

Таким образом, экологическая эффективность фитоэкстракции тяжёлых металлов из почвы зависит от нескольких экологических факторов (рН), а наличие в почве стимуляторов роста растений повышает эффективность фитоэкстракции, положительно влияя на ее факторы.

Библиографический список

1. Линдиман А.В. Применение янтарной кислоты в процессе фитоэкстракции свинца и кадмия из загрязненных почв/ А.В. Линдиман, Л.В. Шведова, Н.В. Тукумова, А.П. Куприяновская, А.В. Невский // Вестник МИТХТ. 2010. Т. 5, № 5. С. 102–107 .

2. Львова, В.А. Применение ЭДТА, янтарной кислоты в процессе фитоэкстракции никеля и кадмия из загрязнённых почв / В.А. Львова, И.С. Коротченко // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1 (124). – С. 144-149.

3. Ashraf, S. Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils/S. Ashraf, Q. Ali, Z. Ahmad Zahir, S. Ashraf, H. Naeem Asghar // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2019 . – Vol. 174 . – С. 714-727 .

4. Farid, M. Citric acid assisted phytoextraction of chromium by sunflower; morpho-physiological and biochemical alterations in plants/M. Farid, S. Ali, M. Rizwan, Q. Ali, F. Abbas, S. A. H. Bukhari, R. Saeed, L. Wu // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2017 . – Vol. 145. – С. 90-102 .

5. Qin, S. Effects of exogenous spermidine on poplar resistance to leaf and root herbivory as affected by soil cadmium stress/S. Qin, Z. Wu, J. Tang, G. Zhu, G. Chen, L. Chen, H. Lei, X. Wang, T. Zhu, T. Lin // Journal of Environmental Management. – 2021 . – Vol. 288. – № 112467. – с. 9 .

6. Sidhu, G. P. S. Ethylenediamine disuccinic acid enhanced phytoextraction of nickel from contaminated soils using *Coronopus didymus* (L.) Sm/G. P. S. Sidhu, A. S. Bali, H. P. Singh, D. R. Batish, R. K. Kohli // Chemosphere. – 2018 . – Vol. 205. – С. 234–243 .

7. Ghori, Z. Chapter 15 - phytoextraction: the use of plants to remove heavy metals from soil: schoolbook / Z. Ghori, H. Iftikhar, M. F. Bhatti, N. Um. Minullah, I. Sharma, A. G. Kazi, P. Ahmad // book. – India.: Elsevier Inc, 2015. – 619 с.: .

УДК 581.5 : 631.811.98

ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ОПЫТ ПО ТЕСТИРОВАНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ФИТОЭКСТРАКЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ

Одех Ияд, Аспирант кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, eyad.tetan@gmail.com

Морев Дмитрий Владимирович, к.б.н, доцент кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, dmorev@rgau-msha.ru

Габечая Валерия Вячеславовна, Ассистент кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, lera.gabechaya@mail.ru

Аннотация: В статье приводится схема вегетационного опыта, с двумя культурами: горчицей и клецвиной. Схема: контроль (без внесения тяжелых металлов и стимуляторов), 4 вариантов обработки ацетатом свинца на уровне ЗОДК для горчицы и сульфатом цинка на уровне ЗОДК для клецвины с добавками стимуляторов роста растений (нитрилотириуксусная кислота, лимонная кислота, оксиэтилидендифосфоновая кислота) с тестированием экологической эффективности стимуляторов роста растений в процессе фитоэкстракции.

Ключевые слова: экологическая эффективность стимуляторов роста растений, вегетационный опыт, почва, горчица сарептская, клецвина обыкновенная.

Вегетационный опыт в теплице занимает важное место в экологических экспериментах, так как он более контролируем с точки зрения климатических и экологических условий. Растения выращивают в вегетационных опытах, в искусственных условиях - в горшках. Климент Аркадьевич Тимирязев первым начал внедрять ботанический метод в нашей стране. В 1872 году он построил первый в России дом для выращивания растений в Петровской сельскохозяйственной академии. Значение вегетационных опытов состоит в том, что полученные с их помощью результаты позволяют быстрее выявить и понять причины тех явлений, которые невозможно объяснить при выращивании растений в полевых условиях, все условия при постановке вегетационных опытов должны быть однородные, чтобы исключить случайные воздействия на рост и развитие растений при выращивании их в сосудах [1]. Вегетационный домик (от лат. vegetatio – оживление, возбуждение, в дальнейшем — произрастание), здание (павильон) со стеклянными стенами и крышей, хорошо проветриваемое, в котором проводят вегетационные опыты. В вегетационном домике на вагонетках установлены сосуды с растениями.

Проведение вегетационного опыта позволяет изучать: физиологическое действие элементов питания и их поступление в растение, величину реакции среды (рН), уровень полива, отношение различных растений к концентрации питательного раствора, к температуре (морозостойкость), влаге (засухоустойчивость), свету (фотопериодизм), к химическим средствам защиты растений, гербицидам и др [1].

В нашей работе исследуется экологическая эффективность фитоэкстракции при использовании стимуляторов роста растений: Нитрилотириуксусной кислоты [3] и лимонной кислоты [5], которые являются биоразлагаемыми и экологически безопасными. А также

оксиэтилидендифосфоновой кислоты (1-гидроксиэтан-1,1-дифосфоновая кислота), которая широко используется в виде комплексообразователя для переноса тяжёлого металла (микроэлемента) в подвижную биологически активную форму в виде комплексонов (хелатов металлов) [2].

Для закладки опыта использовали пахотный горизонт дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (рис.1), отобранной на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Объектом нашего исследования являются растения горчицы сарептской (*Brássica júncea*) семейство Brassicaceae, которые активно используются фиторемедиаторами из-за их большой способности накапливать тяжелые металлы, что было подтверждено во многих работ [6].

Второй вид: Клещевина обыкновенная (*Ricinus commúnis*) – выбран для этой работы из-за его быстрого роста, высокой продуктивности биомассы и устойчивости к тяжелым металлам [4].



Рис.1 Отбор почвы из пахотного горизонта

Схема опыта:

Первая культура (Горчица сарептская)

1. Контроль + N P K (1:1:1) в виде нитроаммофоски (4,7 г/сосуд)
2. Pb(CH₃COO)₂*3H₂O 3 ОДК + N P K
3. Pb(CH₃COO)₂*3H₂O 3 ОДК + СА 60 + N P K
4. Pb(CH₃COO)₂*3H₂O 3 ОДК + NTA 5 + N P K
5. Pb(CH₃COO)₂*3H₂O 3 ОДК + NTA 5+ СА 60 + N P K

Вторая культура (Клещевина)

6. Контроль + N P K (1:1:1) в виде нитроаммофоски (4,7 г /сосуд)
7. ZnSO₄*7H₂O 3 ОДК + N P K
8. ZnSO₄*7H₂O 3 ОДК + NTA 5 + N P K
9. ZnSO₄*7H₂O 3 ОДК + ОЭДФ 0,70 + N P K
10. ZnSO₄*7H₂O 3 ОДК + ОЭДФ 0,70 + NTA 5 + N P K

- Имеются три биологических повторности.
- Количество сосудов = 10 x 3 = 30.
- Почва по 5 кг при массе абсолютно сухой почвы в сосуде.

Где : Pb 3 ОДК/ Zn 3 ОДК концентрация свинца/ цинка - мг/кг почвы, СА 60 : лимонная кислота при концентрации (60 ммоль/ кг почвы); NTA 5: нитрилотриуксусная кислота при концентрации (5 ммоль/ кг почвы); ОЭДФ: оксиэтилидендифосфоновая кислота при концентрации (0,70 ммоль/кг почвы) .

Нашими ожидаемыми результатами для горчицы и клещевины являются значительное накопление свинца и цинка в корнях и перенос их в стебель и листья, что позволяет достичь желаемой цели – очистить почву от тяжелых металлов.

Библиографический список

1. Особенности закладки вегетационных опытов [Электронный ресурс] //URL: http://www.kgau.ru/distance/agro_02/belousov_oni-110201/01_05.html (Дата обращения: 02.06.2022 г.) .

2. Петров Н.Ю. Фиторемедиация техногенно загрязнённых тяжёлыми металлами светло-каштановых почв южной пригородной агропромзоны г. Волгограда с помощью горчицы сарептской / Н.Ю. Петров, Т.А. Трофимова // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 9 (63) . – С. 64–65.

3. Ashraf, S. Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils / S. Ashraf, Q. Ali, Z. Ahmad Zahir, S. Ashraf, H. Naeem Asghar // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2019 . – Vol. 174 . – С. 714-727 .

4. Bursztyn Fuentes .A. L. Phytoextraction of heavy metals from a multiply contaminated dredged sediment by chicory (*Cichorium intybus* L.) and castor bean (*Ricinus communis* L.) enhanced with EDTA, NTA, and citric acid application / A. L. Bursztyn Fuentes, C. José, A. de los Ríos, L. I. do Carmo, A. F. de Iorio & A. E. Rendina // International Journal of Phytoremediation . – 2018. – VOL. 20 . – С. 1354–1361 .

5. Farid, M. Citric acid assisted phytoextraction of chromium by sunflower; morpho-physiological and biochemical alterations in plants / M. Farid, S. Ali, M. Rizwan, Q. Ali, F. Abbas, S. A. H. Bukhari, R. Saeed, L. Wu // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2017 . – Vol. 145. – С. 90-102 .

6. Vamerali, T. Field crops for phytoremediation of metal-contaminated land . A review / T. Vamerali, M. Bandiera, G. Mosca // Environmental Chemistry Letters . – 2010. – Vol. 8. – С. 1–17.

УДК:502

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРТАТИВНЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ С ТЕХНОЛОГИЕЙ ЮТ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОРОД ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Потапова Владислава Андреевна, магистрант 1 курса Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, potapova@tim-stud.ru

Морев Дмитрий Владимирович, к.б.н., доцент кафедры экологии Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, dmorev@rgau-msha.ru

Ярославцев Алексей Михайлович, к.б.н., доцент кафедры экологии Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н.