

客土水田の浸透型が稲体の銅吸収に及ぼす影響

Effects of the percolation patterns on copper uptake with the soil dressing paddy field

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

Yoshito TOIKAWA, Choichi SASAKI, Fan JINHUN, 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⁾。りんご園を水田に転用する場合Cuは酸化状態で溶解するため、酸化還元環境の違いで吸収される可能性がある。本研究では浸透型を明確にし、客土水田で稲体のCu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。また、Cu単独汚染地域とCdとの複合汚染地域を想定した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。非汚染土は弘前大学附属金木農場より採取した。汚染土層は、弘前大学の学内水田より採取した土に塩化銅（ $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）を混合し100mg/kgと150mg/kg、500mg/kgの濃度とした。複合汚染土はCd汚染されたB県の水田より採取した土に塩化銅を混合し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、150mg/kg、500mg/kgの模型をそれぞれ0-100、0-150、0-500と命名し、複合汚染土はM0-500とした。同様に下層が閉鎖浸透でかつCu濃度が100mg/kg、150mg/kg、500mg/kgの模型をC-100、C-150、C-500と命名し、複合汚染土はMC-500とした。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。2016年および2017年に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²⁾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定量分析は定法により実施した。

3. 結果

3.1 Eh C-100、C-150、C-500、MC-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、0-150、0-500、M0-500の模型は、作土層は還元層、その下層は酸化層となった。

*. 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, 浸透型, 客土

3.2 生育収量 Cu 汚染土模型の生育調査結果では、浸透型および Cu 濃度の相違による明確な有意差 (5%) は認められなかった (表 1)。同様に、複合汚染模型でも明確な生育の有意差は認められなかった。収量調査の項目 (稔実歩合、総藁重、精玄米数、玄米千粒重) でも、明確な差はないと判断される。Cu 汚染土の基準値である 125mg/kg を超える場合でも非汚染土が 12cm ほど (=客土) がある場合は影響がないと推測される。

表 1 収量構成要素
Parameters of rice plant yields
(a) 銅汚染模型

模型	草丈 (cm)	茎数 (本)	葉齢 (葉)	稔実歩合 (%)	総藁重 (g)	精玄米数 (粒)	玄米千粒重 (g)
O-100	94.3±3.6 ^a	8.8±1.7 ^a	14.0±0.0 ^a	94.0±2.2 ^{ab}	11.5±2.4 ^{ab}	553.2±133.2 ^a	18.1±0.6 ^a
C-100	99.9±2.8 ^{ab}	9.3±2.2 ^a	14.4±0.5 ^b	93.6±2.8 ^b	13.9±2.8 ^b	710.4±170.4 ^a	18.1±0.5 ^a
O-150	101.6±4.5 ^b	8.9±0.6 ^a	14.0±0.0 ^a	93.8±1.4 ^{ab}	13.0±1.9 ^{ab}	642.9±103.9 ^a	17.9±0.2 ^a
C-150	99.1±2.8 ^{ab}	8.6±2.4 ^a	14.0±0.0 ^a	94.3±2.3 ^{ab}	13.5±2.4 ^{ab}	670.4±128.1 ^a	19.0±1.6 ^a
O-500	101.0±2.9 ^b	7.0±1.4 ^a	15.0±0.0 ^c	97.5±0.6 ^a	11.8±2.8 ^a	579.4±99.7 ^a	21.7±0.6 ^b
C-500	101.3±2.9 ^b	7.5±2.1 ^a	15.0±0.0 ^c	97.4±0.7 ^a	12.6±2.3 ^a	621.3±149.5 ^a	22.1±0.7 ^b

(b) 複合汚染模型

MO-500	101.4±1.5 ^a	7.9±1.6 ^a	15.0±0.0 ^a	96.0±4.7 ^a	14.5±3.4 ^a	685.6±133.7 ^a	22.2±0.6 ^a
MC-500	106.2±3.5 ^a	8.3±2.4 ^a	15.0±0.0 ^a	97.6±0.8 ^a	15.6±4.4 ^a	723.9±136.8 ^a	22.2±0.8 ^a

3.3 植物体の Cu 濃度 表 2 に各模型の玄米中における Cu 濃度を示す。表 2 を概見すると、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 2.9~4.3mg/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 (5%) に高い値となった。また、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%、150mg/kg の模型で約 3%、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考えられる。

4. まとめ

本研究より、Cu 濃度が 125mg/kg と近似した値、またはその約 4 倍の値で、客土がある場合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 濃度は浸透型で明確な有意差が認められた。玄米中 Cu 濃度は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 の移動特性の一端が明らかとなった。

(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) 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> (参照 2018-4-11)

表 2 玄米中の Cu 濃度
Cu concentration in the rice grain
(a) 銅汚染模型

模型	玄米中の Cu 濃度
O-100	3.9±0.4 ^a
C-100	3.3±0.1 ^b
O-150	4.7±0.8 ^a
C-150	3.4±0.3 ^b

(b) 複合汚染模型

模型	玄米中の Cu 濃度
O-500	3.8±0.3 ^a
C-500	2.5±0.3 ^b

O-100,C-100,O-150,C-150 は n=5

その他は n=3