

牛ふん堆肥の投与による作物へのカドミウム移行抑制効果の検討 Investigation on cultivation for low cadmium-uptake in crops using cow manure

○鶴田純也* 櫻井伸治** 堀野治彦** 中桐貴生**

○Junya TSURUTA*, Shinji SAKURAI**, Haruhiko HORINO**, Takao NAKAGIRI**

1.はじめに 重金属汚染が広範囲に及ぶ農地での安全な作物生産技術として、土壌改良材の投与によって土壌中の重金属の移行性を低下させ、作物への吸収を抑制する方法が研究されている。その一環として、例えば金森らは土壌バッチ試験を行うことで、有機質資材、特に牛ふん堆肥(以下CM)の投与が、複数の重金属種(Cu, Pb, Cd)に対して土壌中での移行性低下に効果があることを明らかにした¹⁾。しかし、実際に作物を用いた試験は十分には実施されておらず、CM投与による作物への重金属移行制御の様態については未だ明らかになっていない。本研究ではCMによる土壌中での移行性低下が見られた重金属のうち、人体への毒性が高いCdを対象として栽培試験を行い、CMの農地投与による作物へのCd吸収抑制効果について検討した。

2.試験方法 大阪公立大学圃場の網室内でワグネルポット(1/10,000 a)を用いたダイズポット栽培試験(2023/6/10～8/27)を行った。供試土壌は同圃場にて採取した水田土(風乾後、2 mmふるい通過分)にCMを重量ベースで2%投与し、Cd濃度が乾土1 kgあたり15 mgとなるように硝酸カドミウム四水和物水溶液を添加・混合した土壌とし、体積1 L、仮比重1.1でポットに充填した。その後、豊浦砂土壌にて本葉が2～3組となるまで別途育成したダイズを根部の土壌を取り除いた後、ポットに移植した。その後、ポット内の水分量を体積含水率45%(圃場容水量相当)となるように調整し、栽培期間中は重量減少分を蒸留水で適宜補った。なお、追肥のため、1週間に1度、市販の液肥(ハイポネックス1,000倍希釈液)を蒸留水の代わりに補給した。栽培終了後、植物体は根、茎、葉、莢、実の5部位に分けて新鮮重量を測定した後、それぞれ炉乾燥(80°C, 72時間以上)させ、乾燥重量を測定した。また、土壌はTessierら²⁾を参考にした逐次抽出法(Fig. 1)にて土壌中のCdを水溶態、イオン交換態、炭酸塩態の順に分画抽出した。なお、この方法で抽出されたCdは土壌中での移動性が比較的高く、植物が吸収可能な化学形態と考えられることから、これら三態を合わせて可給態と定義した。植物体および土壌抽出液は酸分解、濾過後にICPMSを用いてCdを定量した。また、対照試験としてCM無投与のポットでも同様の栽培試験を行い、各条件での反復数は3とした。

3.結果と考察 (1)土壌中のCd濃度 栽培試験終了後の土壌に含まれる化学形態別のCd濃度をFig. 2に示す。土壌に添加したCd(15 mg/kgDW)のうち、30%程度が可給態として土壌に存在しており、その半分以上は炭酸塩態として存在していた。CMの有無で比較すると、有意差はないものの、CM投与によって可給態としての総濃度が低下する傾向が見られた。形態別に比較すると、CMの有無で炭酸塩態の濃度には有意な差は見られなかった一方、可給態の中でも土壌中の移行性がより

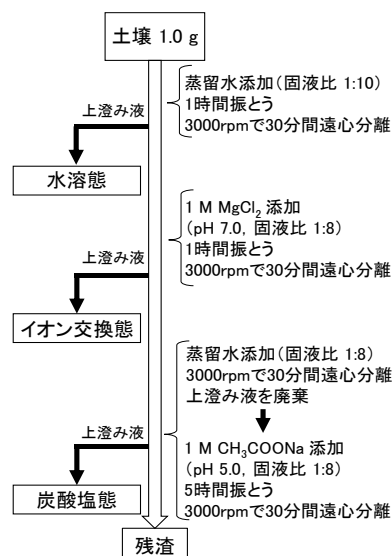


Fig. 1 Procedure chart of sequential extraction.

* 若鈴コンサルタンツ株式会社 Wakasuzu Consultants Co.,Ltd

** 大阪公立大学大学院農学研究科 Grad. School of Agriculture, Osaka Metropolitan University

キーワード: カドミウム 牛ふん堆肥 栽培試験 移行性 化学形態

高いと考えられる水溶態とイオン交換態の濃度が CM 投与によりそれぞれ有意に低下しており ($p < 0.1$), 特にイオン交換態濃度は CM 無投与条件と比較して約 80%の減少と低下が顕著であった。以上より, 栽培試験においても, 金森らの結果と同様に, CM 投与による土壌 Cd の移行性低下が確認された。

(2)CM 投与による植物体への Cd 移行抑制効果 植物体の各部位に含まれていた Cd 量を Fig. 3 に示す。なお, CM 投与条件では生育不良のため結実せず, 同条件の実における Cd 量は測定することができなかった。植物体全体の Cd 量を見ると, 両条件とも 20 μg 未満であり, 添加した Cd の 0.1%程度とごくわずかであった。このことから, 試験系に加えた Cd のほとんどは土壌に残存しており, その 30%程度が可給態として存在していたことから (Fig. 2), 添加した Cd の大部分は炭酸塩態よりも移行性の低い化学形態に変化したと判断される。

CM の有無で比較すると, 植物体全体では土壌の水溶態, イオン交換態 Cd と同様, CM 投与によって Cd 量が有意に低下した ($p < 0.1$)。部位別に見ると, 葉や地上部全体の Cd の量が CM 投与条件で有意に低下した。また, 図では示さないものの, Cd 濃度でも CM の投与による地上部全体の有意な低下が見られ, 地上部 Cd の総量および濃度のいずれの観点からでも, CM 投与による地上部への Cd 移行抑制効果が認められた。

(3)可給態 Cd がダイズの Cd 量に与える影響 土壌の各化学形態 Cd と各部位の植物体 Cd 量の関係性を比較, 検討するために, 重回帰分析を行った。目的変数は各部位 (サンプル数が少なかった実の部位を除く) と地上部全体および植物体全体の Cd 量とし, 説明変数は水溶態とイオン交換態間の多重共線性を考慮し, 水溶態とイオン交換態 Cd 量の和 (以下 水+交) と炭酸塩態 Cd 量とした。重回帰分析の結果を Table 1 に示す。決定係数 (自由度修正済み) R^2 に着目すると, 植物体全体においては R^2 値が 0.96 以上と非常に高い相関が得られているものの, 各部位では R^2 値が植物体全体より低くなる傾向が見られた。これは植物体に移行した Cd の集積量が, 一時的にせよ, 各部位でばらつきが比較的大きいこと意味しており, 吸収された Cd が各部位に移行する際の分配率の違いや, 植物体内での Cd の転流による影響と考えられる。また, 標準回帰係数に着目すると, 全ての目的変数について水+交の値が炭酸塩態の値の絶対値と比較して 10 倍程度となっており, 可給態 Cd の中でも, 水+交が作物の Cd 吸収量への影響度が高いと判断される。以上より, 部位によって程度は異なるものの, CM の投与による土壌中の水溶態やイオン交換態 Cd 量の低下がダイズに移行する Cd 量の低減に寄与したと推察される。

4.おわりに 栽培試験の土壌でも先行研究と同様に CM の投与によって土壌中の Cd の移行性が低下する傾向が見られ, さらに, ダイズ全体の Cd 吸収量も抑制される傾向が確認された。今後, 同様の栽培試験を他の土壌や作物でも実施し, CM 投与による作物の Cd 吸収抑制効果について引き続き検証していくとともに, CM の適切な混合割合や投与時期を検討する必要がある。

1) 金森ら (2019), 農業農村工学会論文集, 87 (1), 37-43. 2) Tessier A. et al. (1979): Anal. Chem., 51 (7), 844-851.

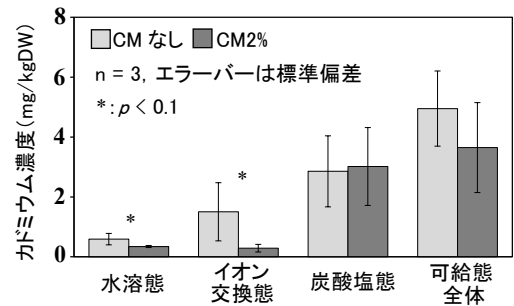


Fig. 2 Available concentrations of Cd in the soils.

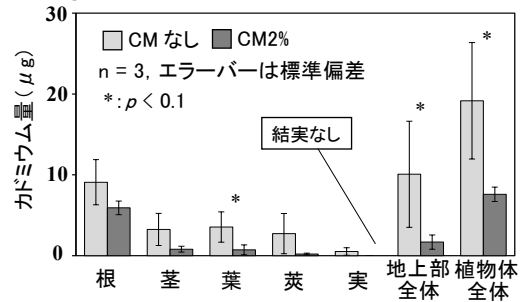


Fig. 3 Concentrations of Cd in the crops.

Table 1 Results of multiple regression analysis.

部位	決定係数 R^2	標準回帰係数	
		水+交	炭酸塩態
根	0.39	0.83	-0.091
茎	0.93	1.01	-0.076
葉	0.69	0.94	-0.097
莢	0.32	0.83	-0.040
地上部全体	0.74	0.95	-0.073
植物体全体	0.96	1.02	-0.088