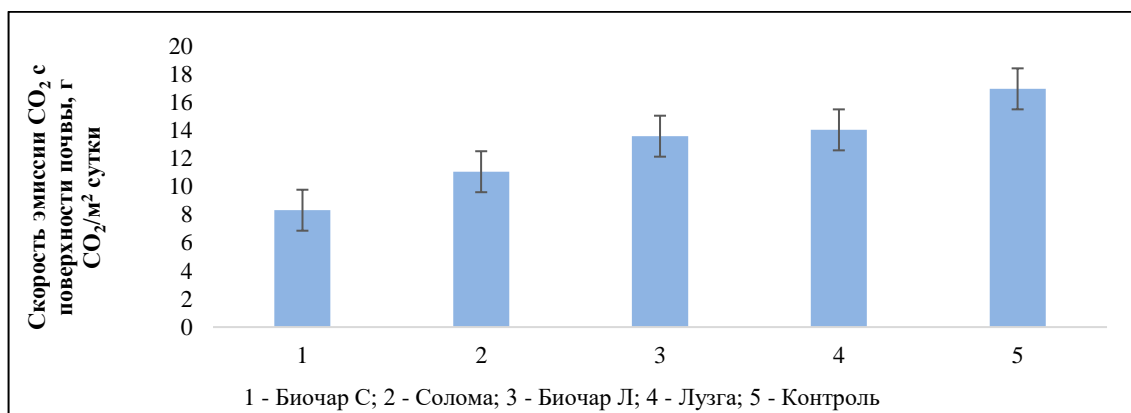


Рис. 1. Влияние органических удобрений на основе отработанных грибных блоков на скорость эмиссии CO₂ с поверхности агротемно-серой типичной почве

Почвы в вариантах опыта «Биоуголь Л» и Лузга по показателю почвенной эмиссии CO₂ существенно не различались с почвами контрольного варианта.

Снижение активности почвенного дыхания было обусловлено изменениями кислотно-основных свойств исследуемой почвы после внесения удобрений. Максимальное снижение наблюдалось в варианте с применением биоугля на основе соломенных блоков, что связано с особенностями пористой структуры последнего, которая способствует удержанию органического вещества внутри почвенных агрегатов и, следовательно, позволяет замедлять темпы его биодеструкции. То есть применение этого варианта биоугля может существенно повышать секвестрацию углерода агротемно-серой типичной почвой [15].

Все виды исследуемых органических удобрений, кроме варианта «Биоуголь Л» положительно влияли на продуктивность газонных трав (рис. 2).

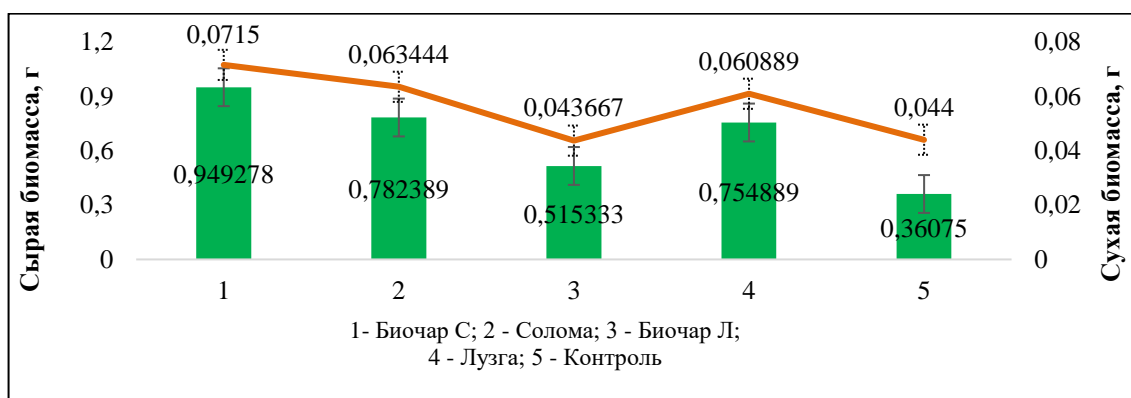


Рис. 2. Влияние органических удобрений на основе отработанных грибных блоков на продуктивность газонных трав, выращиваемых на агротемно-серой типичной почве

Максимальное увеличение значений показателей сырой и сухой биомассы относительно контроля наблюдалось в варианте опыта «Биоуголь С» и составляло 2,6 и 1,6 раза соответственно.

Отсутствие стимуляции роста растений газонных трав в варианте опыта «Биоуголь Л», объясняется снижением биодоступности элементов минерального питания растений, вызванной их адсорбцией внесенным биоуглем [14].

Анализируя полученные результаты, стоит отметить, что качество и агроэкологическая эффективность биоугля, полученного из отработанных грибных блоков на основе соломы злаков значимо выше, чем биоугля из отработанных грибных блоков на основе подсолнечной лузги.

Выводы

1. Эмиссия CO_2 с поверхности складированных в бурты отработанных грибных блоков может составлять $161,1 \pm 30,1$ г $\text{CO}_2/\text{м}^2$ в сутки, что при существующих объемах производства грибной продукции может вносить существенный вклад в накопление парниковых газов атмосфере.
2. Внесение всех исследуемых в опыте видов органических удобрений приводило к повышению (14,5 – 53,6%) содержания почвенного органического вещества и увеличению (на 8,8 – 11,8%) обменной кислотности почвы (pH_{KCl}).
3. Применение в агротемно-серых почвах биоугля на основе грибных блоков из подсолнечной лузги приводило к снижению содержания подвижных фосфора (на 37,6%) и калия (на 75,1%), а также щелочногидролизующих форм азота (на 34,3%) относительно почв без обработки органическими удобрениями.
4. Обработка агротемно-серой типичной почвы биоуглем на основе грибных блоков из соломы злаковых культур снижала скорость потоков CO_2 с поверхности почвы на 50,9 %.
5. Внесение биоугля на основе отработанных грибных блоков из соломы в агротемно-серую почву увеличивает биологическую продуктивность газонных трав в 1,6 – 2,6 раза.

Неведров Н.П., Кавунбаева К.М.

Применение биоугля на основе отработанных грибных блоков в условиях агроотемно-серых почв

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Фонда содействия инновациям по программе «УМНИК» (Соглашение № 19262ГУ/2024 от 07.05.2024 г.)

Список использованных источников:

1. Лазарева Т.Г., Александрова Е.Г. Анализ производства и рынка грибов в России // Вестник Евразийской науки. – 2019. – №1 – [Электронный ресурс] – Вестник Евразийской науки, 2019 Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-proizvodstva-i-rynka-gribov-v-rossii/viewer>
2. Максимова Е. Производство грибов в 2021 году стало рекордным // журнал «Агроинвестор». – 2022. – № 1 – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/37399-proizvodstvo-gribov-v-2021-godu-stalo-rekordnym/>
3. Байдак Е.А. Оценка микотоксинной опасности отработанных блоков ксилотрофных грибов // Курск: Курский государственный университет, 2023. – С. 6-9.
4. Байдак Е.А., Неведров Н.П. Экологическая оценка скорости эмиссии диоксида углерода с поверхности субстрата ксилотрофных грибов [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 5. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/5/st_530.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202135530>.
5. Матершев В.Г. Субстратные машины для подготовки субстрата вешенки и других экзотических грибов // Школа грибоводства. – 2010. – № 2(62). – С. 22-25.
6. Крылова А. Ю., Горлов Е. Г., Шумовский А. В. Получение биоугля пиролизом биомассы // Химия твердого топлива. – 2019. – № 6. – С. 55-64. – DOI: [10.1134/S0023117719060100](https://doi.org/10.1134/S0023117719060100).
7. Balat M., Balat M., Kirtay E., Balat H. Main routes for the thermo-conversion of biomass into fuels and chemicals. Part 1: Pyrolysis systems // Energy Conv. Manag. – 2009. – V. 50. – P. 3147.
8. Bridgwater A.V. Biomass fast pyrolysis // Therm. Sci. – 2004. – V. 8. – P. 21.
9. Бучкина Н.П., Балашов Е.В. Шимански В., Игазз Д., Хорак Я. Изменение биологических и физических параметров почв разного гранулометрического состава после внесения биоугля // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Том 52. – № 3. – С. 471-477.
10. Литвинович А.В. Хаммам А.А.М., Лаврищев А.В., Павлова О.Ю. Мелиоративные свойства и удобрительная ценность различных по размеру фракций биоугля (по данным лабораторных экспериментов) // Агрохимия. – 2016. – №9. – С. 46-53.

Неведров Н.П., Кавунбаева К.М.

Применение биоугля на основе отработанных грибных блоков в условиях агротемно-серых почв

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

11. Masiello C.A., Dugan B., Brewer C.E. Biochar effects on soil hydrology // Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation / 2nd edition Edited by J. Lehmann, S. Joseph. – Routledge, 2015. – P. 543-563.

12. Zhang, A., Bian R., Pan G. Effects of biochar amendment on soil quality, crop yield and greenhouse gas emission in a Chinese rice paddy: a field study of 2 consecutive rice growing cycles // Field and Crop Research. – 2012. – № 127. – P. 153-160.

13. Костецкий Д.М., Рижия Е.Я. Возможности использования отходов органического происхождения в РФ для получения биоугля // Материалы международного научного семинара «Биоуголь: свойства, применение в сельском хозяйстве, влияние на почвы, растения и окружающую среду», ФГБНУ АФИ, Санкт-Петербург, Россия, 08 декабря 2020 г. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2020. - С. 49- 53.

14. Abramova T.V., Buchkina N.P. Effect of biochar on nutrient leaching from soil: shortterm laboratory experiment // Материалы международного научного семинара «Биоуголь: свойства, применение в сельском хозяйстве, влияние на почвы, растения и окружающую среду», ФГБНУ АФИ, Санкт-Петербург, Россия, 08 декабря 2020 г. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2020. - С. 101- 103.

15. Кудеяров В.Н. Влияние удобрений и системы земледелия на секвестрацию углерода в почвах // Агрохимия. – 2022. – № 12. – С. 79-96.

Цитирование:

Неведров Н.П., Кавунбаева К.М. Применение биоугля на основе отработанных грибных блоков в условиях агротемно-серых почв [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2024. – № 5. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/5/st_501.pdf DOI: <https://doi.org/10.51419/202145501>.