

*Борисова Н.Ю.,
студент магистратуры
2 курс, Институт Экологии и природопользования
Казанский (Приволжский) Федеральный Университет
Россия, г. Казань*

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БИОЧАРА НА ТОКСИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОСТОВ

***Аннотация:** Загрязнение почв тяжелыми металлами, антибиотиками является серьезной проблемой. Частое применение антибиотиков приводит к распространению антибиотикорезистентности, что снижает эффективность их использования. Компостирование с различными добавками может снизить уровень загрязнителей в почвах. В статье рассматривается способность биочара влиять на токсичность микробного сообщества компостов в присутствии антибиотика и тяжелых металлов (кадмия, никеля) в разных концентрациях при разном значении pH.*

***Ключевые слова:** тяжелые металлы, антибиотики, токсичность, дафнии, компостирование, биочар.*

***Annotation:** Soil pollution with heavy metals, antibiotics is a serious problem. Frequent use of antibiotics leads to the spread of antibiotic resistance, which reduces the effectiveness of their use. Composting with various additives can reduce the level of contaminants in soils. The article discusses the ability of biochar to influence the toxicity of the microbial community of composts in the presence of an antibiotic and heavy metals (cadmium, nickel) in different concentrations at different pH values.*

***Key words:** heavy metals, antibiotics, toxicity, daphnia, composting, biochar.*

Введение

Загрязнение почв является серьезной экологической проблемой современного мира. Получение сельскохозяйственной продукции на загрязненных тяжелыми металлами и другими загрязнителями почвах приводит к ухудшению здоровья населения и подрывает продовольственную безопасность государства. Ведущей проблемой становится широкое применение антибиотиков во всем мире при лечении животных, профилактике заболеваний, в качестве стимуляторов роста, приводящее к развитию и распространению устойчивых к антибиотикам бактерий (ARB) и генов (ARG) [9].

Значительная часть ветеринарных антибиотиков выделяется из организма животных в неметаболизированных формах или в виде активных метаболитов [4, 9]. Значительное количество антибиотиков и ARG поступает в почву с внесением свежего навоза, компоста, полученного на его основе, что приводит к дальнейшему распространению устойчивости к антибиотикам в почве микробного сообщества [4, 6].

Остатки антибиотиков могут отрицательно влиять на микробные процессы в окружающей среде (например, круговорот питательных веществ и деградация загрязнителей). Они обеспечивают избирательные преимущества для устойчивых к антибиотикам бактерий в кишечнике животных, которые попадают в составе навоза в окружающую среду [6]. Способность к резистентности, кодируемая генами устойчивости к антибиотикам, переносится внутри и между бактериальными сообществами путем горизонтального переноса генов с помощью плазмид, интегронов, транспозон, называемых мобильно генетическими элементами (MGE) и генных кассет, что может привести к снижению эффективности использования антибиотиков в медицине животных и человека [8, 10].

Компостирование в некоторой степени способствует снижению устойчивости к антибиотикам в навозе, хотя данные не являются

убедительными [10]. Компостирование, особенно термофильное, может разлагать от 50 до 99% некоторых антибиотиков в навозе, например тетрациклины, и способствовать снижению концентрации антибиотиков от 1 мг до 1 мкг на кг или ниже MQL [5]. Более высокие температуры и большая продолжительность термофильной фазы значительно повышают эффективность восстановления антибиотиков во время компостирования [10]. Однако в некоторых случаях антибиотики, такие как сульфаметазин, офлоксацин и ципрофлоксацин, могут оставаться в больших концентрациях в компостируемых продуктах [4, 5, 7].

Иногда при компостировании навоза животных используют различные добавки (торф, солома, уголь). Часто применяют биочар, обладающий высокими сорбирующими свойствами, что позволяет снизить токсические свойства компоста, концентрацию антибиотиков и обилие генов устойчивости. Биочар – это твердое высокопористое вещество, полученное в результате пиролиза материалов органического происхождения при относительно низкой температуре ($<700\text{ }^{\circ}\text{C}$) в анаэробных или ограниченных по кислороду условиях [1, 3]. Биочар повсеместно применяется для восстановления почвы благодаря своей пористой структуре, большой площади поверхности и переменным составам поверхности. Продемонстрирована способность биочара сорбировать тяжелые металлы благодаря проявлению комплексообразования, катионного обмена, электростатических взаимодействий, процессов восстановления и осаждения. Также отмечено снижение подвижности, биодоступности и токсичности тяжелых металлов в почве, обработанной биочаром [2].

Стабилизация тяжелых металлов в почве путем применения биочара сильно зависит от свойств, состава биочара и температуры пиролиза. Так, по сравнению с биочарами на основе древесины биочары на основе травы (например, биочары из рисовой соломы или пшеничной соломы), обычно более эффективны в снижении потенциала выщелачивания и обогащения

кадмия в тканях растений. Биочары, полученные при более высоких температурах, устойчивее к иммобилизации металлов, чем биочары, полученные при более низких температурах. На стабилизацию тяжелых металлов в почве влияют и такие параметры и факторы, как дозировка биочара, глубина перемешивания, свойства почвы, характеристики почвенного микробного сообщества и даже климатические условия [2].

Продемонстрирована способность биочара улучшать физико-химические и биологические свойства почвы и рост растений. Применение биочара в почвах повышает биодоступность и поглощение растениями фосфора, щелочных металлов и некоторых металлов, снижает токсичность свинца и кадмия за счет иммобилизации их в более стабильные формы и улучшает качество почвы [1, 2].

Целью работы было оценить влияние биочара на токсичность культуральной жидкости с микробным сообществом из компоста в присутствии антибиотика (окситетрациклин), тяжелых металлов, взятых при разных концентрациях, и различном значении рН.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужил компост, приготовленный из куриного помета, который был отобран на птицефабрике ООО «Челны-Бройлер» (г. Н. Челны, Республика Татарстан). Перед компостированием куриный помет смешали с опилками в дозе 33% (w:w). Компостирование проводили при температуре 20-25°C при ежедневном перемешивании (100 grm) и поддержании влажности 60%.

Вытяжку готовили из образца компоста, отобранного после завершения термофильной стадии. 1 мл готовой вытяжки с микробным сообществом компоста поместили в 150 мл среды LB, инкубировали 7 суток при 28°C и непрерывном перемешивании. В колбах варьировали рН, содержание окситетрациклина и тяжелых металлов (таб. 1). В половину колб был также

добавлен биочар в количестве 15% (v:w), полученный из куриного помета в процессе пиролиза при пиковой температуре 400 °С.

Таблица 1.

Схема лабораторного моделирования в жидкой среде (LB) с микробным сообществом, перешедшим в состав водной вытяжки из помета

без биочара				с биочаром			
рН	4	7	10	рН	4	7	10
концентрация окситетрациклина, мг/л	50	150	300	концентрация окситетрациклина, мг/л	50	150	300
концентрация кадмия, мкг/л	2	60	130	концентрация кадмия, мкг/л	2	60	130
концентрация никеля, мкг/л	10	40	70	концентрация никеля, мкг/л	10	40	70
концентрация железа, мкг/л	10	500	1500	концентрация железа, мкг/л	10	500	1500
концентрация меди, мкг/л	30	300	600	концентрация меди, мкг/л	30	300	600

Определение токсичности культуральной жидкости с микробным сообществом проводилось по методике биотестирования с использованием тест-объекта *D.magna* (ПНД Ф 14.1:2:4.12-06 16.1:2.3.3.9-06). Методика основана на определении смертности дафний при воздействии токсических веществ, присутствующих в исследуемой пробе, по сравнению с контролем. В качестве контроля использовали вариант «рН=7».

Биотестирование проводили в стеклянных сосудах, которые заполняли 50 мл исследуемой пробы. В каждый опытный и контрольный сосуд помещали по 5 дафний не более 24-часового возраста с помощью стеклянной трубки

($d=5-7$ мм), погрузив ее в воду. Токсичность анализировали на 3 сутки инкубации путем подсчета количества выживших дафний.

Результаты и обсуждение

На рис 1 представлена выживаемость *D. Magna* в культуральной жидкости с микробным сообществом, полученной из вытяжки компоста.

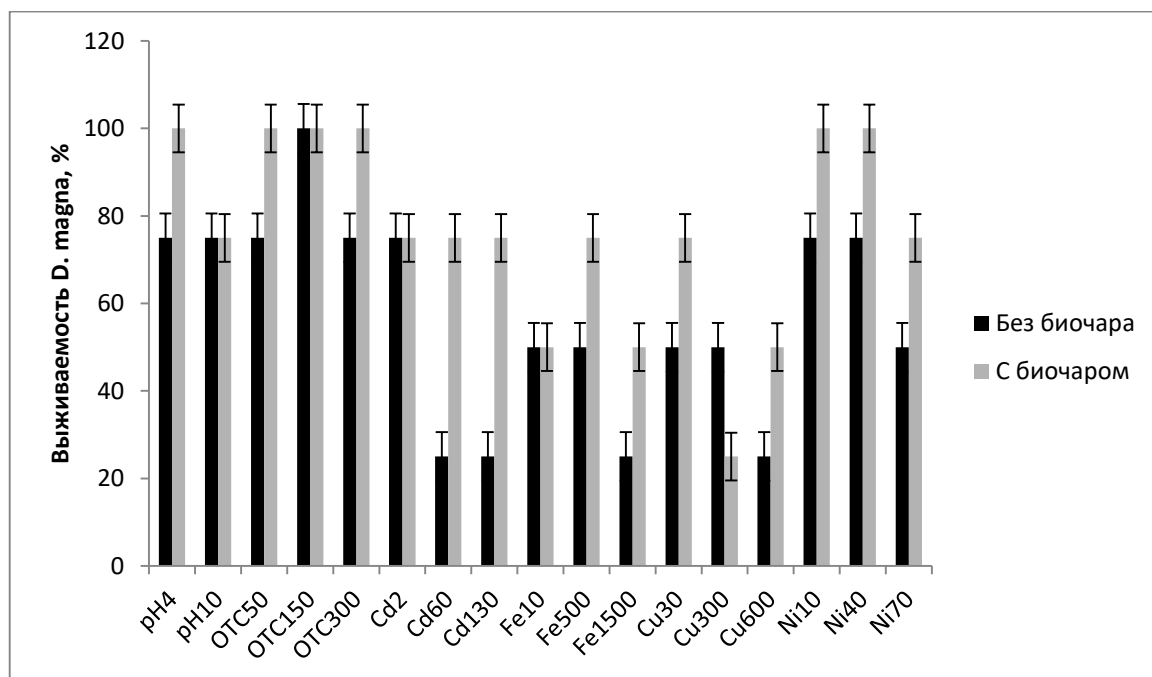


Рисунок 1. Выживаемость *D. magna* по отношению к контролю (%) в культуральной жидкости с микробным сообществом из вытяжки компоста

Согласно рисунку выживаемость дафний при $pH=4$ без биочара составляла 75%, с биочаром – 100%; при $pH=10$ выживаемость дафний как с добавлением биочара, так и без него составляла 75%. Наличие биочара в среде незначительно влияло на токсичность культуральной жидкости при разном значении pH среды.

В среде с разной концентрацией окситетрациклина отмечено, что выживаемость дафний при концентрации 50 и 300 мг/л составила 75% в колбах без добавления биочара, в остальных же колбах выживаемость 100%.

Добавление биочара повышает выживаемость рачков в присутствии антибиотика, что подтверждается их высокой выживаемостью.

При концентрации кадмия 2 мкг/л отмечена одинаковая выживаемость дафний (75%) как с добавлением биочара, так и без него, при концентрации Cd, равной 60 и 130 мкг/л выживаемость рачков без добавления в колбы биочара составила 25%, с биочаром – 75%. При разных концентрациях Cd (2, 60 и 130 мкг/л) отмечена большая выживаемость рачков при добавлении биочара.

При концентрации Fe 10 мкг/л отмечена одинаковая выживаемость дафний (50%) как с добавлением биочара, так и без него, при концентрации Fe, равной 500 мкг/л выживаемость рачков без добавления в колбы биочара составила 50%, с биочаром – 75%, при концентрации, равной 1500 мкг/л выживаемость рачков без добавления в колбы биочара составила 25%, с биочаром – 50%. При разных концентрациях Fe (10, 500 и 1500 мкг/л) отмечена большая выживаемость рачков при добавлении биочара.

При концентрации Cu 30 мкг/л выживаемость дафний с добавлением биочара составила 75%, без него (25%), при концентрации Cu, равной 300 мкг/л выживаемость рачков без добавления в колбы биочара составила 50%, с биочаром – 25%, при концентрации, равной 600 мкг/л выживаемость рачков без добавления в колбы биочара составила 25%, с биочаром – 50%. При разных концентрациях Cu (30, 300 и 600 мкг/л) выживаемость рачков незначительна, в целом, биочар повышает выживаемость рачков.

При концентрации Ni, равной 10 и 40 мкг/л выживаемость дафний с добавлением биочара составила 100%, без него (75%), при концентрации никеля 70 мкг/л выживаемость рачков без добавления в колбы биочара составила 50%, с биочаром – 75%. При разных концентрациях Ni (10, 40 и 70 мкг/л) отмечена большая выживаемость рачков при добавлении биочара.

В целом, биочар положительно влияет на выживаемость дафний, снижает токсичность в культуральной жидкости при содержании в колбах

разных добавок. Наибольшее положительное влияние биочара на токсичность было отмечено в колбах с разной концентрацией антибиотика, содержания никеля, кадмия, в меньшей степени биочар оказывал снижающее действие на токсичность в колбах, содержащих разные концентрации меди и железа.

Заключение

Отмечена высокая выживаемость дафний в колбах с добавлением биочара при разной концентрации антибиотика и pH среды. Также отмечено положительное влияние биочара на токсичность культуральной жидкости при содержании в колбах разных концентраций тяжелых металлов (Cd, Fe, Cu, Ni). Это обусловлено высокой сорбирующей способностью биочара. Таким образом, дополнительное внесение биочара при компостировании отходов животноводства может рассматриваться как способ, позволяющий снизить негативное токсическое влияние от антибиотиков и тяжелых металлов.

Использованные источники:

1. Alaboudi, K.A. Effect of biochar on Pb, Cd and Cr availability and maize growth in artificial contaminated soil / K.A. Alaboudi, B. Ahmed, G. Brodie // *Annals of Agricultural Sciences*. - 2019. - №64. - P. 95-102.
2. Biochar and bacteria inoculated biochar enhanced Cd and Cu immobilization and enzymatic activity in a polluted soil / C. Tu, J. Wei, F. Guan [et al.] // *Environment International*. - 2020. - №137. - P. 1-9.
3. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review / M. Ahmad, A.U. Rajapaksha, J.E. Lim [et al.] // *Chemosphere*. - 2014. - № 99. - P. 19-33.
4. Changes in antibiotic concentrations and antibiotic resistome during commercial composting of animal manures / W.-Y. Xie, X.-P. Yang, Q. Li [et al.] // *Environmental Pollution*. - 2016. - №219. - P. 182-190.

5. Dolliver, H. Antibiotic degradation during manure composting / H. Dolliver, S. Gupta, S. Noll // *Journal of Environmental Quality*. - 2008. - № 37. - P. 1245–1253.
6. Fate and effects of veterinary antibiotics in soil / S. Jechalke, H. Heuer, J. Siemens [et al.] // *Institute of Crop Science and Resource Conservation – Soil Science and Soil Ecology*. University of Bonn, Nussallee. - 2014. - Vol. 22, № 13.
7. Fate of tetracycline, sulfonamide and fluoroquinolone resistance genes and the changes in bacterial diversity during composting of swine manure/ A. Selvam, D. Xu, Z. Zhao, J.W. Wong // *Bioresource Technology*. - 2012. - № 126. - P. 383-390.
8. Gene cassettes and cassette arrays in mobile resistance integrons / S.R. Partridge, G. Tsafnat, E.Coiera, J.R. Iredell // *FEMS Microbiology Reviews*. - 2009. - № 33. - P. 757–784.
9. Sarmah, K.A global perspective on the use, sales, exposure pathways, occurrence, fate and effects of veterinary antibiotics (VAs) in the environment. Review / K. Sarmah, M.T. Meyer, A. B.A. Boxall // *Chemosphere*. - 2006. - № 65. - P. 725–759.
10. Xie, W.- Y. Antibiotics and antibiotic resistance from animal manures to soil: a review / W.- Y. Xie, Q. Shen, F.J. Zhao // *European Journal of Soil Science*. - 2017. - P. 1-15.