

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА ГУМЭЛ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ МЫШЬЯКОМ

А.С. Коновалов, М.В. Бутырин, ЦАС «Иркутский»

Проведена оценка токсичности образцов почв из района завода, ранее работавшего с соединениями мышьяка, с использованием методов биотестирования. Проведено сравнение эффективности сорбционно-детоксицирующей способности гуминового препарата ГУМЭЛ и известкового молочка. Показана возможность использования методов биотестирования для контроля токсичности и детоксикации почв, загрязненных солями мышьяка.

Ключевые слова: токсичность почв, мышьяк, ГУМЭЛ, загрязнение окружающей среды.

Загрязнение различными соединениями на основе мышьяка – один из наиболее токсичных видов загрязнения окружающей среды в современном обществе [8].

Соединения мышьяка могут попадать в почву из различных источников (предприятия цветной металлургии, железорудные, химические и сталеплавающие предприятия, тепловые станции, сельское хозяйство). Перенос в виде пылевых облаков вносит дополнительную нагрузку, и является главным источником загрязнений для природных ландшафтов, на которых отсутствует человеческая деятельность. Мышьяк может накапливаться в почве, где он фиксируется на минеральных частицах. Далее он может перейти в почвенный раствор, откуда легко потребляется почвенными организмами и корнями растений или вымывается в грунтовую воду. В этом случае соединения мышьяка загрязняют пищевые цепочки или влияют на качество питьевой воды [5].

Увеличение растворимости соединений мышьяка способствует повышению их токсичности. Первичным механизмом токсичности арсенита считают связывание SH-групп белков, а арсената – торможение окислительного фосфорилирования в результате конкурентных отношений с фосфатом, так что повышенное снабжение фосфором снижает его токсичность. Известно также, что мышьяк взаимодействует с цистеином, глутатионом, липоевой кислотой. Пыль, содержащая ангидрид мышьяковистой кислоты, а также другие соединения мышьяка, попадая в организм через дыхательные пути, действует на ферменты, содержащие сульфгидрильные группы, что тормозит обменные процессы. Некоторые соединения мышьяка оказывают некротизирующее действие. Поступивший в организм мышьяковистый водород проникает в эритроциты, вызывая их гемолиз, что в свою очередь ведет к закупорке почечных канальцев. Мышьяк способен аккумулироваться в организме [2, 3].

Одна из эффективных технологий – использование гуминовых препаратов (ГП) для процесса ремедиации почв, загрязненных солями мышьяка. Донорно-акцепторные и ван-дер-ваальсовы взаимодействия определяют протекторные функции гумусовых кислот в биосфере, благодаря которым они играют важнейшую роль в процессах самоочищения водных и почвенных экосистем [4]. Во многих случаях после связывания гуминовыми веществами токсичных веществ их агрессивный потенциал существенно уменьшается [6, 7].

В районе г. Свирска ряд предприятий привносили в окружающую среду такие экотоксиканты, как соли мышьяка, свинца и кадмия. Ангарский металлургический завод (АМЗ) в 30-х годах XX в. производил мышьякосодежащие вещества. В конце 40-х годов производство было остановлено, а основные фонды брошены без очистки территории от строительных конструкций.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) мышьяка в воде составляет 0,01 мг/дм³, а в почве 2 мг/кг [1]. В ряде мест изучаемого района содержание мышьяка в почве превышает 30 ПДК.

Цель наших исследований – оценить возможность применения гуминового препарата ГУМЭЛ (гумат калия из высокоокисленных бурых углей ОАО «Гумат») для снижения токсичности почв, загрязненных солями мышьяка.

Методика. Для изучения возможности детоксикации загрязненной почвы мышьяком применяли гуминовый препарат ГУМЭЛ в концентрациях 0,1–3 г/дм³.

В качестве тест-объектов использовали семена кресс-салата обыкновенного, а также парамеций (*Paramecium caudatum*). Токсичность водных и почвенных препаратов оценивали по выживаемости инфузорий и по прорастанию семян, а также по длине корней проростков кресс-салата.

Первая методика основана на определении выживаемости парамеций *P. caudatum* при воздействии токсичных веществ, присутствующих в исследуемой водной среде, по сравнению с контролем.

Острое токсическое действие исследуемой пробы на парамеций определяли по их смертности (летальности) за определенный период экспозиции (24 ч). Критерием острой токсичности служила выживаемость 50 % и менее парамеций за 24 ч в исследуемой пробе, при условии, что на контроле выживаемость не ниже 90 %.

Субстратом для прорастания семян кресс-салата был двойной слой фильтровальной бумаги «синяя лента», которую смачивали 5 см³ рабочего раствора. Чашки с пробами помещали в термостат при температуре 31⁰С на 1 сут. Далее вели подсчет проросших семян, и чашки помещали обратно еще на 1 сут. После суточной экспозиции чашки вынимали из термостата и замеряли длину корешков проростков.

Все эксперименты проводили не менее чем в 5 независимых опытах с тремя параллельными измерениями в каждом. Для статистической обработки полученных данных использовали пакет программ MS Excel. Достоверность различия определяли с помощью критерия Стьюдента. Устанавливали средние значения и их стандартные отклонения при $P > 0,95$.

Результаты и их обсуждение. В первой части работы проводили биотестирование по учету смертности простейших образцов почвы с территории АМЗ (табл.):

1. 50 м от огарков, содержащих мышьяк.
2. 100 м от огарков, содержащих мышьяк.
3. 150 м от огарков, содержащих мышьяк.
4. 200 м от огарков, содержащих мышьяк.
5. 3 км от огарков, без мышьяка (контроль).

Количество погибших парамеций (А) в водных вытяжках из проб почвы

| Вариант (проба) | Разведение | А, % | Оценка качества водной среды |
|-----------------|----------------|------|------------------------------|
| № 1 | Без разведения | 100 | Токсична |
| | В 2 раза | 100 | >> |
| | В 4 раза | 100 | >> |
| | В 10 раз | 0 | Не токсична |
| № 2 | Без разведения | 0 | То же |
| № 3 | То же | 0 | >> |
| № 4 | >> | 0 | >> |
| № 5 | >> | 0 | >> |

Кроме того проводили биотестирование образцов почвы с территории АМЗ с использованием метода учета прорастания семян кресс-салата.

Влияние образцов почвы из окрестностей АМЗ, содержащих мышьяк, на прорастание семян кресс-салата (процент прорастания семян по отношению к контролю) показано ниже.

| Степень удаления от источника загрязнения, м | Количество проросших семян, % |
|----------------------------------------------|-------------------------------|
| 50 | 1,2±0,2 |
| 100 | 23,1±5,5 |
| 150 | 25,3±5,7 |
| 200 | 48,1±12,3 |
| 3000 | 97,5±18,1 |

При тестировании образцов почвы из окрестностей АМЗ выявлено, что острой токсичностью обладают образцы, отобранные на расстоянии 50, 100 и 150 м от свалки арсенопиритовых огарков.

Далее провели оценку действия ГП ГУМЭЛ и известкового молочка на токсичность проб почвы из отвалов арсенопиритовых огарков на территории АМЗ.

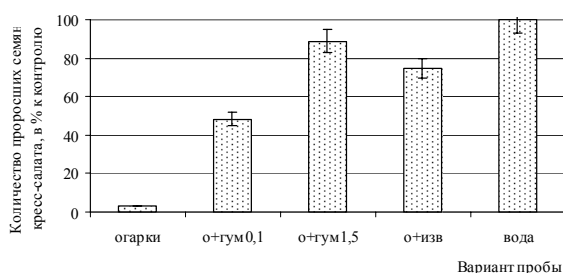


Рис. 1. Влияние различных проб почвы из отвалов арсенопиритовых огарков на прорастание семян кресс-салата

Оценив токсичность проб, взятых из отвалов арсенопиритовых огарков и обработанных ГП ГУМЭЛ и известковым молочком, можно утверждать, что в варианте с концентрацией ГП 1,5 г/дм³ происходила более полная детоксикация субстрата. Известкование также дало хороший результат, однако применение гуминового препарата более приемлемо в связи с положительным влиянием на растения и микрофлору почв, что может гарантировать большую степень ремедиации загрязненных почв.

На тестовой площадке, расположенной на удалении 150 м от свалки арсенопиритовых огарков, также проводили обработку почвы ГП ГУМЭЛ в концентрации 0,5 и 1,5 г/дм³ и известковым молочком. Результаты показаны на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, обработка почвы ГП в концентрации 1,5 г/дм³ была наиболее эффективной в элиминировании токсичности мышьякового загрязнения – количество проросших семян относительно контроля составило 97,4±9,8%.

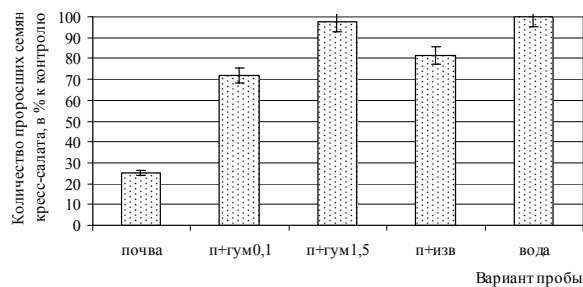


Рис. 2. Влияние различных проб почвы с тестовой площадки на прорастание семян кресс-салата

Степень прорастания семян и учет средней длины корешков проростков кресс-салата позволили установить влияние мышьякового загрязнения на прорастание и рост используемого тест-объекта, а также рассмотреть возможность детоксикации исследуемого вида загрязнения с помощью гуминовых препаратов.

Заключение. Проведена оценка токсичности образцов почв из района завода, ранее работавшего с соединениями мышьяка, с использованием методов биотестирования. Оценена сорбционно-детоксицирующая способность гуминового препарата ГУМЭЛ (ОАО «Гумат») и известкового молочка (10%-ный раствор). Показана возможность использования методов биотестирования для контроля токсичности и детоксикации почв, загрязненных солями мышьяка. Обработка ГП ГУМЭЛ в концентрации 1,5 г/дм³ позволяет элиминировать токсический эффект мышьякового загрязнения более полно, в отличие от известкования.

Литература

1. ГН 2.1.7.2041-06. Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы: Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Москва, 2006.
2. Крамаренко В.Ф. Токсикологическая химия. Киев: Выща шк. Головное изд-во, 1989. - 447 с.
3. Немодрук А.А. Аналитическая химия мышьяка. - М.: Наука, 1976. - 244 с.
4. Орлов Д.С. Гуминовые вещества в биосфере. - М.: Наука, 1993.
5. Ступин Д.Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления. - СПб.: Лань, 2009. - 432 с.
6. Kholodov V.A., Kulikova N.A., Perminova I.V. Detoxifying Ability of Quinonoid-Enriched Humic Acids with Respect to Copper/ Abstract Book of the First International Conference on Humics-based Innovative Technologies "Natural and Synthetic Polyfunctional Compounds and Nanomaterials in Medicine and Biomedical Technologies", November 4-8, 2010, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, P.23.
7. Kulikova N. A., Perminova I. V. Sorption-desorption of atrazine on mineral-bound humic substances related to their structure. Fresenius Environmental Bulletin, 2007, V. 16, 1061-1068
8. Nriagu, J.O., ed. Arsenic in the Environment—Part I: Cycling and Characterization. John Wiley & Sons Inc., New York, 1994.

ASSESSING THE APPLICABILITY OF THE HUMIC PREPARATION GUMEL FOR DECREASING THE TOXICITY OF ARSENIC-CONTAMINATED SOILS

A.S. Konovalov, M.V. Butyrin
Irkutsky Center of Agricultural Service,
ul. Sadovaya 1, Dzerzhinsk, Irkutsk raion, Irkutsk oblast, 665410 Russia

The toxicity of soil samples from the region of plant formerly working with arsenic compounds has been assessed by biotesting methods. The sorption-desorption capacities of the humic preparation GUMEL and lime milk have been compared. The suitability of biotesting methods for the control of soil toxicity and the detoxification of soils contaminated with arsenic compounds has been shown.

Keywords: soil toxicity, arsenic, GUMEL, environmental pollution.