

СНИЖЕНИЕ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО, ЗАГРЯЗНЕННОГО БЕНЗ(А)ПИРЕНОМ, ПОД ВЛИЯНИЕМ УГЛЕРОДИСТОГО СОРБЕНТА

Дудникова Т.С., Сушкова С.Н., Минкина Т.М., Антоненко Е.М., Барбашев А.И.

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

Аннотация. В результате фитотестирования установлено снижение класса токсичности чернозема обыкновенного, загрязненного 20 ПДК бенз(а)пирена с внесением в почву сорбента (биочара). Эксперимент показал, что присутствие биочара в загрязненной почве способствует росту ячменя ярового, а также положительно влияет на посевные качества семян, где данные показатели приближены к растениям, выращенным на незагрязненной почве.

Ключевые слова: фитотест, модельный эксперимент, бенз(а)пирен, почва, ячмень яровой.

REDUCED PHYTOTOXICITY OF HAPLIK CHERNOZEM CONTAMINATED BY BENZ(A)PYRENE UNDER THE APPLICATION OF CARBON SORBENT

Dudnikova T.S., Sushkova S.N., Minkina T.M., Antonenko E.M., Barbashev A.I.

South Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. As a result of phytotestation, a decrease in the toxicity class of Haplik Chernozem contaminated with 20 MPC BaP with the introduction of biochar into the soil was established. The experiment showed that the sorbent content in contaminated soil promotes the growth of spring barley, and also positively affects the sowing quality of seeds, where these indicators are close to plants grown on control soil, but have statistically significant differences.

Keywords. Phytotoxicity, model experience, benz(a)pyrene, Haplik Chernozem, spring barley.

По данным Продовольственной сельскохозяйственной организации Объединенных Наций 90 – 95 % почв черноземной зоны задействованы под производство с/х культур. Основными процессами деградации данных почв являются засоление и загрязнение опасными поллютантами. [1]. Порядка 88% площади Ростовской области занимают земли сельскохозяйственного назначения, из которых 58% составляют черноземы [2]. Предприятия области выпускают четверть промышленной продукции Южного федерального округа [3], а отходы производства при этом составляют 2700 тонн (по состоянию на 2018 г.) [2], что может оказывать влияние на санитарное состояние данных почв [4, 5] и, как следствие, качество и урожайность выращиваемых культур [6]. Такое положение дел ставит под угрозу продуктивность наиболее плодородных почв – черноземов, как в России, так и в мире и требует разработок в области рекультивации земель. Одним из наиболее опасных химических загрязнителей является бенз(а)пирен (БаП) – канцероген [7] первого класса опасности [8], предельно допустимая концентрация которого для почв составляет 20 нг/г [9].

Целью данной работы являлось оценить изменение фитотоксичности чернозема, загрязненного БаП при внесении углеродистого сорбента.

Для достижения поставленной цели проведен фитотест. Схема опыта включала контроль - почва без внесения БаП и биочара, контроль с внесением биочара, вариант с загрязнением почвы 20 ПДК БаП, а также с внесением сорбентов в загрязненный образец почвы. Выбор дозы внесения биочара основан на литературных данных, где рекомендуемая доза составляет 5% от массы почвы [10-12]. Повторность опыта трехкратная.

Для закладки опыта почва отобрана с особо охраняемой природной территории «Персиановская заповедная степь» и представлена черноземом обыкновенным со следующими свойствами; содержание физической глины - 52%, ила - 30%, гумуса - 4,2%, рН водной вытяжки - 7,5, содержание CaCO₃ - 0,4%, емкость катионного обмена (ЕКО) - 33 смоль(+)/кг. Отобранную почву очищали от растительных остатков и других включений, перетирали в фарфоровой ступке и пропускали через сито с диаметром отверстий, равным 1мм. Навески почвы (50 гр.) переносили в чашки Петри и добавляли БаП согласно схеме опыта. После внесения химического загрязнителя почву инкубировали в течение недели, а затем вносили сорбент. В качестве сорбента использовали биочар. Влажность в исследуемых образцах почв поддерживали на уровне 60% от полной полевой влагоемкости в течение всего времени проведения

эксперимента [13]. Далее инкубировали загрязненную почву с внесенным биочаром в течение недели. Высев растений проводили пинцетом в каждую чашку по 15 пророщенных семян ярового ячменя двурядного сорта «Ратник» (*Hordeum sativum distichum*), как представителя одной из основных возделываемых культур на юге России. Семена проращивали в кристаллизаторах между двумя слоями увлажненной фильтровальной бумаги в термостате при температуре 25°C. Отбор проб растений проводили по истечению 1 недели с момента высева. Осторожно извлекали растения из чашек Петри и очищали корневую часть от почвы. Измеряли длину корней и стеблей тест-культуры согласно [14]. Повторность опыта 3-х кратная. Влажность образцов в течение всего опыта поддерживалась на уровне 60 % от полной полевой влагоёмкости. Через 72 часа вёлся учёт проросших семян для определения энергии прорастания по [15].

Оценка токсичности почвы проводилась по формуле (Волкова, Кодакова 2002):

$$ИТФ = T_{\text{ф0}} / T_{\text{фк}} \quad (1)$$

где ИТФ – индекс токсичности фактора, $T_{\text{ф0}}$ – величина измеряемого показателя в исследуемом варианте, $T_{\text{фк}}$ – величина измеряемого показателя на контроле.

Для оценки токсичности фактора использовалась следующая шкала: VI класс токсичности (стимуляция) – ИТФ > 1,10; V класс (норма) - 0,91 – 1,10; IV класс (низкая токсичность) - 0,71 – 0,90; III класс (средняя токсичность) - 0,50 – 0,70; II класс (высокая токсичность) - < 0,50; I класс (сверхвысокая токсичность) - среда не пригодна для жизни тест-объекта.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы Statistica 13.3. Для оценки достоверности различий между вариантами опыта использован U-критерий Манна-Уитни [17] (при уровне значимости $p < 0.05$).

Результаты. Длина корней и стеблей ячменя, выращенного на почве с внесением биочара, статистически неразличима при $U_{\text{табличное}} < U_{\text{расчетное}}$ по сравнению с растениями, выращенными на контрольной почве. Загрязнение почвы 20 ПДК БаП тормозит рост корня ячменя в 6,7 раз, а стебля - в 5,5 раз, что является статистически достоверной разницей при $U_{\text{табличное}} > U_{\text{расчетное}}$ по сравнению с растениями, выращенными на контрольной почве. При внесении в загрязненную почву биочара длина корня и стебля ячменя существенно увеличивается (рис. 1).

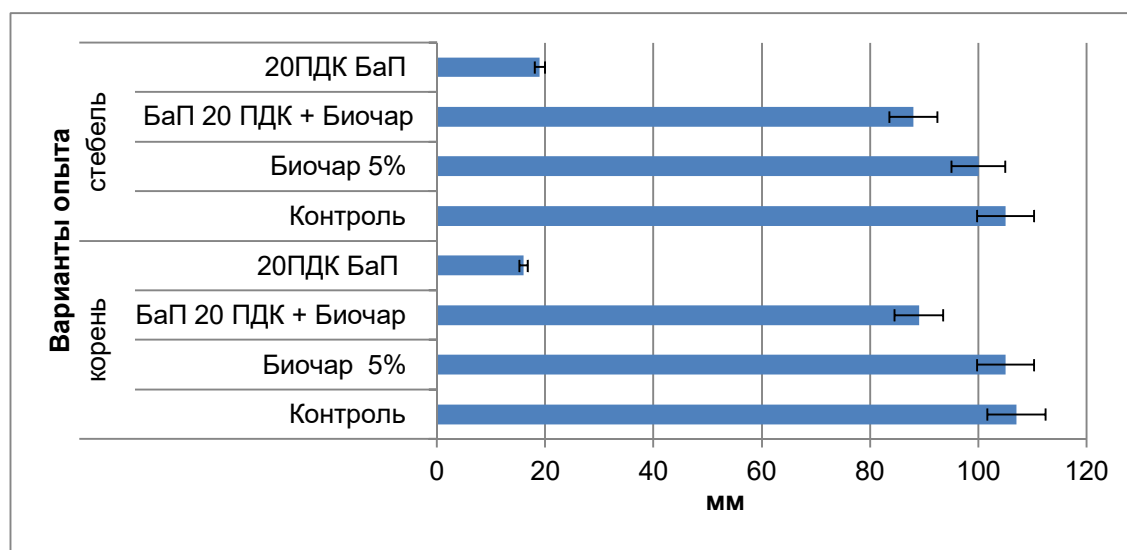


Рисунок 1 – Длина корней и стеблей ячменя

Всхожесть и энергия прорастания семян в контрольном образце и образце с внесением биочара соответствовали 100%. Содержание в почве 20 ПДК БаП приводит к снижению всхожести семян до 60%, а энергии прорастания семян до 87%. Внесение биочара в загрязненную почву способствует увеличению всхожести семян ячменя до 87% и энергии прорастания до 100%.

Класс токсичности снижается с внесением сорбента в загрязненную почву, о чем свидетельствуют индексы токсичности факторов: всхожесть, энергия прорастания, длина корня и стебля. Результаты вычислений представлены в таблице 1.

Таким образом, загрязнение чернозема 20 ПДК БаП приводит к существенному снижению длины корней и стеблей, а также посевных качеств семян ячменя ярового. Внесение 5% биочара снизило токсичный эффект БаП на тест-культуру, что выражается в снижении класса токсичности почвы.

Таблица 1 – Класс токсичности почвы

Варианты опыта	Всхожесть	Энергия прорастания	Длина корня	Длина стебля	Класс токсичности
контроль + биочар	1,00	1,00	1,00	0,95	V норма
биочар + 20 ПДК БаП	0,87	1,00	0,83	0,84	V норма
20 ПДК БаП	0,60	0,87	0,15	0,18	II высокая

Список использованных источников

1. Montanarella L., Badraoui M., Chude V., Costa B., Dos Santos I., Mamo T., Vijarnsorn P. Status of the World's Soil Resources Main report. FAO, 2015. P. 334-338.
2. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2018 году» - Ростов-на-Дону.: Администрация Ростовской области, Комитет по охране окружающей среды и природных ресурсов, - 2019. – С. 209-211.
3. <http://old.donland.ru/?pageid=85868> Отраслевая структура экономики Ростовской области. 19.02.2020
4. Mandzhieva S.S., Minkina T.M., Chaplygin V.A., Motuzova G.V., Sushkova S.N., Bauer T.V., Nevidomskaya D.G. Plant contamination by heavy metals in the impact zone of Novocherkassk Power Station in the south of Russia // Journal of soils and sediments. – 2016. – Vol. 16(4). – P. 1383-1391. DOI 10.1007/s11368-015-1098-2
5. Sushkova S.N., Batukaev A.A., Minkina T.M., Antonenko E.M., Dudnikova T.S., Bauer, T.V., Shportun I.G. Novocherkassk Power Station emissions effect on PAHs accumulation in the adjoining soil // Geophysical Research Abstracts. – 2019. - Vol. 21. P. 1.
6. Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. Soil pollution: a hidden reality. FAO, 2018. P. 47-51
7. Jiang X., Qiu L., Zhao H., Song Q., Zhou H., Han Q., & Diao X. Transcriptomic responses of *Perna viridis* embryo to Benzo(a)pyrene exposure elucidated by RNA sequencing // Chemosphere. – 2016. – Vol. 163. P. 125-132. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.07.091>
8. СанПиН 2.1.7.1287-03 Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы – Введ. 2003-15-06. Постановление Главного государственного врача РФ от 25.04.2007 № 20
9. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. С 10.
10. Ali A., Guo D., Zhang Y., Sun X., Jiang S., Guo Z., Zhang Z. Using bamboo biochar with compost for the stabilization and phytotoxicity reduction of heavy metals in mine-contaminated soils of China // Scientific reports. – 2017. – Vol. 7(1). – P. 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03045-9>
11. Meier S., Curaqueo G., Khan N., Bolan N., Cea M., Eugenia G. M., ... & Borie F. Chicken-manure-derived biochar reduced bioavailability of copper in a contaminated soil // Journal of Soils and Sediments. – 2017. – Vol. 17(3). – P. 741-750. <https://doi.org/10.1007/s11368-015-1256-6>
12. Zhu X., Wang Y., Zhang Y., & Chen B. Reduced bioavailability and plant uptake of polycyclic aromatic hydrocarbons from soil slurry amended with biochars pyrolyzed under various temperatures // Environmental Science and Pollution Research. – 2018. – Vol. 25(17). – P. 16991-17001. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1874-9>
13. ГОСТ Р ИСО 22030М2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. – М. Издательство стандартов, 2009. – 20 с.
14. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (с Изменениями N 1, 2). – М. Издательство стандартов, 1984. – 10 с.
15. ГОСТ 10968-88. Зерно. Методы определения энергии прорастания и способности прорастания – Введ. 1988–09–12. – М.: Стандартинформ, 2009. – 4 с.
16. 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.
- Корнеев А. А., Кричевец, А. Н. Условия применимости критериев Стьюдента и Манна-Уитни // Психологический журнал. – 2011. - №32(1). С. 97-110.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Гранта Президента МК-2973.2019.4.