

**ЭФФЕКТ КОМПЛЕКСНОГО ВНЕСЕНИЯ СОРБЕНТОВ В ЗАГРЯЗНЕННУЮ ПОЧВУ
НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО**

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

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Бенз(а)пирен (БаП) – представитель широко распространённых химических загрязнителей окружающей среды [1]. Данный поллютант рекомендуют к нормированию международное агентство по исследованию рака [2], агентство по охране окружающей среды США [3] и СанПин [4]. Предельно допустимая концентрация БаП в почве, согласно [5], составляет 20 нг/г. Загрязнение почв, а также сельскохозяйственной и естественной растительности БаП установлено для территорий, подверженных влиянию промышленных предприятий [6, 7], что создает необходимость в разработке приемов рекультивации почв. Использование сорбентов является одним из основных приемов ремедиации почв загрязненных полиаренами. В целом эффект от внесения углеродистых сорбентов заключается в снижении биодоступности полиаренов за счет хемосорбции [8]. Минеральный сорбент диатомит также обладает сорбционным потенциалом к неполярным органическим поллютантам [9], однако его основная функция, как мелиоранта, состоит в создании благоприятных условий для развития специфической микробиоты способной к деструкции ксенобиотиков, в том числе БаП [10].

Цель работы – оценить влияние комплексного внесения сорбентов в загрязненную БаП почву на рост и развитие тест-культуры – ячменя ярового в условиях модельного эксперимента

Почва для опыта представляла собой чернозем обыкновенный, отобранный с особо охраняемой природной территории «Персиановская заповедная степь», со следующими свойствами: содержание физической глины – 48,1 %, ила – 28,6 %, С орг – 3,7 %, pH – 7,5, ЕКО – 36 мМ/100. Полиэтиленовые сосуды объемом 4 л, заполнили почвой, просеянной через сито 2 мм. Вес почвы в сосудах составил 2 кг. Почву модельного эксперимента искусственно загрязняли БаП. Раствор поллютанта в ацетонитриле вносили на поверхность почвы. Схема опыта включала следующие варианты: контроль (исходная почва без загрязнителя), контроль с добавлением 4 % ГАУ от массы почвы, контроль с добавлением смеси ГАУ (4 % от массы почвы) и диатомита (1 % от массы почвы), а также варианты с внесением сорбентов в загрязнении 50 ПДК БаП почвы. Внесенная доза поллютанта соответствует его содержанию в почвах территории бывшего накопителя жидких промышленных стоков [11]. Выбор оптимальных доз внесения сорбентов основан на работах [12, 13]. Для лучшего взаимодействия с внесённым БаП почву постоянно увлажняли до состояния наименьшей полевой влагоёмкости. Инкубация проведена в условиях близких к естественным. Через 1 месяц после начала инкубации сосуды засеивали тест-культурой. В качестве тест-культуры использовали ячмень яровой сорта «Ратник». Высев растений произвели в количестве 20 зерен на сосуд. Полив осуществляли дистиллированной водой по рассчитанной норме полива для ячменя на заданный объем почвы. Соблюдали равные условия освещенности всех вариантов модельного эксперимента.

По достижению фазы выхода в трубку произвели отбор проб растений, измерили длину корня и высоту стебля ячменя. Экстракция ПАУ из образцов проводилась методом омыления, где мешающая фракция почвенных липидов была удалена с помощью кипячения образца 2-% спиртовом растворе гидроксида калия с последующей трехкратной экстракцией образца гексаном [14]. Экстракт БаП в гексане помещали в круглодонную колбу на 100 мл и выпаривали на роторном испарителе. Оставшийся осадок в колбе растворяли в 1 мл ацетонитрила и переносили растворенный в ацетонитриле БаП в виалы. Концентрацию БаП в растворе ацетонитрила определяли с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Agilent 1260 с флуориметрическим детектированием не позднее трёх суток с момента переноса концентрата БаП в виалу. Обработку результатов массовой концентраций БаП в пробе выполнили с помощью компьютера в соответствии с градуировочной характеристикой с учетом концентрирования и потерь при пробоподготовке.

На незагрязненной почве содержание БаП в корне ячменя отмечено на уровне 2,7 нг/г., а длина корня при этом составила 38,7 см. Внесение 50 ПДК БаП в почву приводит к повышению содержания поллютанта в корневой части растения более чем в 30 раз. С увеличением содержания БаП в корне уменьшается длина корней растений в 2 раза. Внесение 4 % ГАУ в загрязнённую почву способствует снижению содержания поллютанта в корневой части ячменя в 1,6 раз, а совместно с 1 % диатомита в 2,7 раз по сравнению с растениями без внесения сорбентов. При этом длина корней растения увеличивается в 1,3–1,4 раза (рис. 1).

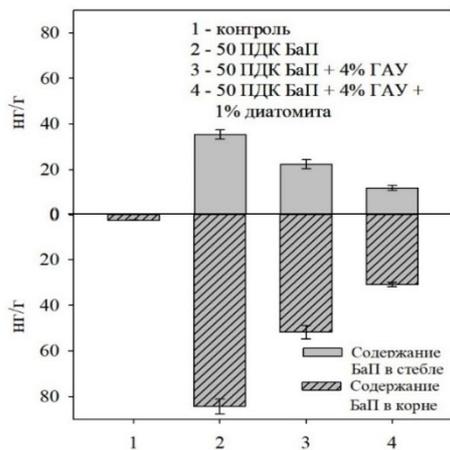


Рисунок 1. Содержание БАП в различных частях ячменя ярового в различных вариантах опыта

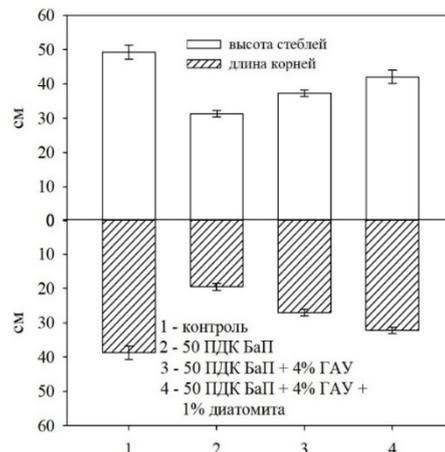


Рисунок 2. Высота стебля и длина корня ячменя в различных вариантах опыта

В стеблевой части растения БАП накапливается в меньшей степени, чем в корнях. На незагрязненной почве в стеблях ячменя содержание БАП составило 0,5 нг/г, а длина стебля достигала 49,3 см. При загрязнении почвы 50 ПДК БАП содержание поллютанта в стеблях ячменя стало выше в 70 раз, а высота стеблей снизилась в 1,7 раз. Внесение 4 % ГАУ в загрязненную почву способствует уменьшению содержания БАП в стебле в 1,6 раз по сравнению при этом увеличивая высоту стеблевой части в 1,2 раза, а при внесении смеси 4 % ГАУ с 1 % диатомита содержание поллютанта в надземной части снижается в 2,7 раза, что увеличивает высоту надземной части ячменя в 1,3 раза (рис. 2).

Содержание БАП в корнях ячменя выше, чем в стеблевой части. Внесение 4 % ГАУ в почву загрязненную 50 ПДК БАП снижает содержание поллютанта в корневой и стеблевой частях растения, что позволяет, что способствует увеличению длины корня и высоты стебля ячменя. Совместное внесение 4 % ГАУ и 1 % диатомита более эффективно, что сказывается на содержании БАП в корневой и надземной части ячменя, и соответственно на размере растения. Несмотря на положительный эффект от внесения сорбентов, размер растений остается ниже, чем в контрольном варианте.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ 19–29–05265 мк

ЛИТЕРАТУРА

1. Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева, Т.А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. Гидрометеиздат. Л. – 1988. – 20 с.
2. International Agency for Research on Cancer. (2016). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: list of classifications, volumes 1–116. International Agency for Research on Cancer (IARC). Lyon, France.
3. Office of the Federal Registration (OFR) Appendix A: priority pollutants. Fed Reg. 1982; 47:52309.
4. СанПиН 1.2.2353–08 Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности. Постановление главного государственного врача РФ от 21 апреля 2008 г. № 27
5. ГН 2.1.7.2041–06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве
6. Idowu O., et al. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their polar derivatives in soils of an industrial heritage city of Australia // Science of The Total Environment. 2020. Vol. 699. P. 134303.
7. Gabov D.N., Yakovleva Y.V., Vasilevich R.S., Kuznetsov O.L., Beznosikov V.A. (2019). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Peat Mounds of the Permafrost Zone // Eurasian Soil Science. – 2019. – Vol. 52(9), 1038–1050.
8. Ravenni G., et al. Activity of chars and activated carbons for removal and decomposition of tar model compounds—A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – Vol.94. – 2018. – P. 1044–1056.
9. Achten C., Cheng S., Straub K.L., Hofmann T. The lack of microbial degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons from coal-rich soils // Environmental pollution. – 2011. – Vol.159(2). – P 623–629. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.09.035>
10. Sigmund G., et al. Influence of compost and biochar on microbial communities and the sorption/degradation of PAHs and NSO-substituted PAHs in contaminated soils // Journal of hazardous materials. – 2018. – Vol. 345. – P. 107–113.
11. Sushkova S. et al. PAHs accumulation in soil-plant system of Phragmites australis Cav. in soil under long-term chemical contamination // Eurasian journal of Soil Science. – 2020. – Vol 9(3). – P. 242–253
12. Васильева Г.К., Зиннатшина Л.В., Ахметов Л.И., Сушкова, С.Н. Биорекультивация загрязненных углеводородами нефти почв с использованием метода сорбционной биоремедиации // Сборник научных трудов по материалам конф. «Отходы, причины их образования и перспективы использования. – 26–27 марта. – 2019. – С. 345–348.
13. Васильева Г.К., и др. Метод сорбционно-биологической очистки почв от органических загрязнителей // Сборник материалов конференции «Почвенные ресурсы Сибири: вызовы XXI века. – 4–8 декабря. – 2017. – С. 22–27.
14. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.62–09 Количественный химический анализ почв // Методика выполнения измерений массовых долей полициклических ароматических углеводородов в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах производства и потребления методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Стандартинформ. М. – 2009. 11 с