

Кирдей Татьяна Александровна,

доцент кафедры агрономии и агробизнеса,
ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА имени Д.К.Беляева,
г. Иваново

Гумусовые кислоты – перспективные эффекторы фитоэкстракции загрязняющих ионов

Аннотация. Фиторемедиация – перспективная технология очистки почвы и воды от химических загрязнителей с использованием растений. Несмотря на то, что существуют свидетельства усиления накопления растениями загрязняющих ионов под влиянием препаратов гумусовых кислот, их эффективность в фиторемедиации практически не исследована. В связи с этим, в модельном вегетационном эксперименте изучали влияние препарата гумусовых кислот торфа (0,005%) на накопление ионов свинца и натрия растениями пшеницы при комплексном действии $Pb(NO_3)_2$ (500 или 1000 мкМ/л) и NaCl (50 или 100 мМ/л). Содержание ионов свинца и натрия в растениях определяли на атомно-абсорбционном спектрометре по общепринятым методикам. В результате проведенных исследований установлено, что препарат гумусовых кислот торфа усиливает накопление ионов свинца и натрия побегами растений как при раздельном, так и при комплексном действии нитрата свинца и хлорида натрия. Однако очевидно, что эффективность гумусовых кислот в качестве эффекторов фитоэкстракции снижается с увеличением концентрации загрязняющих ионов.

Ключевые слова: фиторемедиация, гумусовые кислоты, свинец, натрий, хлорное засоление.

Для очистки почвы и сточных вод с конца прошлого века разрабатываются фиторемедиационные технологии [1, С. 764; 2, С. 15]. С целью повышения фитоэкстракции загрязняющих ионов в настоящее время используют синтетические хелаторы типа ЭДТА [3, С. 369]. В то же время, известно, что интенсив-

СОВРЕМЕННАЯ НАУЧНАЯ МЫСЛЬ

ность поглощения металлов растениями могут усиливать гуминовые вещества [4, С. 207; 5, С. 110]. Наиболее реакционноспособной частью гуминовых веществ являются гумусовые кислоты (ГФК) - гуминовые и фульвокислоты [6, С. 13]. Однако воздействие гумусовых кислот на ремедиационные свойства растений практически не исследовано.

В условиях прогрессирующего роста техногенного загрязнения часто возникает комплексное загрязнение различными загрязняющими ионами. Так, на урбанизированных территориях при использовании противогололедных средств, в зонах солетовалов, при загрязнении тяжелыми металлами засоленных почв наблюдается комплексное действие тяжелых металлов и засоряющих ионов.

В связи с вышеизложенным, целью исследований являлось изучение действия гумусовых кислот торфа [7, С. 1] на накопление загрязняющих ионов растениями пшеницы при комплексном действии свинца и хлоридного засоления. Культурные растения, не являющиеся гипераккумуляторами загрязняющих ионов, могут быть использованы в фиторемедиационных технологиях в связи с высокой скоростью роста.

Растения яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Приокская выращивали на питательном растворе Хогланда [8, С. 347]. На опытных вариантах в питательную смесь добавляли хлорид натрия (50 и 100 ммоль/л), нитрат свинца (500 и 1000 мкМ/л) или их сочетания, а также препарат ГФК торфа (0,005%) в соответствии со схемой опыта. Содержание ионов свинца и натрия в растениях определяли на атомно-абсорбционном спектрометре по общепринятым методикам. Рассчитывали коэффициент фиторемедиационной эффективности ГФК по накоплению ионов металлов в одном растении – определяли соотношение накопления ионов в растениях, выращенных при использовании ГФК и без ГФК. Статистическую обработку результатов проводили при помощи программы Excel с использованием дисперсионного метода анализа.

В результате проведенных исследований установлено, что при комплекс-

СОВРЕМЕННАЯ НАУЧНАЯ МЫСЛЬ

ном действии засоления и свинца возрастает содержание как свинца, так и натрия в растениях пшеницы в сравнении с отдельным действием. Однако накопление свинца в расчете на одно растение снижается в 2-4 раза, натрия – в 7-8 раз в сравнении с отдельным действием, что обусловлено, по-видимому, усилением токсичности совместного действия стрессоров и более низкой массой растений.

Препарат ГФК повысил накопление свинца и натрия побегами растений как при отдельном, так и при комплексном действии нитрата свинца и хлорида натрия в сравнении с вариантами без ГФК (таблица). Однако при увеличении токсичности смеси эффективность препарата ГФК в качестве фактора накопления ионов свинца снижается и в наибольшей степени - при комплексном действии 50 мМ NaCl и 1000 мкМ Pb(NO₃)₂.

Таблица 1

Коэффициент фиторемедиационной эффективности ГФК

Варианты	Pb		Na	
	побеги	корни	побеги	корни
1.ГФК	1.39	1.00	1.02	1.18
2.Pb(NO ₃) ₂ 500мкМ/ NaCl 50 мМ	12.01	0.40	2.80	0.54
3. Pb(NO ₃) ₂ 1000мкМ / NaCl 100 мМ	5.10	0.46	1.12	0.11
4.NaCl ₅₀ +Pb(NO ₃) ₂ 500	6.11	0.73	3.53	1.30
5. NaCl ₁₀₀ + Pb(NO ₃) ₂ 500	5.75	0.88	1.21	-
6. NaCl ₅₀ +Pb(NO ₃) ₂ 1000	1.50	1.79	2.72	17.47

Препарат ГФК повысил накопление натрия побегами растений пшеницы в 1.1-3.5 раза в сравнении с вариантами без ГФК, что обусловлено, вероятно, повышением устойчивости и массы растений в присутствии ГФК. Однако, так же как и в отношении ионов свинца, эффективность ГФК в качестве факторов фитозащиты выше при невысокой токсичности раствора.

Таким образом, препарат гумусовых кислот торфа усиливает накопление ионов свинца и натрия побегами растений как при отдельном, так и при комплексном действии нитрата свинца и хлорида натрия в сравнении с вариантами

СОВРЕМЕННАЯ НАУЧНАЯ МЫСЛЬ

без ГФК. Однако очевидно, что эффективность гумусовых кислот в качестве эффекторов фитоэкстракции снижается с увеличением концентрации загрязняющих ионов.

Список литературы

1. Прасад М.Н. Практическое применение растений для восстановления экосистем, загрязненных металлами// *Физиология растений. Обзор.* – 2003. – Т. 50. – № 5. – С. 764-780.
2. Pilon-Smits E. *Phytoremediation// Annu. Rev. Plant Biol.* – 2005. – V. 56. – P. 15-39.
3. Borggaard O. K. *Experimental assessment of using soluble humic substances for remediation of heavy metal polluted soils/ O. K. Borggaard, H. C. B. Hansen, P. E. Holm, J. K. Jensen, S. B. Rasmussen, N. Sabiene, L. Steponkaite, B. W. Strobel// Soil & Sediment Contamination.* – 2009. – Vol. 18. – № 3. – P. 369-382.
4. Evangelou M. W. H., Daghan H., Schaeffer A. *The influence of humic acids on the phytoextraction of cadmium from soil // Chemosphere.* – 2004. – V. 57. – № 3. – P. 207-213.
5. Курдей Т.А. Влияние гумата на фиторемедиационные свойства пшеницы при возрастающих концентрациях нитрата свинца // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология.* – 2017. – Т. 7. – № 4 (23). – С. 110-115.
6. Stevenson F.J. *Geochemistry of Soil Humic Substances// Humic substances in soil, sediment and water. (Ed. by G.R. Aiken, D.M. McKnight, R.L. Wershaw, P. MacCarthy). N.Y.: John Wiley & Sons.* – 1985. – P.13-52.
7. Способ получения жидких торфяных гуматов: пат. 2310633 Рос. Федерация: МПК C05F11/02, C10F7/00/ Калинин Ю.А., Вашурина И.Ю., Курдей Т.А.; заявитель и патентообладатель ООО Научно-производственная фирма «Недра». № 2006120883/04; заявл. 15.06.2006; опубл. 20.11.2007, Бюл. № 32. - 4 с.
8. Hoagland D. R. *The water culture method for growing plants without soil/ D. R. Hoagland, D. E. Arnon // Calif. Agric. Expt. Stn. Ciro.* – 1950. – P. 347.