



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	トウモロコシによる汚染土壌のファイトレメディエーション
Author(s)	横田, 祐司; 田中, 重信; 石崎, 紘三 他
Description	第10回衛生工学シンポジウム (平成14年10月31日 (木) -11月1日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 6 廃棄物 . 6-9
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 10, 181-184
Issue Date	2002-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7131
Type	departmental bulletin paper
File Information	10-6-9_p181-184.pdf



6-9 トウモロコシによる汚染土壌のファイトレメディエーション

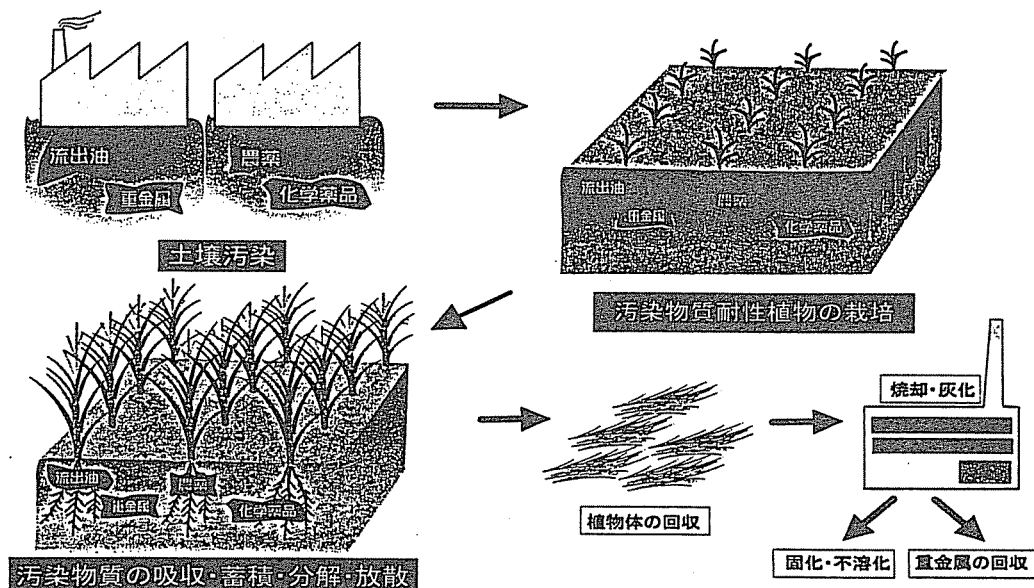
○横田祐司、田中重信、石崎紘三、原口謙策、山田勝利、
星野保、湯本勲（産業技術総合研究所）

1. はじめに

近年、植物が有する環境汚染物質を分解・蓄積する能力を利用するファイトレメディエーション（Phytoremediation）が注目されて来ている。ファイトレメディエーションは植物とその根圏微生物との総合的利用による浄化技術とも言え、緑化と汚染浄化が同時に出来ることから米国を中心に重金属をはじめ有機溶剤、多環芳香族炭化水素、石油、農薬などの浄化に対しての実施例が急速に増えて来ている。ファイトレメディエーションで利用される植物の要件としては①優れた汚染物質分解・蓄積能を有する、②大型で面積当たりのバイオマス収量が大きい、③根系が土壌深部まで伸びる（深根性）、④育種データが豊富、等が挙げられる。

本報告では、これらの条件を満たす植物としてトウモロコシに着目し、汚染条件下で栽培した。そして、ファイトレメディエーションの一例として除草剤や重金属をモデル汚染物質に選び、除草剤の土壌中での動態やトウモロコシ中での除草剤の代謝や重金属の蓄積について検討した。また、土壌中の菌数やポリフェノール量の変化についても報告する。

植生による汚染土壌の修復技術（ファイトレメディエーション）概念図



2. 実験

2.1 トウモロコシ栽培

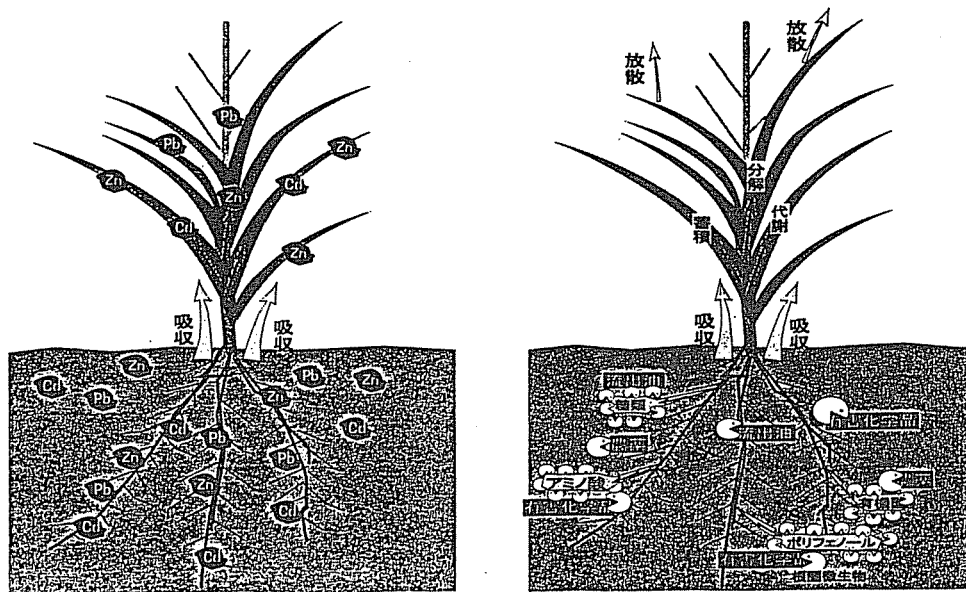
トウモロコシの品種はマドンナを使用した。除草剤を含んだ土壌栽培と水耕栽培方法は前報¹⁾と同じである。水耕栽培による重金属（鉛、亜鉛）の吸収実験では重金属濃度を $25\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ とし、液体培地としてはハイポネックス 2000 倍希釈液を使用した。

2.2 分析方法

2.2.1 除草剤の分析

土壌とトウモロコシ中の除草剤とその代謝物を抽出する方法は前報¹⁾と同じである。分析は

植物による重金属と有害有機化学物質の除去技術概念図



ガスクロマトグラフィー（島津製作所 GC-17A）と HPLC（東ソー製）で行った。分析条件は前報¹⁾と同じである。

2.2.2 土壌中のポリフェノールの分析

三角フラスコに土壌（湿潤土）10g と蒸留水 20ml を加え、280rpm、20min 往復縦振とう（振幅 40mm）した。その後、3,000rpm、10min 遠心分離し、上澄み液を濾過した。分析は試験管に 2.7% (w/w) Na_2CO_3 6ml とサンプル 2ml を加え、1～2 分間放置後、フェノール試薬を 0.37ml 添加し 25℃ 水浴中で 30 分間反応させた後、比色分析を行った。

2.2.3 土壌細菌の計数

土壌（湿潤土）30g を 270ml の滅菌水中に加え、280rpm、10min 往復縦振とうした（希釈倍率 10）。この液を攪拌後 10ml 取り、90ml の滅菌水に加えた（希釈倍率 10^2 ）。この操作を同様に 10 次希釈まで行った。各希釈液より 1ml ずつをそれぞれ 3 枚のペトリ皿に入れ、寒天培地を加えて固まった後、27℃ に保持したインキュベーターで 5～7 日間培養した。コロニー数が 20～200 個出現した希釈倍率のペトリ皿の 3 枚の平均を出して土壌細菌数とした。

2.2.4 トウモロコシ中の重金属分析

トウモロコシ植物体を部位（葉、茎、根）に分けた後、105℃ で乾燥した。サンプル（200mg）をテフロン容器に入れ、硝酸 5ml と過酸化水素水 1ml を加えて MWL（Microwave Labstation）中でマイクロ波処理した液を分析に供した。分析は原子吸光測定装置（Varian 社製、Atomic Absorption Spectrometer, SpectrAA・40）で行った。

3. 実験結果と考察

3.1 土壌中の除草剤の挙動

所定量の除草剤（アトラジン、シマジン、ベンタゾン）を加えて調整した土壌を使ってトウモロコシを生育させた場合の土壌中除草剤濃度の測定結果を図-1 に示す。トウモロコシの生育と共に各除草剤の濃度は減少するが、トウモロコシを植えていないコントロール系においても濃度は減少傾向にある。これは主に土壌吸着や土壌微生物による分解が原因と考えられる。また、除草剤の減少量の多さはベンタゾン>アトラジン>シマジンとなっているが、この順番は各除草剤の水溶解度の大きさの順番とも一致する。トウモロコシは水中に溶解している除

草剤をそのまま吸収することが確認されていることから¹⁾、減少量の違いは主に水溶解度に影響されていると考えられる。

3.2 トウモロコシ中でのアトラジンの代謝

水耕栽培（アトラジン濃度 28.5mg/l）で播種後 50 日のトウモロコシ（高さ約 60cm）中でのアトラジンの代謝について検討した結果を表-1 に示す。水中から吸収されたアトラジンのうち、約 3% はトウモロコシ中に残っており、約 17% はアトラジン-2-ヒドロキシをはじめとする代謝物質としてトウモロコシ中に存在していた。残りは今回は検出できなかった代謝物質として残留しているか、または高次に代謝されて植物体外に排出されたものと考えられる。いずれにせよ吸収されたアトラジンのほとんどはトウモロコシ中で速やかに代謝され、より毒性の少ない物質に変化していることを確認した。

表-1 アトラジンおよび代謝生成物のトウモロコシ各部位における含有量
各部位の重量（葉 48.80g、茎：45.10g、根：28.03g）

	各部位における含有量 (mg)			
	葉	茎	根	全体
アトラジン	1.95	0.90	0.56	3.4
アトラジン-2-ヒドロキシ	8.3	2.3	0.56	11.2
アトラジン-デスエチル ピル-2-ヒドロキシ	2.4	1.4	tr	3.8
アトラジン-デスエチル- デスエチルピル	2.0	0.90	tr	2.9

3.3 土壌中のポリフェノール

トウモロコシの土壌栽培で播種後 30 日の土壌中ポリフェノール含有量の測定結果を図-2 に示す。トウモロコシを植えていないコントロール土壌で 50mg・kg⁻¹ であるのに対しトウモロコシ栽培土壌では 90mg・kg⁻¹ であった。さらに、トウモロコシ栽培根圏土壌では、コントロール土壌の約 15 倍の 760mg・kg⁻¹ であった。この結果からトウ

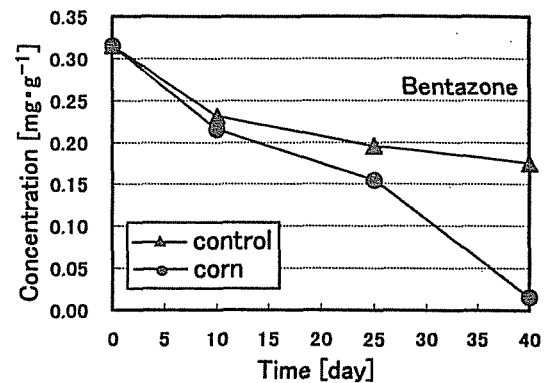
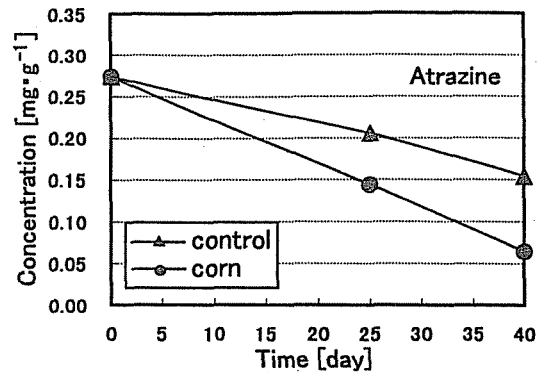
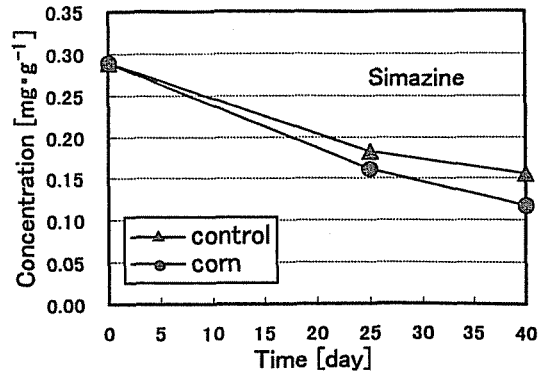


図-1 土壌中の除草剤濃度

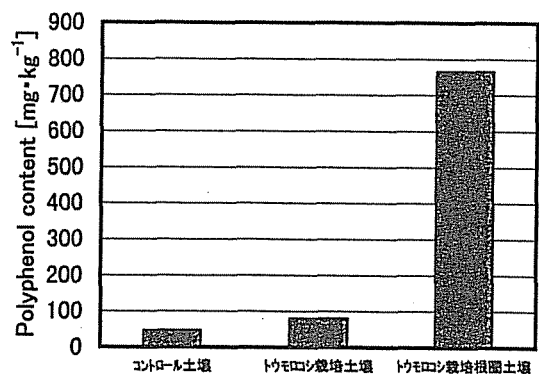


図-2 土壌中のポリフェノール含有量

モロコシの根からある種のポリフェノールが分泌されていることがわかった。

3.4 土壌中の菌数

トウモロコシの土壌栽培における播種後30日の土壌中菌数の測定結果を図-3に示す。コントロール土壌で 5×10^7 cells/g-soilであるのに対しトウモロコシ栽培土壌では 4×10^8 cells/g-soilであった。さらに、トウモロコシ栽培根圏土壌では、コントロール土壌の約100倍の 5×10^9 cells/g-soilであった。この結果はトウモロコシの根から分泌されている物質（ポリフェノール等）と微生物の活性や増殖との関連性を示すと思われる。

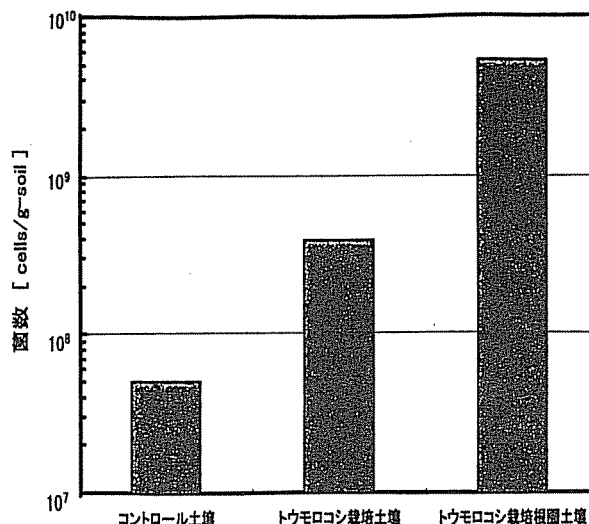


図-3 土壌中の菌数

3.5 トウモロコシ中の重金属

トウモロコシの水耕栽培における播種後30日のトウモロコシ中での重金属含有量の測定結果を図-4~5に示す。鉛の場合、葉や茎での蓄積量は少なく、根に多量に蓄積することがわかった。亜鉛の場合は、トウモロコシの各部位において鉛より蓄積量が多くなることがわかった。

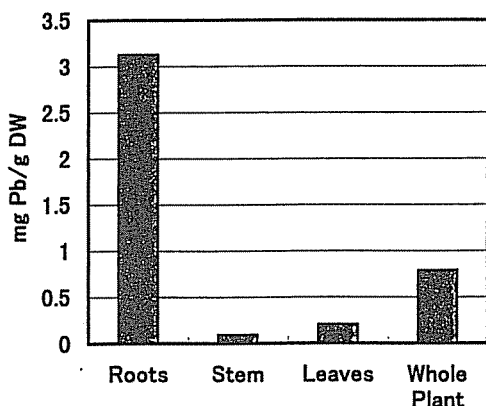


図-4 トウモロコシ中のPb含有量

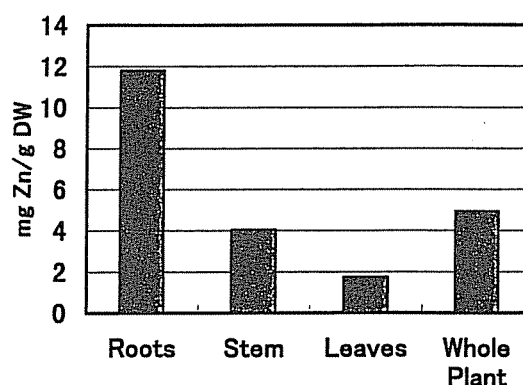


図-5 トウモロコシ中のZn含有量

4. まとめ

- ① 土壌中の除草剤はトウモロコシによる吸収作用により減少することを確認した。また、その減少速度は除草剤の水溶解度に大きく影響されることがわかった。
- ② トウモロコシに吸収された除草剤のほとんどは速やかに代謝されていることを確認した。
- ③ トウモロコシの根からポリフェノール類が分泌されていることを明らかにした。
- ④ トウモロコシ栽培土壌の中でも根圏土壌中の細菌数が突出して多いことがわかった。この事は、根からの分泌物と密接な関係があるものと推察できた。
- ⑤ トウモロコシによる重金属除去の可能性を示せた。

参考文献

- 1) 横田祐司、田中重信、石崎紘三、角田英男 「農薬汚染土壌の植生による浄化技術の研究」 第8回衛生工学シンポジウム論文集、(2000)