БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ И МЕХАНИЗМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Biological effects and mechanisms of influence of high dispersed metallurgical waste on morphological, physiological and biochemical parameters of crops

Астафурова Т.П., Зотикова А.П., Михайлова С.И., Буренина А.А.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия; zotik.05@mail.ru

Технологии ремедиации окружающей среды при помощи растений вызывают все больший интерес и приобретают все большее практическое значение. Однако данные о взаимодействии растений с гетерогенными многокомпонентными веществами (металлургическими шламами) практически отсутствуют. Цель данной работы состояла в изучении влияния высокодисперсных металлургических отходов на морфологические и физиолого-биохимические параметры ряда сельскохозяйственных культур в начальные стадии онтогенеза. Исследованный шлам из шламонакопителей Череповецкого металлургического комбината имел в своем составе следующие высокодисперсные элементы: железо – от 50 до 55, кремний – около 8, кальций – более 4, цинк – более 4, алюминий – более 2, сера – более 2 масс. % и др. Растения выращивали в климатической камере при постоянной температуре 22–23°С и освещенности 150 Вт/м^2 до 10–30 дневного возраста и затем выполняли запланированные измерения. Были измерены следующие параметры: высота растений, длина корня, масса надземной и подземной части, объем корневой системы, содержание фотосинтетических пигментов, редуцирующих сахаров, флавоноидов и пролина в листьях, интенсивность фотосинтеза и транспирации, аккумуляция наночастиц. Выраженность биохимических и морфологических изменений у исследуемых растений под воздействием органоминеральных высокодисперсных шламовых образований металлургии зависела от способа выращивания (на водной среде или почве), от стадии онтогенеза и вида растений. Зернобобовые и технические культуры были менее чувствительны, чем зерновые. Исследование 15 видов растений показало видоспецифичность биологических эффектов при воздействии шламов. Наиболее индифферентными к внесению шламов в почву были соя и подсолнечник. Угнетающее действие исследованные шламы оказывали на ячмень яровой, томаты, горчицу. У овса пленчатого обнаружены стимулирующие эффекты воздействия верхней фракции шламов на большинство исследованных показателей. Так, если у 7–дневных растений овса под влиянием 1% и 10% концентрации верхней фракции шламов снижалось содержание фотосинтетических пигментов и интенсивность фотосинтеза, то к 14–дневному возрасту угнетающее воздействие компонентов шлама уже не наблюдалось, наоборот содержание хлорофилла *a* в опытных вариантах было выше на 12–20%, хлорофилла *b* на 15%, а интенсивность фотосинтеза увеличилась в 1,5 раза по сравнению с контролем. Интенсивность транспирации у 7–дневных растений овса снижалась, а к 14–дневному возрасту выравнивалась у контрольных и опытных растений. Однако следует отметить, что накопление компонентов шлама в листьях других растений: фасоли, томатов, огурцов приводило к длительному усилению транспирации и накоплению пролина, что может негативно повлиять на жизнедеятельность растений и привести к их иссушению. Токсичность нативного патологического материала может в дальнейшем проявляться в увядании надземной части и повреждении корневой системы растений, вызывать некрозы, хлорозы, функциональные изменения в пигментных комплексах, уменьшение содержания хлорофилла в тканях.

Видоспецифичность обнаружена также в аккумуляции наночастиц тяжелых металлов железа, цинка и свинца, содержащихся в шламовых отходах металлургии, и их локализации по тканям и органам растений. Содержание тяжелых металлов в органах растений варьировало в зависимости от состава субстрата и продолжительности воздействия. Градиент концентрации железа и цинка в органах растений фасоли менялся в зависимости от продолжительности воздействия от «корень–лист–стебель» в первом сроке (10 дней) до «лист – корень – стебель» во втором сроке (30 дней). При оценке острого токсического эффекта, обусловленного наличием в металлургических отходах тяжелых металлов, на пять морфологических и двух биохимических показателей у овса посевного, огурца и фасоли установлено, что реакция тест – растений была не одинакова, проследить какую либо закономерность оказалось сложно вследствие специфики и разнообразия свойств растительных организмов. Тем не менее, установлены безопасные концентрации и класс опасности исследуемых фракций шламов металлургических отходов, которые для морфологических показателей соответствуют II классу, для биохимических показателей, в частности содержания сахаров, установлен III класс опасности.

Таким образом, наличие в составе металлургических шламов большого количества разнообразных наночастиц существенно изменяет механизмы их взаимодействия с разными растительными организмами и требует специализированных методов анализа как экотоксичности, так и биодоступности высокодисперсных компонентов для разработки способов их биологической утилизации и получения перспективных экономически доступных продуктов.