

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БИОЧАРА НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО, ЗАГРЯЗНЕННОГО МЕДЬЮ

¹Лобзенко И.П., ^{1,2}Бауэр Т.В., ¹Манджиева С.С., ¹Сушкова С.Н., ¹Минкина Т.М.

¹Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

²Южный научный центр Российской Академии наук, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлен анализ влияния внесения различных доз биочара на фитотоксичность чернозёма обыкновенного карбонатного, загрязненного Cu методом проростков. В работе проведён расчёт индекса токсичности фактора (ИТФ) для оценки состояния исследуемых образцов опыта.

Ключевые слова. биочар, редис, фитотест, индекс токсичности фактора.

EVALUATION OF THE BIOCHAR INFLUENCE ON THE PHYTOTOXICITY OF THE HAPLIC CHERNOZEM CONTAMINATED BY COPPER

¹Lobzenko I.P., ²Bauer T.V., ¹Mandjjeva S.S., ¹Sushkova S.N., ¹Minkina T.M.

¹Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

²Southern Scientific Center of Russian Academy of Science, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The article presents an analysis of the effect of various doses of biochar on the phytotoxicity of common carbonate chernozem with a contamination of 300 mg/kg Cu by seedling method. In this work, we calculated the toxicity index of the factor (ITF) to assess the condition of the studied samples of experiment.

Keywords. Biochar, radish, phyto-test, the toxicity index of the factor (ITF).

При поступлении больших количеств загрязняющих веществ изменяются химические и биологические свойства почв, что приводит к увеличению фитотоксичности [1]. Растения в данном случае являются наиболее уязвимым компонентом биоты, так как представляют собой первичные звенья природных трофических цепей, они выполняют основную роль в поглощении разнообразных загрязняющих веществ из почвы [2]. Фитотоксичность почвы является интегральным показателем состояния почвенной биоты. Одним из наиболее распространённых методов определения фитотоксичности почв является лабораторный метод, так как он является наиболее оперативным, дешёвым и сравнительно простым в исполнении [3]. По снижению или увеличению этого показателя можно судить об усилении или ослаблении токсичности почв.

Загрязнение почв тяжелыми металлами сопровождается усилением их фитотоксичности. Токсичность металлов в загрязнённых почвах может быть минимизирована методами биологической иммобилизации и стабилизации с использованием ряда углеродистых сорбентов, таких как биочар или биоуголь (Bashir et al., 2018).

Целью данной работы является изучение эффективности внесения различных доз биочара на фитотоксичность почвы. Объект исследования – чернозём обыкновенный карбонатный среднемощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках, отобранный с целинного участка ООПТ «Персиановская заповедная степь». В качестве тест-растения был выбран редис (*Raphanus sativus radicola*). Это однолетнее овощное растение обладает повышенной чувствительностью к загрязнению почвы. Оно отличается быстрым прорастанием семян и почти стопроцентной всхожестью, которая заметно уменьшается в присутствии загрязняющих веществ. Кроме того, побеги и корни этих растений под действием токсикантов подвергаются заметным морфологическим изменениям (задержка роста, искривление побегов, уменьшение длины и массы корней).

В пластиковые контейнеры объёмом 100 мл помещалось по 100 г. исследуемой воздушно-сухой почвы, предварительно очищенной от крупных растительных остатков и просеянной через сито с диаметром отверстий 1 мм. Загрязнение проводилось оксидом меди (II) в концентрациях 300 мг/кг в пересчёте на Cu. Через месяц после загрязнения в образцы добавлялся биочар в различных дозах (табл.1):

Повторность опыта 3-х кратная. Влажность образцов в течение всего опыта поддерживалась на уровне 60 % от полной полевой влагоёмкости. Через 3 недели после внесения биочара были посеяны

семена *Raphanus sativus radicola*. В ходе тестирования учитывались длина корня и побега согласно ГОСТ 12038-84 [5], ГОСТ 10968-88 [6]. На 7-е сутки проводились измерения длин корней и побегов растений, затем растения высушивались до воздушно сухого состояния с целью определения биомассы. Далее рассчитывался индекс токсичности для каждого фактора с целью определения токсичности почвы. Индекс токсичности оцениваемого фактора для каждого биологического тест-объекта определялся по формуле [7]:

$$\text{ИТФ} = T_{\text{Ф0}} / T_{\text{Фк}}$$

где $T_{\text{Ф0}}$ – величина измеряемого показателя в исследуемом варианте, $T_{\text{Фк}}$ – на контроле

Таблица 1 - Схема опыта

№	Название
1	Контроль
2	Контроль + 0,5% биочар
3	Контроль + 1% биочар
4	Контроль + 2,5% биочар
5	Контроль + 5% биочар
6	Cu 300
7	Cu 300 + 0,5% биочар
8	Cu 300 + 1% биочар
9	Cu 300 + 2,5% биочар
10	Cu 300 + 5% биочар

Для оценки токсичности фактора использовалась следующая шкала: VI класс токсичности (стимуляция) – ИТФ >1,10; V (норма) - 0,91 – 1,10; IV (низкая токсичность) - 0,71 – 0,90; III (средняя токсичность) - 0,50 – 0,70; II (высокая токсичность) - <0,50; I (сверхвысокая токсичность) - среда не пригодна для жизни тест-объекта. Статистическая обработка данных произведена с использованием программы STATISTICA 2010 и Microsoft Excel.

Токсическое действие металла на растение можно проследить по росту корневой системы, которая является первым барьером на пути проникновения токсикантов, а также по длине побегов [8]. Исследования показали, что в чернозёме обыкновенном (контроль) внесение биочара в различных дозах увеличивает длину корней и побегов *Raphanus sativus radicola* до 39 мм и 30 мм, соответственно (табл. 2).

Таблица 2 - Средние длины корней и побегов *Raphanus sativus radicola*, мм

Название образца	Длина корня, в мм	Длина побега, в мм
Контроль	37,30±2,70	20,50±2,72
Контроль + 0,5% биочар	38,60±2,8	23,60±2,89
Контроль + 1% биочар	41,80±1,98	37,20±1,69
Контроль + 2,5% биочар	47,60±4,27	35,40±2,25
Контроль + 5% биочар	39,40±3,44	29,90±2,38
Cu 300 мг/кг	16,10±1,56	8,40±3,20
Cu 300 мг/кг + 0,5% биочар	15,20±3,65	11,90±2,42
Cu 300 мг/кг + 1% биочар	20,30±1,95	18,30±2,31
Cu 300 мг/кг + 2,5% биочар	23,00±1,94	19,10±2,13
Cu 300 мг/кг + 5% биочар	23,80±2,91	13,20±2,87

Наибольший эффект оказало внесение биочара в дозе 1%. С увеличением дозы влияние сорбента на длину растений снижалось. Это объясняется тем, что биочар сорбирует эссенциальные элементы, делая их менее доступными для растений (рис. 1).

Загрязнение Cu в дозе 300 мг/кг оказало токсический эффект на редис: снижение длины корней составило 56 %, а длины побегов – 32 % (рис. 2). Биомасса растений в загрязнённой почве также снизилась: с 3,86 г. до 1,64 г.

Внесение биочара в загрязнённую почву оказало положительный эффект. Наибольший рост побегов и корней редиса наблюдается при использовании сорбента в дозе 5 %, при этом рост побегов увеличился на 80 %, а рост корней увеличился на 55 % по сравнению с загрязнённым образцом (рис. 3). В тоже время, хорошо зарекомендовала себя доза внесения биочара, равная 2,5 %, так как показатели растений не сильно отличались от дозы 5 %.

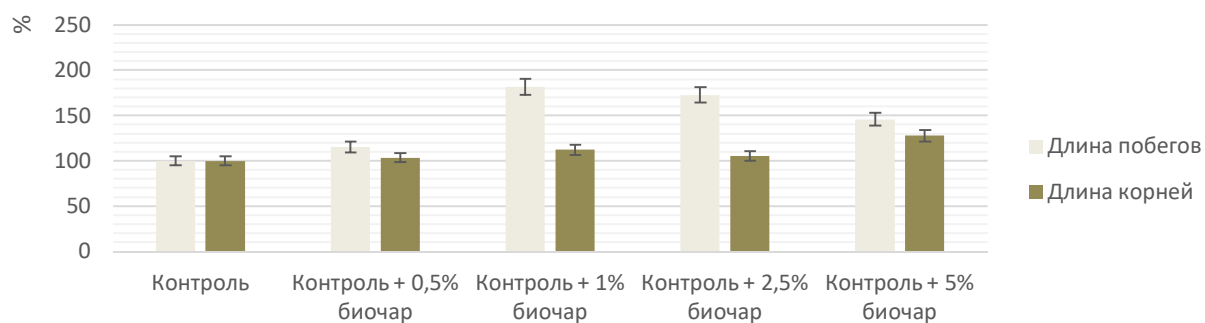


Рисунок 1 – длины корней и побегов *Raphanus sativus radicola* в незагрязнённом чернозёме обыкновенном, % от контроля

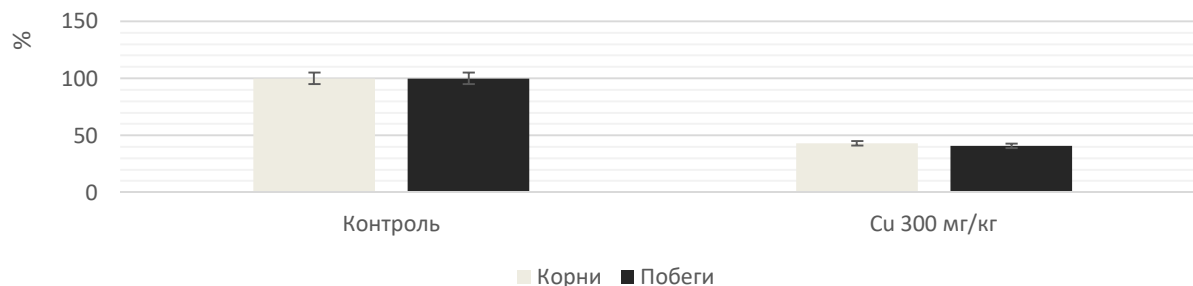


Рисунок 2 - Длина корней и побегов *Raphanus sativus radicola* при загрязнении почвы Сu, % от контроля

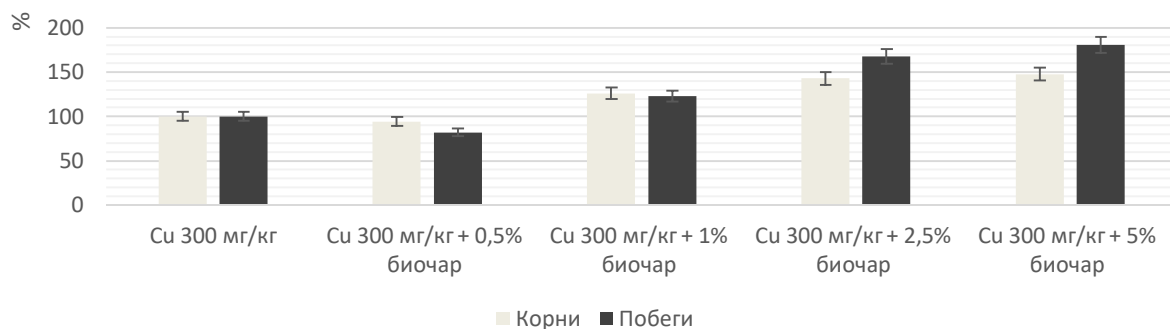


Рисунок 3 - Влияние различных доз биочара на длину корней и побегов *Raphanus sativus radicola*, % от загрязнённой почвы

На основе произведенных расчётов токсичности установлено (табл. 3), что внесение в чернозём обыкновенный карбонатный биочара оказало стимулирующий эффект на рост *Raphanus sativus radicola*. Наибольшая стимуляция наблюдается при внесении сорбента в дозе 2,5 %.

Таблица 3 - Расчёт токсичности факторов с использованием *Raphanus sativus radicola*

Варианты опыта	ИТФ длины корня	ИТФ длины побега	ИТФ биомассы	ИТФ средний	Класс токсичности
Контроль	1,00	1,00	1,00	1,00	V - норма
Сu 300 мг/кг	0,43	0,41	0,42	0,47	II - высокая токсичность
Контроль + 0,5% биочар	1,03	1,15	0,98	1,04	VI - стимуляция
Контроль + 1% биочар	1,12	1,81	1,06	1,25	VI - стимуляция
Контроль + 2,5% биочар	1,28	1,73	1,21	1,30	VI - стимуляция
Контроль + 5% биочар	1,06	1,46	1,07	1,15	VI - стимуляция
Сu + 0,5% биочар	0,41	0,34	0,50	0,47	II - высокая токсичность
Сu + 1% биочар	0,54	0,50	0,62	0,59	III - средняя токсичность
Сu + 2,5% биочар	0,62	0,69	0,72	0,71	IV - низкая токсичность
Сu + 5% биочар	0,50	0,64	0,68	0,71	IV - низкая токсичность

При загрязнении медью в дозе 300 мг/кг токсичность чернозёма обыкновенного карбонатного для *Raphanus sativus radicala* усиливается. Индекс токсичности среды показывает, что почва с таким загрязнением является высоко токсичной для растений редиса (ИТФ <0,50 – II класс токсичности среды). Внесение биочара в дозе 1 % в загрязнённую почву снизило токсичность до средней (III класс токсичности). Наилучший эффект наблюдается при внесении биочара в дозе 2,5 % - токсичность среды снижена до IV класса (низкая токсичность). Возможно, более длительное время действия сорбентов снизит токсичность среды до V уровня (норма).

Таким образом, установлено стимулирующее действие биочара на рост растений *Raphanus sativus radicala*, что выразилось в увеличении длин корней и побегов, а также в увеличении биомассы. Загрязнение медью чернозёма обыкновенного карбонатного в дозе 300 мг/кг оказало негативный эффект на морфологические показатели *растений редиса*. Внесение биочара оказало положительный эффект на рост *Raphanus sativus radicala*. Наилучший результат на рост и развитие растений при внесении в чистую почву показала доза 1%, а при внесении в загрязнённую почву – 5 %. Следовательно, биочар можно рекомендовать и как удобрение, и как сорбент для детоксикации чернозёма обыкновенного карбонатного, загрязненного медью.

Список использованных источников

1. Белюченко И.С. Вопросы защиты почв в системе агроландшафта // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – №. 95.
2. Аниськина М.В. Мутагенный и токсический эффекты у растений *Tradescantia* (clon 02) и *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., индуцированные нефтью и нефтепродуктами. – 2006.
3. Каримова Г.М., Попов Е.Е. Определение фитотоксичности почв города Уральска методом фитотестирования // Молодой учёный. – 2019. – №24. – С.64-65.
4. Bashir S., Shaaban M., Mehmood S., Zhu J., Fu Q., Hu H. Efficiency of C3 and C4 plant derived-biochar for Cd mobility, nutrient cycling and microbial biomass in contaminated soil // Bull. Environ. Contam. Toxicol. - 2018. - Vol. 100. – Vol. 834-838.
5. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 28 с.
6. ГОСТ 10968-88. Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания. - М: Стандартинформ, 2009. - 4 с.
7. Волкова И.Н., Кондакова Г.В. Экологическое почвоведение: Лабораторные занятия для студентов-экологов (бакалавров): метод. Указания / Сост. И.Н. Волкова, Г.В. Кондакова. – Ярославль: ЯрГУ, 2002. - 35 с.
8. Ильин В.Б., Степанова М.Д. Тяжелые металлы-защитные возможности почв и растений-урожай // Химические элементы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука. – 1982. – С. 73-92.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФ 19-74-10046.