

CÔNG NGHỆ XỬ LÝ KIM LOẠI NẶNG TRONG ĐẤT BẰNG THỰC VẬT - HƯỚNG TIẾP CẬN VÀ TRIỂN VỌNG

PHYTOREMEDIATION OF HEAVY METAL CONTAMINATED SOILS: APPROACHES AND PERSPECTIVES

VÕ VĂN MINH – VÕ CHÂU TUẤN

Trường Đại học Sư phạm, Đại học Đà Nẵng

TÓM TẮT

Hiện nay, vấn đề ô nhiễm kim loại nặng trong đất đang diễn ra phổ biến ở nhiều nơi trên Thế giới. Có rất nhiều phương pháp khác nhau được sử dụng để xử lý kim loại nặng trong đất. Tuy nhiên, gần đây phương pháp sử dụng thực vật để xử lý kim loại nặng trong đất được các nhà khoa học quan tâm đặc biệt bởi chi phí đầu tư thấp, an toàn và thân thiện với môi trường. Bài viết này tập trung giới thiệu các loại thực vật siêu hấp thụ kim loại nặng trong đất cũng như triển vọng của công nghệ xử lý môi trường mới này.

ABSTRACT

Today, contamination of soil by heavy metal is occurring all over the world. There are many methods to treat heavy metal in soils. However, phytoremediation for heavy metal in soils has recently emerged as a cheap, safe and environmentally friendly technique. This paper focuses on metal hyperaccumulator plants and their potential use in this new technology.

1. Giới thiệu

Làm sạch đất ô nhiễm là một quá trình đòi hỏi công nghệ phức tạp và vốn đầu tư cao. Để xử lý đất ô nhiễm người ta thường sử dụng các phương pháp truyền thống như: rửa đất; cố định các chất ô nhiễm bằng hoá học hoặc vật lý; xử lý nhiệt; trao đổi ion, ôxi hoá hoặc khử các chất ô nhiễm; đào đất bị ô nhiễm để chuyên đi đến những nơi chôn lấp thích hợp,... Hầu hết các phương pháp đó rất tốn kém về kinh phí, giới hạn về kỹ thuật và hạn chế về diện tích,... Gần đây, nhờ những hiểu biết về cơ chế hấp thụ, chuyển hoá, chống chịu và loại bỏ kim loại nặng của một số loài thực vật, người ta đã bắt đầu chú ý đến khả năng sử dụng thực vật để xử lý môi trường như một công nghệ môi trường đặc biệt. Khả năng làm sạch môi trường của thực vật đã được biết từ thế kỷ XVIII bằng các thí nghiệm của Joseph Priestley, Antoine Lavoissier, Karl Scheele và Jan Ingenhousz. Tuy nhiên, mãi đến những năm 1990 phương pháp này mới được nhắc đến như một loại công nghệ mới dùng để xử lý môi trường đất và nước bị ô nhiễm bởi các kim loại, các hợp chất hữu cơ, thuốc súng và các chất phóng xạ. Tuy nhiên, trong khuôn khổ của bài viết này chúng tôi chỉ tập trung giới thiệu về khả năng xử lý các kim loại nặng trong đất bởi một số loài thực vật.

2. Công nghệ xử lý kim loại nặng trong đất bằng thực vật

Thực vật có nhiều cách phản ứng khác nhau đối với sự có mặt của các ion kim loại trong môi trường. Hầu hết, các loài thực vật rất nhạy cảm với sự có mặt của các ion kim loại, thậm chí ở nồng độ rất thấp. Tuy nhiên, vẫn có một số loài thực vật không chỉ có khả năng sống được trong môi trường bị ô nhiễm bởi các kim loại độc hại mà còn có khả năng hấp thụ và tích các kim loại này trong các bộ phận khác nhau của chúng[1].

Trong thực tế, công nghệ xử lý ô nhiễm bằng thực vật đòi hỏi phải đáp ứng một số điều kiện cơ bản như dễ trồng, có khả năng vận chuyển các chất ô nhiễm từ đất lên thân nhanh, chống chịu được với nồng độ các chất ô nhiễm cao và cho sinh khối nhanh [1,3,6]. Tuy nhiên, hầu hết các loài thực vật có khả năng tích lũy KLN cao là những loài phát triển chậm và có sinh khối thấp, trong khi các thực vật cho sinh khối nhanh thường rất nhạy cảm với môi trường có nồng độ kim loại cao.

Xử lý KLN trong đất bằng thực vật có thể thực hiện bằng nhiều phương pháp khác nhau phụ thuộc vào từng cơ chế loại bỏ các KLN như:

- Phương pháp làm giảm nồng độ kim loại trong đất bằng cách trồng các loài thực vật có khả năng tích lũy kim loại cao trong thân. Các loài thực vật này phải kết hợp được 2 yếu tố là có thể tích lũy kim loại trong thân và cho sinh khối cao. Có rất nhiều loài đáp ứng được điều kiện thứ nhất (bảng 1), nhưng không đáp ứng được điều kiện thứ hai. Vì vậy, các loài có khả năng tích lũy thấp nhưng cho sinh khối cao cũng rất cần thiết (bảng 2). Khi thu hoạch các loài thực vật này thì các chất ô nhiễm cũng được loại bỏ ra khỏi đất và các kim loại quý hiếm như Ni, Tl, Au,... có thể được chiết tách ra khỏi cây.

- Phương pháp sử dụng thực vật để cố định kim loại trong đất hoặc bùn bởi sự hấp thụ của rễ hoặc kết tủa trong vùng rễ. Quá trình này làm giảm khả năng linh động của kim loại, ngăn chặn ô nhiễm nước ngầm và làm giảm hàm lượng kim loại khuếch tán vào trong các chuỗi thức ăn.

Bảng 1. Một số loài thực vật có khả năng tích lũy kim loại nặng cao [1]

Tên loài	Nồng độ kim loại tích lũy trong thân ($\mu\text{g/g}$ trọng lượng khô)	Tác giả và năm công bố
<i>Arabidopsis halleri</i> (<i>Cardaminopsis halleri</i>)	13.600 Zn	Ernst, 1968
<i>Thlaspi caerulescens</i>	10.300 Zn	Ernst, 1982
<i>Thlaspi caerulescens</i>	12.000 Cd	Máximo et al, 1992
<i>Thlaspi rotundifolium</i>	8.200 Pb	Reeves & Brooks, 1983
<i>Minuartia verna</i>	11.000 Pb	Ernst, 1974
<i>Thlaspi geosingense</i>	12.000 Ni	Reeves & Brooks, 1983
<i>Alyssum bertholonii</i>	13.400 Ni	Brooks & Radford, 1978
<i>Alyssum pintodasilvae</i>	9.000 Ni	Brooks & Radford, 1978
<i>Berkheya codii</i>	11.600 Ni	Brooks, 1998
<i>Psychotria douarrei</i>	47.500 Ni	Baker et al., 1985
<i>Miconia lutescens</i>	6.800 Al	Bech et al., 1997
<i>Melastoma malabathricum</i>	10.000 Al	Watanabe et al., 1998

Trong những năm gần đây, người ta quan tâm rất nhiều về công nghệ sử dụng thực vật để xử lý môi trường bởi nhiều lý do: diện tích đất bị ô nhiễm ngày càng tăng, các kiến thức khoa học về cơ chế, chức năng của sinh vật và hệ sinh thái, áp lực của cộng đồng, sự quan tâm về kinh tế và chính trị,... Hai mươi năm trước đây, các nghiên cứu về lĩnh vực này còn rất ít, nhưng ngày nay, nhiều nhà khoa học đặc biệt là ở Mỹ và châu Âu đã có rất nhiều đề tài nghiên cứu cơ bản và ứng dụng công nghệ này như một công nghệ mang tính chất thương mại. Hạn chế của công nghệ này là ở chỗ không thể xem như một công nghệ xử lý tức thời và phổ biến ở mọi nơi. Tuy nhiên, chiến lược phát triển các chương trình nghiên cứu cơ bản có thể cung cấp được các giải pháp xử lý đất một cách thân thiện với môi trường và bền vững. Năm 1998, Cục môi trường Châu Âu (EEA) đánh giá hiệu quả kinh tế của các phương pháp xử lý KLN trong đất bằng phương pháp truyền thống và phương pháp sử dụng thực vật tại 1.400.000 vị trí bị ô nhiễm ở Tây Âu, kết quả cho thấy chi phí trung bình của phương pháp

truyền thông trên 1 hecta đất từ 0,27 đến 1,6 triệu USD, trong khi phương pháp sử dụng thực vật chi phí thấp hơn 10 đến 1000 lần [1].

Bảng 2. Một số loài thực vật cho sinh khối nhanh có thể sử dụng để xử lý kim loại nặng trong đất [1]

Tên loài	Khả năng xử lý	Tác giả và năm công bố
<i>Salix</i>	KLN trong đất, nước	Greger và Landberg, 1999
<i>Populus</i>	Ni trong đất, nước và nước ngầm	Punshon và Adriano, 2003
<i>Brassica napus</i> , <i>B. Juncea</i> , <i>B. nigra</i>	Chất phóng xạ, KLN, Se trong đất	Brown, 1996 và Banuelos et al, 1997
<i>Cannabis sativa</i>	Chất phóng xạ, Cd trong đất	Ostwald, 2000
<i>Helianthus</i>	Pb, Cd trong đất	EPA, 2000 và Elkatib et al., 2001
<i>Typha sp.</i>	Mn, Cu, Se trong nước thải mỏ khoáng sản	Horne, 2000
<i>Phragmites australis</i>	KLN trong chất thải mỏ khoáng sản	Massacci et al., 2001
<i>Glyceria fluitans</i>	KLN trong chất thải mỏ khoáng sản	MacCabe và Otte, 2000
<i>Lemna minor</i>	KLN trong nước	Zayed et al., 1998

3. Các loài thực vật có khả năng hấp thụ kim loại

Có ít nhất 400 loài phân bố trong 45 họ thực vật được biết là có khả năng hấp thụ kim loại [2, 3, 6]. Các loài này là các loài thực vật thân thảo hoặc thân gỗ, có khả năng tích lũy và không có biểu hiện về mặt hình thái khi nồng độ kim loại trong thân cao hơn hàng trăm lần so với các loài bình thường khác. Các loài thực vật này thích nghi một cách đặc biệt với các điều kiện môi trường và khả năng tích lũy hàm lượng kim loại cao có thể góp phần ngăn cản các loài sâu bọ và sự nhiễm nấm [1].

Có nhiều giả thuyết đã được đưa ra để giải thích cơ chế và triển vọng của loại công nghệ này.

3.1. Giả thuyết sự hình thành phức hợp: cơ chế loại bỏ các kim loại độc của các loài thực vật bằng cách hình thành một phức hợp. Phức hợp này có thể là chất hoà tan, chất không độc hoặc là phức hợp hữu cơ - kim loại được chuyển đến các bộ phận của tế bào có các hoạt động trao đổi chất thấp (thành tế bào, không bào), ở đây chúng được tích lũy ở dạng các hợp chất hữu cơ hoặc vô cơ bền vững [1,4].

3.2. Giả thuyết về sự lắng đọng: các loài thực vật tách kim loại ra khỏi đất, tích lũy trong các bộ phận của cây, sau đó được loại bỏ qua lá khô, rửa trôi qua biểu bì hoặc bị đốt cháy.

3.3. *Giả thuyết hấp thụ thụ động*: sự tích lũy kim loại là một sản phẩm phụ của cơ chế thích nghi đối với điều kiện bất lợi của đất (ví dụ như cơ chế hấp thụ Ni trong loại đất serpentin).

3.4. *Sự tích lũy kim loại là cơ chế chống lại các điều kiện stress vô sinh hoặc hữu sinh*: hiệu lực của kim loại chống lại các loài vi khuẩn, nấm ký sinh và các loài sinh vật ăn lá đã được nghiên cứu [1,3,4].

Ngày nay, sự thích nghi của các loài thực vật có khả năng hấp thụ kim loại nặng chưa được làm sáng tỏ bởi có rất nhiều yếu tố phức hợp tác động lẫn nhau. Tích lũy kim loại là một mô hình cụ thể của sự hấp thụ dinh dưỡng khoáng ở thực vật. Có 17 nguyên tố được biết là cần thiết cho tất cả các loài thực vật bậc cao (C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl và Ni). Các nguyên tố đa lượng cần thiết cho các loài thực vật ở nồng độ cao, trong khi các nguyên tố vi lượng chỉ cần đòi hỏi ở nồng độ rất thấp. Các loài thực vật được sử dụng để xử lý môi trường bao gồm các loài có khả năng hấp thụ được các kim loại dạng vết cần thiết như Cu, Mn, Zn và Ni hoặc không cần thiết như Cd, Pb, Hg, Se, Al, As với hàm lượng lớn, trong khi đối với các loài thực vật khác ở các nồng độ này là cực kỳ độc hại [1,5,6].

4. Các hướng tiếp cận trong việc sử dụng thực vật xử lý môi trường

Như phần trên đã giới thiệu, để thương mại hoá công nghệ xử lý môi trường bằng thực vật, cần phải tìm kiếm các loài thực vật có khả năng cho sinh khối nhanh và tích lũy nồng độ kim loại cao trong các cơ quan và dễ dàng thu hoạch. Có hai hướng tiếp cận chủ yếu trong việc sử dụng thực vật để xử lý môi trường:

- Nhập nội và nhân giống các loài có khả năng siêu hấp thụ kim loại (hyperaccumulator).
- Ứng dụng kỹ thuật di truyền để phát triển các loài thực vật cho sinh khối nhanh và cải tiến khả năng hấp thụ, chuyển hoá, chống chịu tốt đối với các điều kiện môi trường [1].

Hướng tiếp cận thứ nhất, phát triển chủ yếu ở Mỹ bởi nhóm nghiên cứu đứng đầu là Chaney, bao gồm các bước cơ bản như: chọn các loài thực vật, thu thập hạt hoang dại và thử nghiệm khả năng xử lý môi trường, nhân giống, cải tiến điều kiện trồng và tiến hành áp dụng đại trà. Hiệu quả của hệ thống này đã được công bố trong việc xử lý Co và Ni. Tuy nhiên, tác giả cho rằng các loài thực vật tự nhiên là không đủ tạo ra các sản phẩm mang tích chất thương mại. Điều này, cũng nói lên rằng, công nghệ sinh học sẽ là triển vọng rất lớn trong việc dung hợp 2 đặc tính cơ bản là khả năng siêu hấp thụ và tăng sinh khối.

Chương trình nghiên cứu của cộng đồng châu Âu bao gồm 2 dự án đối với thực vật chuyển gen phục vụ cho hướng này đã được tiến hành. Dự án thứ nhất là chuyển gen có khả năng siêu hấp thụ kim loại ở cây *Thlaspi caerulescens* vào cây Thuốc lá và cây Mù tạc là những loài cho sinh khối nhanh. Trong khi đó dự án thứ hai tập trung cải tiến khả năng chống chịu và hấp thụ kim loại. Đến nay, kết quả nghiên cứu thành công nhất là sử dụng gen merA9 của vi khuẩn chuyển vào cây *Arabidopsi* để xử lý Hg (II) [1].

Tuy nhiên, có một số rào cản nhất định của hướng tiếp cận thực vật chuyển gen ở một số nước về mặt pháp lý, xã hội và sinh thái. Triển vọng của thực vật chuyển gen trong việc làm sạch các vùng ô nhiễm có lẽ sẽ làm thay đổi một số quan điểm xã hội đối nghịch. Dù sao thì các nghiên cứu trong tương lai cần phải không chỉ chú tâm đến phương pháp tạo ra những

thực vật hữu hiệu cho xử lý môi trường mà còn phải sàng lọc những tác động tiềm ẩn của thực vật chuyển gen đối với môi trường.

5. Kết luận

Công nghệ xử lý môi trường bằng thực vật là một công nghệ mới và hấp dẫn được đề cập trong những năm gần đây. Kỹ thuật này được cho biết là có một triển vọng đặc biệt trong việc làm sạch kim loại trong đất, ít nhất là dưới điều kiện cụ thể nào đó và được sử dụng trong hệ thống quản lý thích hợp. Sự phát triển của kỹ thuật di truyền và sinh học phân tử là rất cần thiết cho loại công nghệ này.

Tuy nhiên, sự phát triển của công nghệ hấp dẫn này sẽ không thể có tính khả thi nếu không có sự đóng góp vô giá của các nhóm nghiên cứu nhỏ lẻ. Hơn 30 năm qua, các nhà khoa học đã có nhiều nghiên cứu đóng góp quan trọng về khả năng đặc biệt của thực vật trong xử lý môi trường. Tuy nhiên, nghiên cứu điều tra về lĩnh vực này vẫn luôn cần thiết và phải được hưởng ứng để bảo tồn nguồn tài nguyên di truyền tự nhiên to lớn, quý giá ở các môi trường bị ô nhiễm kim loại và nâng cao kiến thức của chúng ta về cơ chế thích nghi tự nhiên của các loài siêu tích lũy kim loại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Barceló J., and Poschenrieder C., *Phytoremediation: principles and perspectives*, Contributions to Science, institute d'Etdudis Catalans, Bancelona, pp 333 – 344, 2003.
- [2] Brooks RR (ed.), *Plants that Hyperaccumulate heavy metal*, CAB International, Wallingford, UK, pp380, 1998.
- [3] Jerald L. Schnoor, *Phytoremediation Of Soil And Groundwater*, Center for Global and Regional Environmental Research and Dept. of Civil and Environmental Engineering, The University of Iowa, IA 52242, 2002.
- [4] Saxena PK. et al, *Phytoremediation of heavy metal contaminated and polluted soils*, In: MNV prasad & J Hagemayr (eds) Heavy metal stress on plants, From molecules to ecosystems, Springer Verlag, Berlin, pp 305-329, 1999.
- [5] Schat H. et al, *Metal specific patterns of tolenrance, uptake, and transport of heavy metals in hyperaccumulating and non-hyperaccumulating metallophytes*, In: N Terry, G Banuelos (eds.), *Phytoremediation of contaminated soils and waters*. CRC Press LLC; Boca Raton, FL., USA, pp 171 –188, 1999.
- [6] Timothy Oppelt E., *Introduction to Phytoremediation*. National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio 45268, 2000.