

植物を用いた重金属汚染土壌の浄化に関する研究

Phytoremediation of soils contaminated by a heavy metal

綿井 博一 藤川 智紀 溝口 勝 宮崎 毅
Hirokazu Watai Tomonori Fujikawa Masaru Mizoguchi Tsuyoshi Miyazaki

1. はじめに

近年、重金属による土壌汚染が顕在化し、汚染土壌の浄化は不可欠なものになっている。このような重金属汚染土壌に対する浄化方法で近年注目されてきたのが、重金属元素を特異的に吸収する植物によって土壌中の重金属を除去するファイトレメディエーションである。

既往の研究では、重金属耐性を持った植物の、体内に蓄積できる重金属の種類・量の限界についての報告や、遺伝子組換え技術を用いて人工的に重金属耐性植物を作成し、その効果を検証した報告が多い。しかしその一方で、根の吸水に伴う土壌中の Cd の移動に着目した研究は見られない。

そこで本研究では、Cd 吸収能力が高い植物であるヒマワリ、ヘビノネゴザを Cd 汚染土壌に植栽し、植物が土壌中の Cd を吸収して土壌を浄化するときの Cd の挙動を明らかにすることを目的とした。

2. Cd 吸収量に土壌中の Cd 濃度が及ぼす影響

2.1 方法

東京大学農学部附属田無農場から採取した黒ボク表土を 2mm 篩に通過させた。この土壌に、5.00, 10.0, 38.2, 95.4, 100, 293, 500mg kg⁻¹ に相当する Cd を、CdCl₂ 水溶液で混入した。Cd 混入後の試料(以後 Cd 汚染土壌)を 0.1N HCl で抽出すると、それぞ

れ乾土重あたり、3.32, 7.29, 30.9, 55.4, 82.3, 235, 429mg kg⁻¹ の Cd が抽出されたので、これを初期濃度と決めた。

この Cd 汚染土壌を内径 8.5cm、高さ 10cm のカラムに乾燥密度 0.75Mg m⁻³ で充填し、ヒマワリ (*Helianthus annuus* L.) の種子を播種した。そのカラムを、自然光、昼間 30 ・ 夜間 25 に保たれたバイオトロン内に 30 日間静置した。播種後 20 日目までは 1 日おきに、21 日目以降は毎日、50ml の水を与えた。

栽培後(1)植物体乾燥重量、カラムを解体後 2cm ごとの(2)土壌含水比の分布、(3)土壌 pH の分布、(4)土壌 EC の分布、(5)土壌中の Cd 濃度分布を測定した。

2.2 結果と考察

カラム分解時に根の分布を観察したところ、初期濃度 429mg kg⁻¹ を除き、カラムの下部まで根が達していたが、429mg kg⁻¹ では、深さ 6cm までしか根が達していなかった。土壌中の Cd 濃度は、初期濃度 55.4, 235mg kg⁻¹ では深さ 2~4cm で、初期濃度 3.32, 429mg kg⁻¹ では深さ 4~6cm で最も減少した。さらに植物体乾燥重量あたりの Cd 減少量と汚染土壌中の Cd 濃度の関係を 2 次曲線で近似したところ、土壌中の Cd 濃度が 47.4mg kg⁻¹ の時が最も Cd を吸収することが分かった。

3. ヒマワリが Cd を吸収するときの土壌中の Cd 挙動について

3.1 方法

2.1 と同じ土壌試料、混入方法で Cd 汚染土壌を作成した。実験条件を Table 1 に示す。内径 20cm、高さ 30cm のカラムに、Cd 汚染土壌を乾燥密度 0.75 Mg m^{-3} で充填し、Cd を混入していない黒ボク土で 20 日間生育させたヒマワリを移植し、移植時を実験開始とした。run 2、run 3 のカラムにはポラスカップを挿入し、圧力変換器で経時的なサクシオン分布を測定した。そのカラムを実験 1 と同じ条件に保たれたバイオトロン内に静置した。実験開始後、1 日おきに 300ml の水を与えた。

栽培後、2.1 で示した測定項目に加え、(1) 植物体の生育状況、(2)サクシオン分布、(3) 蒸発散量、(4)土壌表面の温湿度、(5)根の長さを測定した。

3.2 結果

CdCl₂ 添加の影響で、地上部において乾燥重量が小さくなり、根は表層の限られた範囲に分布した。Fig. 1 に土壌中のサクシオン分布を示す。Cd を添加した run 2 (Fig. 1(a)) と Cd を添加しない run 3 (Fig. 1(b)) を比較すると、根が分布している表層から深さ 5cm の領域で、灌水後急速に水分量が減少していた。この部位の根が最も吸水作用が盛んであることが示唆された。Fig. 2 に土壌中の Cd 分布を示す。植物有無で比較すると、Cd が植物ありで減少していたので、植物が Cd を吸収していることが分かった。また植物を植えていない run 3 の条件から、灌水による下向きの水分移動で Cd の移動は生じていないことが明らかになった。根による吸水がさかんであった深さと、Cd が減少した深さが一致するので、根が水分とともに土壌中の Cd を吸収したと考えられる。生育期間による影響は認められなかった。

4. 現場土壌における Cd 吸収の試算

群馬県安中市から得た 9.75 mg kg^{-1} の Cd を含む土壌に、実験 1 から得られた土壌中の Cd 濃度と Cd 吸収量の関係を用いて、土壌中の Cd 濃度を玄米の流通基準である 0.40 mg kg^{-1} に低減させるためには、どの程度の期間を要するのか試算した。その結果、目的の濃度にするには実験 1 の播種から刈り取りの操作を 36 回繰り返す必要があると試算された。

Table 1 Experimental conditions

	Plant	Cd conc. (mg/kg)	Period (days)
run1	sunflower	514	17
run2	sunflower	537	34
run3	without plant	480	34
run4	sunflower	0.11	34

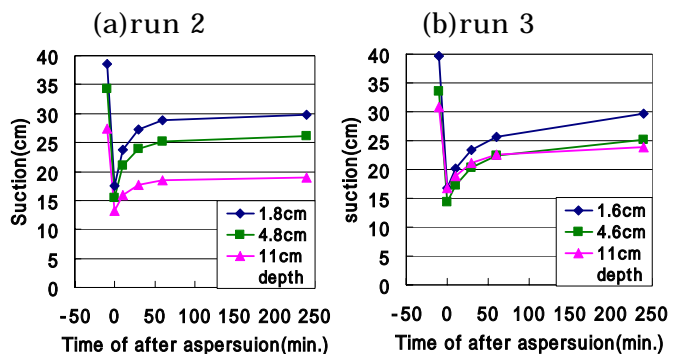


Fig. 1 Changes in suction by water uptake into roots.

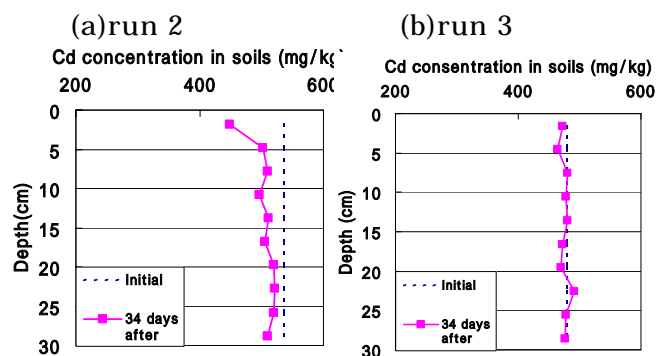


Fig. 2 Decrease of Cd by plant root adsorption.