

конференции с международным участием, посвящённой 140-летию НИУ «БелГУ» и 100-летию со дня рождения селекционера, учёного и педагога, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Щелоковой Зои Ивановны. 2017. С. 123-126

4. Чернеливская Е.А. Влияние системы удобрения и способов обработки почвы на урожайность и экономическую эффективность выращивания свёклы сахарной / Е.А. Чернеливская, В.С. Деркач, И.Н. Дзюбенко // *Stiinta Agricola*. – 2016. - №1. – С. 36-40

УДК 57.044; 504.05; 631.45

DOI: 10.34924/FRARC.2023.56.70.004

ВЛИЯНИЕ БИОЧАРА НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОГО АНТИБИОТИКАМИ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО

Акименко Ю.В., к.б.н.

Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии
им. Д.И. Ивановского, 344090, г. Ростов–на–Дону, пр. Стачки 194/1
e–mail: jvakimenko@sfedu.ru

Реферат. В лабораторных условиях проведено моделирование загрязнения чернозема антибиотиками (тетрациклином, нистатином) в концентрации 500 мг/кг с последующим внесением биочара для оценки восстановления биологических показателей через 30 суток после загрязнения. На основе степени изменения ИПБС установлено, что загрязнение чернозема антибиотиками приводит к ухудшению его экологического состояния. Внесение биочара способствует восстановлению активности дегидрогеназ и показателей интенсивности начального роста семян редиса, при этом не оказывая достоверного эффекта воздействия на обилие бактерий *p. Azotobacter*. Полного восстановления показателей до контрольных значений не наблюдается и спустя 30 суток после загрязнения. Эффективность применения биочара в целях улучшения экологического состояния загрязненного антибиотиками чернозема целесообразно с учетом

природы антибиотика, продолжительности ремедиации и биологических показателей.

Ключевые слова: биочар, загрязнение, тетрациклин, нистатин, чернозем, экологическое состояние почв.

BIOCHAR EFFECT ON THE ECOLOGICAL CONDITION OF ANTIBIOTIC-CONTAMINATED ORDINARY CHERNOZEM

Akimenko Yu.V.

Abstract. Under laboratory conditions we simulated the contamination of chernozem with antibiotics (tetracycline, nystatin) at a concentration of 500 mg/kg followed by biochar to assess the recovery of biological parameters in 30 days after contamination. Based on the degree of change of IPBS, it was found that the contamination of chernozem with antibiotics leads to the deterioration of its ecological state. Introduction of biochar helps to restore the activity of dehydrogenases and indicators of the intensity of initial growth of radish seeds, while not having a reliable effect on the abundance of p. Azotobacter. Full recovery of indicators to control values is not observed even 30 days after contamination. The effectiveness of biochar application to improve the ecological condition of the chernozem contaminated with antibiotics is reasonable taking into account the nature of the antibiotic, the duration of remediation and biological indicators.

Keywords: biochar, pollution, tetracycline, nystatin, chernozem, ecological condition of soils.

Введение. В последние десятилетия неуклонно растет использование антибиотиков в глобальных масштабах. Антибиотики используются не только в медицине, но и в других сферах коммерческой деятельности (Klein et al., 2018). Например, в сельском хозяйстве для лечения, профилактики и стимуляции роста животных, в качестве удобрения на сельскохозяйственных полях. Так же, за счет интенсивного земледелия, наблюдается увеличение использования антибиотиков в аквакультуре. В связи с чем все чаще фармацевтические антибиотики в больших количествах обнаруживаются в объектах окружающей среды (Henriksson et al., 2018). В агроэкосистемы антибиотики попадают со сточными водами и органическими удобрениями

животного происхождения, нарушая функционирование почвенного микробоценоза (Du, Liu, 2012), что может привести к снижению урожайности, вызывая проблемы продовольственной безопасности (Pan, Chu, 2017). В связи с чем актуальным является изучение восстановления свойств почв после загрязнения антибиотиками. Биочар является хорошим сорбентом и биостимулятором при различных видах загрязнения почв, таких как полициклические ароматические углеводороды, нефтяные углеводороды и тяжелые металлы (Bianco et al., 2021), благоприятно влияя не только на содержание нефтяных углеводородов, но и на биологические и физические свойства почв (Бойцова и др., 2021).

Объекты и методы исследования. Объект исследования – чернозем обыкновенный карбонатный, отобранный в Ботаническом саду Южного федерального университета из пахотного слоя (0–20 см). В лабораторных условиях проведено моделирование загрязнения чернозема антибиотиками (тетрациклином, нистатином) в концентрации 500 мг/кг с последующим внесением биочара (1% от массы почвы) для оценки восстановления биологических показателей через 30 суток после загрязнения. Концентрация антибиотиков выбрана по результатам ранее проведенных рекогносцировочных исследований (Акименко и др., 2013; Акименко, 2014; Akimenko, 2021). Определяли показатели обилия бактерий р. *Azotobacter*, активности дегидрогеназ, длины побегов и корней редиса *Raphanus sativus* сорта «Жара» методами, распространёнными в экологии и почвоведении (Казеев и др., 2016). Оценка экологического состояния загрязнённого антибиотиками чернозема после внесения биочара дана на основе изменения интегрального показателя биологического состояния почв (Колесников и др., 2007).

Результаты исследования. На основе степени изменения ИПБС установлено, что загрязнение чернозема антибиотиками в концентрации 500 мг/кг приводит к ухудшению экологического состояния (табл. 1). Снижается активность дегидрогеназ, обилие бактерий р. *Azotobacter*, изменяются показатели интенсивности начального роста семян редиса (длина корней, длина побегов). Бактерицидный антибиотик тетрациклин оказывает наибольшее ингибирующее воздействие на показатели, чем фунгицидный антибиотик нистатин. Так, при загрязнении чернозема тетрациклином наблюдается полное отсутствие бактерий р. *Azotobacter*, активность дегидрогеназ снижается на 30% от контроля, длина побегов редиса

уменьшается на 8%, корней на 12%. При загрязнении нистатином наблюдается неоднозначный эффект воздействия на показатели чернозема. Достоверно снижается активность дегидрогеназ (на 20% от контроля), при этом не наблюдается достоверного отрицательного воздействия на бактерии р. *Azotobacter* и показатели интенсивности начального роста семян редиса, установлен неоднозначный эффект стимулирующего воздействия на длину побегов. Наибольшее ингибирование исследованных биологических показателей наблюдается при загрязнении чернозема комплексом антибиотиков. Из показателей интенсивности начального роста семян при загрязнении антибиотиками в большей степени изменяется длина корней, это связано с тем, что большинство антибиотиков являются полярными соединениями, поэтому при контакте с ними корни сразу же впитывают их, и далее антибиотики перемещаются в остальные части растения. В связи с чем, в основном, степень распределения антибиотиков в органах растений подчиняется закономерности лист <стебель> корень (Kurpusamy et al., 2018).

Внесение в загрязненный антибиотиками чернозем биочара способствует восстановлению биологических показателей и улучшению его экологического состояния, однако полного восстановления показателей до контрольных значений не наблюдается и спустя 30 суток после загрязнения. Показатель ИПБС при внесении биочара в загрязненный тетрациклином и его комплексом с нистатином чернозем составляет 32 и 29% соответственно, что свидетельствует о нарушении всех его экосистемных функций (Колесников и др., 2007). Из исследованных биологических показателей чернозема биочар способствует восстановлению активности дегидрогеназ и показателей интенсивности начального роста семян редиса, при этом не оказывая достоверного эффекта воздействия на обилие бактерий р. *Azotobacter*. Установлено, что биочар способствует стимулированию показателей интенсивности начального роста семян редиса в загрязненном нистатином черноземе.

Таблица 1 - Изменение биологических показателей загрязненного антибиотиками чернозема (концентрация 500 мг/кг) после внесения биочара (1% от массы почвы), % от контроля

Образец	Активность дегидрогеназ	Обилие бактерий р. <i>Azotobacter</i>	Длина корней	Длина побегов	ИПБС
Контроль (не загрязненная почва)	100	100	100	100	100
Контроль+биочар	95	100	97	95	97
Тетрациклин	70	0	88	92	63
Нистатин	80	100	92	104	94
Комплекс антибиотиков	68	0	62	74	51
Тетрациклин+Биочар	88	0	92	92	68
Нистатин+Биочар	95	100	115	130	110
Комплекс антибиотиков+биочар	82	25	89	90	72

Таким образом, эффективность применения биочара в целях улучшения экологического состояния загрязненного антибиотиками чернозема целесообразно с учетом природы антибиотика, продолжительности ремедиации и биологических показателей.

Исследование выполнено при поддержке гранта Президента Российской Федерации для молодых российских ученых – кандидатов наук (МК 2085.2022.1.4).

Литература

1. Акименко Ю.В. Влияние разных способов стерилизации на биологические свойства чернозема обыкновенного / Ю.В. Акименко, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 721.
2. Акименко Ю.В. Влияние фармацевтических антибиотиков на динамику численности почвенных микроорганизмов / Ю.В. Акименко // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2014. – № 5 (183). – С. 63-68.
3. Бойцова Л.В. Динамика кислотности и емкости катионного обмена дерново-подзолистой супесчаной почвы при внесении биоугля / Л.В. Бойцова, Е.Я. Рижия, В.И. Дубовицкая // Агрехимия. – 2021. – № 9. – С. 22-29. <https://doi.org/10.31857/S0002188121090052>.

4. Казеев К.Ш. Методы биодиагностики наземных экосистем / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, Ю.В. Акименко, Е.В. Даденко. Ростов–на–Дону: Издательство Южного федерального университета. – 2016. – 356 с.
5. Колесников С.И. Методология нормирования химического загрязнения почв на основе нарушения их экологических функций / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков, Т.В. Денисова // Экология и промышленность России. – 2007. – № 11. – С. 48-51.
6. Akimenko Y. Influence of Pollution by Antibiotics on Biological Properties of Soils (Through the Example of Ordinary Chernozem) // Water, Air, and Soil Pollution. – 2021. – 232(6), 232.
7. Bianco F. The addition of biochar as a sustainable strategy for the remediation of PAH contaminated sediments / F. Bianco, M. Race, S. Papirio, P. Oleszczuk, G. Esposito // Chemosphere. – 2021. – 263. – 128274.
8. Du L. Occurrence, fate, and ecotoxicity of antibiotics in agro–ecosystems. A review / L. Du, W. Liu // Agron. Sustain. Dev. – 2012 – N. 32. – P. 309–327.
9. Henriksson P.J.G. Unpacking factors influencing antimicrobial use in global aquaculture and their implication for management. A review from systems perspective / P.J.G. Henriksson, A. Rico, M. Troell, D.H. Klinger, A.H. Buschmann, S. Saksida, M.V. Chadag, W. Zhang // Sustain. Sci. – 2018. – N. 13. – P. 1105–1120.
10. Klein E.Y. Global increase and geographic convergence in antibiotic consumption between 2000 and 2015 / E.Y. Klein, T.P. Van Boeckel, E.M. Martinez, S. Pant, S. Gandra, S.A. Levin, H. Goossens, R. Laxminarayan // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2018. – N. 115. – P. 3463–3470.
11. Kuppusamy S. Veterinary antibiotics (VAs) contamination as a global agro–ecological issue: A critical view / S. Kuppusamy, D. Kakarla, K. Venkateswarlu, M. Megharaj, Y.E. Yoon, Y.B. Lee // Agric. Ecosyst. Environ. – 2018 – N 257. – P. 47–59.
12. Pan M. Fate of antibiotics in soil and their uptake by edible crops / M. Pan, L.M. Chu // Sci. Total Environ. – 2017 – N 599–600. – P. 500–512.

УДК 631.8.022.3

DOI: 10.34924/FRARC.2023.46.89.005

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ