

客土水田の浸透型が稲体の銅およびカドミウム吸収に及ぼす影響

Effects of the percolation patterns on copper and cadmium absorption with the soil dressing paddy field

○樋川佳士*, 佐々木長市**, 范 津瑛*, 松山信彦**, 加藤千尋**, 遠藤 明**

Yoshito TOIKAWA, Choichi SASAKI, Jinhun FAN, Nobuhiko MATSUYAMA, Chihiro KATO, Akira ENDO

1. はじめに

わが国では 1970 年に農用地土壌汚染防止法が制定され、カドミウム (以下 Cd と記す)、銅 (以下 Cu と記す)、ヒ素とそれらの化合物が有害物質として指定された。青森県のりんご園では、農薬としてボルドー液が使用され土壌表層の高濃度 Cu 蓄積が懸念されている¹⁾。さらに Cd との複合汚染も考えられる。しかし、Cu と Cd の複合汚染水田の客土の効果と浸透型の関係は不明である。佐々木ら²⁾および FAN et al.³⁾は、Cu および Cd 単独汚染での成層水田模型を用いた実験で、浸透型が稲体の Cu および Cd 吸収へ影響を及ぼすことを明らかにしている。本研究では浸透型を明確にし、Cu と Cd の複合汚染水田の客土で稲体の Cu および Cd 吸収と生育収量への影響解明を目的として下層の浸透型の異なる成層水田模型 (開放浸透型模型および閉鎖浸透型模型) を作製し実験を行った。

2. 方法

2.1 装置の概要 成層水田模型には鉄製の箱 (縦 50×横 30×高さ 70cm) を用いた。土層は、作土層 (代掻き) を 10cm 厚、すき床層上部 (不透水層) を 2.5cm 厚、すき床層下部 (突固め) を 7.5cm 厚、心土層上部 (突固め) 7.5cm 厚、心土層下部 (突固め、礫層) 35cm 厚とした。非汚染土 (客土) は弘前大学附属金木農場より採取した。汚染土層は Cd 汚染 (1.71mg/kg) された B 県の水田より採取した土に塩化銅を混合し 100mg/kg、250mg/kg および 500mg/kg の濃度とした。下層 (すき床層及び心土層) が開放浸透でかつ Cu 濃度が 100mg/kg、250mg/kg、500mg/kg の模型をそれぞれ 0-100、0-250、0-500 と命名した。同様に下層が閉鎖浸透でかつ Cu 濃度が 100mg/kg、250mg/kg、500mg/kg の模型を C-100、C-250、C-500 と命名した。複合汚染各模型の地下水位は、開放浸透模型は常時 57.5cm、閉鎖浸透模型は常時約 12.5cm とした。各層には地温センサー、ORP 複合電極などを設置した。施肥は全層施肥とし、栽培品種は「つがるロマン」とした。ビニールハウス内で栽培し、中干しおよび追肥は行わなかった。

2.2 測定項目 実験では、模型内の酸化還元電位 (Eh)、圧力水頭、地温、減水深を測定した。生育収量調査は岩手県の栽培指針⁴⁾に基づいた。データの統計解析は Tukey-Kramer 法および一元配置法で行った。土および植物体における Cu および Cd 定量分析は定法により実施した。

3. 結果

3.1 Eh C-100、C-250、C-500 の Eh の値は、実験開始後、徐々に値が低下し、約 15 日で作土層から心土層まで還元層 (300mV 未満) となった。これに対し、0-100、0-250、0-500 の模型は、作土層は還元層、その下層は酸化層となった。

3.2 生育収量 生育調査結果では、浸透型および Cu 濃度の相違による明確な有意差 (一

*. 岩手大学大学院連合農学研究科 The United Graduate School of Agricultural Sciences, Iwate University

** . 弘前大学農学生命科学部 Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University

キーワード. 稲, 銅, カドミウム, 浸透型, 客土

表1 収量構成要素
Parameters of rice plant yields

模型	草丈 (cm)	茎数 (本)	葉齡 (葉)	稔実歩合 (%)	総藁重 (g)	精玄米数 (粒)	玄米千粒重 (g)
O-100	102.3±5.0 ^a	9.0±1.3 ^{ab}	14.9±0.3 ^a	92.4±2.0 ^a	12.5±2.3 ^a	669.4±149.7 ^{ab}	20.2±0.5 ^a
C-100	99.2±2.4 ^a	11.2±4.3 ^a	14.4±0.3 ^b	89.9±4.5 ^{ac}	13.6±4.5 ^{ab}	665.7±188.0 ^{ab}	20.4±0.7 ^a
O-250	100.3±4.0 ^a	9.6±2.1 ^{ac}	14.6±0.3 ^{ab}	92.2±2.8 ^a	13.5±3.3 ^{ab}	794.4±211.5 ^a	20.9±0.3 ^{bc}
C-250	99.4±5.4 ^a	10.7±3.9 ^{ac}	14.4±0.3 ^b	87.4±7.7 ^{bc}	13.1±3.1 ^{ab}	625.4±123.5 ^b	20.5±1.3 ^{ac}
O-500	100.5±3.1 ^a	8.0±1.4 ^b	15.0±0.0 ^a	96.3±4.2 ^d	14.1±3.1 ^{ab}	676.2±122.0 ^{ab}	22.1±0.7 ^d
C-500	105.7±3.3 ^b	8.3±2.1 ^{bc}	15.0±0.0 ^a	97.2±1.6 ^d	15.7±3.9 ^b	735.8±126.8 ^a	22.1±0.7 ^d

元配置法、10%)は認められないと判断される(表1)。収量調査の項目(稔実歩合、総藁重、精玄米数、玄米千粒重)も非汚染土が12cmほど(=客土)がある場合は影響がないと推測される。

3.3 植物体のCuおよびCd濃度 表2に各模型の玄米中におけるCuおよびCd濃度を示す。表2を概見すると、玄米中のCu濃度は初期の土壌Cu濃度の相違が大きいかかわらずその範囲は2.5~5.2mg/kgと近似した。しかし、玄米中Cu濃度は開放浸透型模型の値が閉鎖浸透模型に比べ有意(一元配置法、10%)に高い値となった。

玄米中のCd濃度は初期の土壌Cd濃度の相違がほぼ存在しないにもかかわらずその範囲は0.01~0.16mg/kgと近似した。しかし、玄米中Cd濃度は開放浸透型模型の値が閉鎖浸透模型に比べ有意(一元配置法、10%)に高い値となった。また、Cu濃縮係数(=玄米のCu濃度/土のCu濃度×100%)は、浸透型に関係なく100mg/kgの模型で約4%前後、250mg/kgの模型で約2%前後、500mg/kgで約1%となった。この結果は、稲の根からの吸収特性を示すと推測される。

4. まとめ

本研究より、Cd濃度が1.71mg/kgかつCu濃度が100mg/kg、250mg/kgおよび500mg/kgの浸透型の違いによる生育収量の相違は、ほとんど見られなかった。しかし、玄米中のCuおよびCd濃度は浸透型で明確な有意差が認められ、浸透型による影響があることが確認された。この研究により稲のCuおよびCdの共存条件下の移動特性の一端が明らかとなったと推測される。

(参考文献)

- 1) 青山正和(2005)「リンゴを科学する」,『弘大公開講座資料』,pp.35~39
- 2) Jinhun FAN・Choichi SASAKI・Chihiro KATO・Nobuhiko MATSUYAMA et al. (2018): Journal of Environmental Science and Engineering A7, pp.180-188
- 3) 佐々木 長市, 松山 信彦ら (2009) 農業農村工学会論文集 77(3) pp. 289-296
- 4) 岩手県農業研究センター(2008)「農作物調査基準」,<http://www2.pref.iwate.jp/~hp2088/library/chousa/chousa_index.html> (2019年3月8日確認)

表2 玄米中のCuおよびCd濃度 (mg/kg)
Cu and Cd concentration in the rice grain

模型	Cu濃度 (n=7)	Cd濃度 (n=7)
O-100	4.77±0.50 ^a	0.16±0.02 ^a
C-100	2.99±0.34 ^b	0.01±0.00 ^b
O-250	5.40±0.64 ^c	0.08±0.03 ^c
C-250	2.93±0.20 ^b	0.01±0.00 ^b
O-500	3.72±0.30 ^d	0.04±0.00 ^d
C-500	2.53±0.20 ^e	0.01±0.00 ^b