

# 銅汚染土壌のファイトレメディエーションにおける EDTA 添加効果

## Effects of EDTA on Phytoremediation of Copper Polluted Soils

井上博道・佐伯和利・ 筑紫二郎

Hiromichi Inoue, Kazutoshi Saeki and Jiro Chikushi

重金属汚染土壌の修復には、多大の労力、費用および時間が必要である。ファイトレメディエーション (Phytoremediation, 植物による修復) は、従来の作物栽培技術を用いて土壌の修復を行うもので、排土—客土による工学的な修復に比べ、労力と費用面において優れていることが試算されている<sup>1)</sup>。我が国では、鉱山などに起因する銅汚染土壌は多数あるものの、その修復に植物の利用を検討した研究例は少ない。ファイトレメディエーションにおいては、多量の金属を速やかに土壌から植物の地上部に吸収させることが成功のカギとなる。植物地上部の重金属集積量を増加させる方法としては、キレート剤の添加が検討されている。例えば、エチレンジアミン4酢酸 (EDTA) の添加により土壌中の鉛の可給態画分が増加し、エンドウの吸収量が増加したことが報告されている<sup>2)</sup>。また、クエン酸によりカラシナのウラン濃度<sup>3)</sup>が、硫酸アンモニウムによりカラシナやトウモロコシなどのセシウム<sup>-137</sup>濃度<sup>4)</sup>が増加したことが報告されている。しかしながら、銅における研究例は水耕ではあるものの土耕栽培ではあまり見当たらない。そこで本研究では、カラシナと高バイオマスであるトウモロコシを銅添加土壌に栽培し、キレート剤を用いた土壌中銅の効率的な除去について検討した。

### 材料および方法

人工気象装置 (気温 25℃, 湿度 70%, 自然光) においてカラシナ (*Brassica juncea* Coss.) とトウモロコシ (*Zea mays* L.) のポット試験を行った。黒ボク土とマサ土に硫酸銅を添加し、供試土壌とした。黒ボク土は佃田圃場から採取したので無施肥とし、マサ土にのみ 100 kg ha<sup>-1</sup> 相当の窒素, リン酸, カリウムを施肥した。栽培期間中は、圃場容水量 (マサ土, 0.23 mL g<sup>-1</sup>; 黒ボク土, 0.60 mL g<sup>-1</sup>) を保つように蒸留水を与えた。Bioavailability (BA) は、0.1 M 塩酸による銅抽出量で評価した。3種の添加剤 (EDTA, クエン酸, 硫酸アンモニウム) による BA の評価は、0.1 M 塩酸抽出法の類似の方法に準拠した。EDTA 添加試験では、播種後 1 週間に 0, 0.1, 1, 10, 100 mM の EDTA·2Na 溶液をポット当り 10 mL (マサ土 25 μL g<sup>-1</sup>, 黒ボク土 33 μL g<sup>-1</sup>) づつシリンジを用いて土壌表面に添加し、2 週間後に地上部を採取した。採取した地上部は乾燥粉碎後、乾式灰化し原子吸光度法により植物体中の銅濃度を求めた。

### 結果と考察

#### (1) 栽培土壌への銅添加量の決定

異なる濃度の銅添加マサ土で栽培試験を行ったところ、植物の銅吸収量は 25 μg g<sup>-1</sup> 土壌で最大値を示した。そこで、以後の実験はマサ土では 25 μg g<sup>-1</sup> の銅添加土壌で行った。黒ボク土においてマサ土と同等の条件を設定するため、0.1 M 塩酸による銅抽出試験を行った。銅の BA で比較すると、マサ土の 25 μg g<sup>-1</sup> は、黒ボク土では 250 μg g<sup>-1</sup> の添加量に相当した (Fig.1)。そこで、黒ボク土では

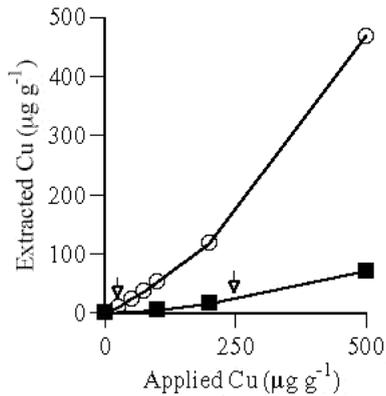


Fig.1 Relationship between applied Cu and 0.1M HCl extracted Cu. O, Masa soil; ■, Andosol.

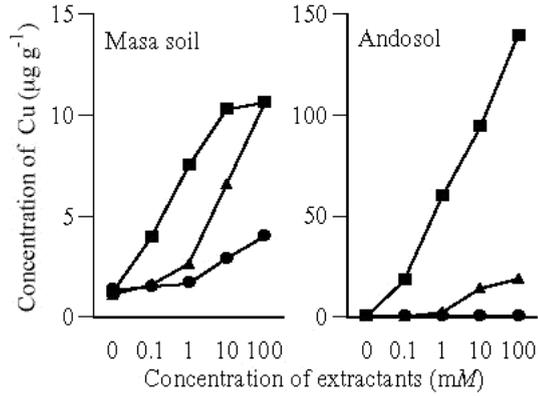


Fig.2 Concentration of Cu extracted by the solutions. ■, EDTA; ▲, Citric acid; ●, Ammonium sulfate.

250  $\mu\text{g g}^{-1}$  を銅の添加量とすることにした。

### (2) 土壌添加剤による抽出能の比較

植物の銅吸収量を増加させるため、添加剤が使用される。添加剤によって、土壌から抽出された銅は植物に利用可能な状態にあると考えられる。そこで、異なる濃度の3種の添加剤をマサ土と黒ボク土に施用して BA の銅量を比較した。両土壌とも EDTA を添加した場合、BA の銅量が最も高くなった (Fig.2)。したがって、植物の銅吸収量を高める土壌添加剤としては、EDTA が優れていることが示唆される。

### (3) 植物の銅吸収量に対する EDTA の効果

植物栽培中に土壌に EDTA を添加し、植物による銅吸収量に対する EDTA の効果について検討した。マサ土の場合、EDTA を添加してもトウモロコシの地上部の銅吸収量に違いはなかった。またカラシナでは 100 mM の EDTA を添加した場合、無添加に比べ植物中の銅濃度が高まったが、カラシナの銅吸収量は低くなった (Fig.3)。黒ボク土の場合、100 mM の EDTA 添加によってトウモロコシの地上部銅濃度は無添加に比べ著しく増加した。その時のトウモロコシの銅吸収量は無添加の 3.7 倍であった (Fig.3)。一方、カラシナでは銅吸収量に対する EDTA の効果はみられなかった。

以上より、植物の銅吸収量に対する EDTA の効果は、添加する EDTA 濃度の違いだけでなく、土壌および植物の違いによっても異なることが明らかとなった。

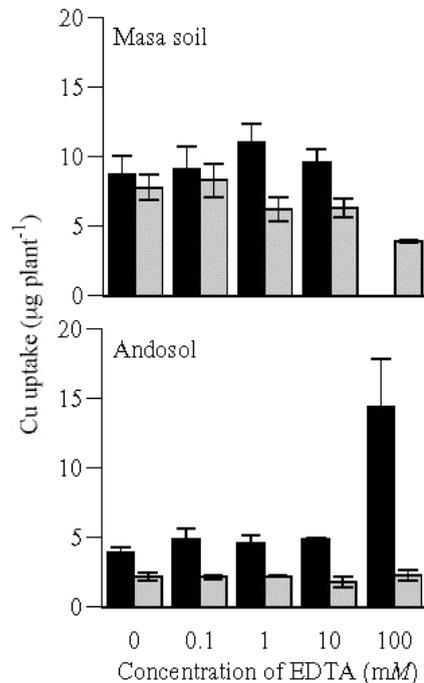


Fig.3 Cu uptake of plant applied EDTA. ■ *Z. mays* □ *B. juncea*

文献 1) Glass, DJ, 2000. Economic potential of phytoremediation. Phytoremediation of toxic metals, Ed. Raskin, I and Ensley, BD, 15-31.

2) Huang, JW et al., 1997. Phytoremediation of lead-contaminated soils. Environ. Sci. Technol. 31: 800-805.

3) Huang et al., 1998. Phytoremediation of uranium-contaminated soil. Environ. Sci. Technol. 32: 200-2008.

4) Lasat, MM, et al., 1998. Phytoremediation of a radiocesium-contaminated soil. J. Environ. Qual. 27: 165-169.