

ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ – ЕФЕКТИВНИЙ ШЛЯХ ЗНИЖЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ

Узагальнено досвід використання методів вилучення важких металів за допомогою фітореємедіації. Показано, що рухомість важких металів значно зростає при введенні фітоекстракторів органічної природи.

Ключові слова: важкі метали, рослини-гіперакумулятори, фітореємедіація, фітоекстрактори.

Обобщен опыт использования методов извлечения тяжелых металлов при помощи фитореємедіації. Показано, что подвижность тяжелых металлов значительно возрастает при введении фитоекстракторов органической природы.

Ключевые слова: тяжелые металлы, растения-гиперакумуляторы, фитореємедіація, фитоекстракторы.

It is generalized experiment of using of methods of extract of heavy metals by means of phytoreємедіації. It is shown that mobility of heavy metals considerable increase under application of phytoextractors of organic nature.

Key words: heavy metals, plant-hyperaccumulators, phytoreємедіації, phytoextractors.

Одними з найбільш небезпечних для здоров'я людини і тварин забруднювачами природного середовища є важкі метали. Вони не розкладаються в навколишньому середовищі та акумулюються в тканинах живих організмів. Проникаючи, наприклад, у рослини, важкі метали можуть негативно впливати на процеси метаболізму, що, врешті-решт, приводить до зменшення врожаю та загрози забруднення токсикантами наступних ланок харчового ланцюга [1]. В літературі представлено різноманітні роботи щодо негативного впливу важких металів. Водночас недостатньо висвітлені питання, присвячені заходам зменшення вмісту важких металів у ґрунтах. Перспективним напрямком цієї роботи є фітореємедіація – набір екологічних технологій, основаних на використанні рослин та асоціативних з ними мікроорганізмів для очищення ділянок, забруднених важкими металами, радіонуклідами, пестицидами тощо. Фітореємедіаційні технології інтенсивно розвиваються в усьому світі, водночас на Україні фітореємедіація перебуває на початковій стадії розвитку.

Метою роботи є узагальнення досвіду використання методів фітореємедіації на сучасному етапі розвитку науки.

Початково фітореємедіація як метод знешкодження ґрунтів була розроблена для усунення забруднень важкими металами. Було встановлено, що деякі види рослин здатні не тільки витримувати наявність, але й поглинати та накопичувати більше іонів свинцю, ртуті, цинку та інших токсичних

металів, ніж інші рослини [2]. Це відкриття дозволило зробити висновок: для очищення ґрунтів необхідно лише засіяти ґрунти певними рослинами, в кінці сезону зібрати «врожай» важких металів і вивезти його на спеціально призначене місце для вилучення металів або їх знешкодження. В основі розглянутої технології лежить природний процес біологічного кругообігу, складовими частинами якого є культивування рослин-акумуляторів, покращення властивостей ґрунтів та їх захист від ерозії. Фітореємедіація має ряд переваг перед фізичними методами реємедіації: може використовуватися на великих площах, значно дешевша, не вимагає спеціального обладнання, сприяє збереженню та покращенню навколишнього середовища, тому що пов'язана із вирощуванням рослин та покращенням стану ґрунтів. Серед рослин-гіперакумуляторів високою поглинальною здатністю важких металів відрізняються гірчиця сарептська та овес польовий. На прикладі зазначених рослин у роботі [1] розглянуто міграційну здатність плумбуму та кадмію в системі «ґрунт – рослина». Досліди були проведені в польових та лабораторних умовах. На основі отриманих експериментальних даних розраховані показники впливу важких металів на рослини: фітотоксичний ефект – рівень зниження біомаси рослин, що виростили на забрудненому ґрунті, щодо біомаси рослин, які виростили на умовно чистому ґрунті; показник фітотоксичності – накопичення важких металів у рослині під час зниження її

біологічної маси; коефіцієнт біологічного поглинання – міграційна здатність металів із ґрунтів у рослини. Встановлено, що свинець і кадмій (60-65 %) нагромаджуються переважно в наземній частині рослин. Ступінь вилучення з ґрунтів свинцю та кадмію залежить від складу ґрунтів і зростає в напрямку: важкосуглинкові < середньо-суглинкові < легкосуглинкові ґрунти.

З метою біологічного очищення ґрунтів, використовують гречку та кормові боби, що характеризуються високим виносом міді, нікелю, цинку, кобальту, свинцю та кадмію [3]. В роботі [4] запропоновано спосіб використання бобових трав на забруднених важкими металами ґрунтах. Спосіб включає висів рослин, що акумулюють важкі метали з ґрунту, їх скошування. У рік висіву у фазу утворення стебла визначають уміст важких металів у зеленій масі. При зниженні в цю фазу гранично допустимої концентрації менше ніж удвічі, біомасу трав залишають до фази цвітіння для використання на корм.

У [5] показано, що війник наземний доцільно використовувати для відновлення полігонів твердих побутових відходів. Зазначена рослина відрізняється максимальною акумуляцією важких металів, зокрема нікелю. В листках війника вміст нікелю досягає 703 мг/кг, у коренях – 346 мг/кг сухої маси. Висока продуктивність війника (15 ц/га) сприяла виносу рухомих форм важких металів з твердих побутових відходів і підтриманню концентрації металів у ґрунтах на рівні 5-10 разів менше від порогової.

Вилучення важких металів кадмію, купруму, цинку з ґрунтів за допомогою рапсу вивчено в Італії [6]. Встановлено, що внесення цих металів у ґрунт у кількостях 50,500,600 м/кг не приводить до певних ознак пригнічення рослин. Винос важких металів зростає з наступною акумуляцією в наземних органах. З метою фітореємедіації рекомендовано використовувати рапс для видалення кадмію та цинку на забруднених ділянках земель.

Для підвищення ефективності фітореємедіації пропонується використовувати наступні речовини: поліцукрид хітозан, етилендіамінтетраацетатну, бурштинову [2], гідроксietiлiдендифосфонову кислоти, що збільшують рухомість важких металів та прискорюють їх надходження в рослини. Міграційна здатність важких металів зумовлена їх

здатністю до адсорбції на ґрунтових органо-мінеральних сполуках. Вивчення адсорбційних характеристик ґрунтових мінералів є важливим для розуміння механізмів фітореємедіації через те, що адсорбція на ґрунтовій основі веде до концентрації важких металів, тоді як утворення більш міцних комплексів з несорбованою частиною органічної речовини сприяє зростанню міграційної здатності металів і тим самим полегшує їх перехід у кореневі системи рослин. Останнє використовують при фітореємедіації Високий винос цинку зі світло-каштанових ґрунтів гірчицею сарептською встановлено в [7]. Показано, що вилучення цинку значно покращується при внесенні фітоекстрактора гідроксietiлiдендифосфонової кислоти. Так при збільшенні дози гідроксietiлiдендифосфонової кислоти від 0,175 моль/кг до 0,70 моль/кг коефіцієнт концентрації цинку (відношення вмісту металу в рослині гірчиці сарептській і ґрунті) зростає від 0,26 до 2,48 разів [7].

Одночасно з практичним значенням фітореємедіації (очищення ґрунтів за рахунок виносу важких металів) обговорюється механізм токсичної дії сполук важких металів на живі організми. Згідно з уявленнями авторів [3], важкі метали реагують із функціональними групами ферментних і мембранних білків рослин, насамперед сульфідними, амініними, карбоксильними, наприклад, за схемою: $Me^{2+} + 2HS-R \rightarrow 2Me-S-R + 2H^+$. Такі взаємодії змінюють конформацію білкових молекул, що порушує їх ферментну та транспортну активність. Висока хімічна спорідненість переважної більшості важких металів до зазначених функціональних груп сприяє нагромадженню токсикантів у рослинних організмах.

Таким чином, основними задачами фітореємедіації на сучасному етапі розвитку науки є добір рослин-гіперакумуляторів важких металів з метою їх вилучення із забруднених ділянок, вивчення механізму дії фітоекстракторів, виявлення територій з підвищеним вмістом важких металів, що можуть бути очищені за допомогою прогресивної біотехнології. Перспективним напрямком розвитку фітореємедіації є створення на основі методів генної інженерії рослин, здатних більшою мірою, ніж відомі на теперішній час види рослин, концентрувати важкі метали.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Линдиман А. В.* Процессы миграции свинца и кадмия в системе «почва – растение»: дисс. на соискание ученой степени кандидата химических наук: спец. 03.00.16 «Экология» / Линдиман Анастасия Васильевна. – Иваново, 2009. – 138 с.
2. *Dushenkov S. M.* Phytoremediation: a novel approach to an old problem / Dushenkov S. M., Kapulniv Y., Blaylock M. // *Global Environmental Biotechnology* Ed. Wise D. Y. Amsterdam: Elsevier Science B. V. – 1997 – P. 563–572.
3. *Ильинский А. В.* Биологическая очистка почв, загрязненных тяжелыми металлами / А. В. Ильинский // *Агротех. вестник*. – 2003. – № 5 – С. 30–32.
4. Пат. 2222930 Российская Федерация, МПК А0167/00 / Бекузарова С. А., Шабанова И. А.; заявитель и патентообладатель: Горск. Гос. аграрн. ун-т. – № 2000132179/12; заявл. 21.12.00; опубл. 10.02.04. Бюл. № 4.
5. *Маджугина Ю. Г.* Растения полигонов захоронения бытовых отходов мегаполисов как перспективные виды для фитореємедіації / Маджугина Ю. Г., Кузнецов В. В., Шевякова Н. М. // *Физиология растений*. – 2008. – № 3(55) – С. 453–463.
6. Capacity of Brassica napus to accumulate cadmium zinc and copper from soil / [Rocci G., Figliolia A., Socciarelli S., Pennelli B.] // *Acta biotechnol.* – 2002. – V. 22, № 1–2 – P. 133–140.

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

Рецензенты: Ющишина А. М.,
Чорний С. Г., д.с.-г.н., професор.

© Гирля Л. М., 2011

Стаття надійшла до редколегії 05.03.2011 р.