

平成 22 年 6 月 16 日現在

研究種目：基盤研究(B)
 研究期間：2007 ~ 2009
 課題番号：19380185
 研究課題名(和文) グルタチオンは農作物中のカドミウム含量を低減する土壌改良剤になりうるのか
 研究課題名(英文) Could glutathione be a soil conditioner, which have effects to reduce Cd accumulation in the shoot of crop plants?
 研究代表者
 中村 進一 (NAKAMURA SHIN-ICHI)
 公立大学法人秋田県立大学・生物資源科学部・准教授
 研究者番号：00322339

研究成果の概要(和文)：アブラナの各部位(最大展開葉、未展開葉、根)に部位特異的に生理活性物質のグルタチオンを与え、カドミウムの吸収・蓄積を調べた。その結果、根に与えたグルタチオンは植物体の地上部へのカドミウムの移行と蓄積を選択的に抑制した。ポジトロン放出核種画像化システム(PETIS)を用いることで、根に与えたグルタチオンが植物体の地上部へのカドミウムの移行と蓄積を抑制する様子を可視化することに成功した。

研究成果の概要(英文)：In this work, we investigated effects of glutathione(GSH) which was administered to specific organs of plants (*Brassica napus*). Cd accumulation in shoots was reduced selectively when their roots were treated with GSH. We also employed PETIS (Position Emitting Tracer Imaging System) to visualize Cd distribution in the plants. Reduction of Cd transport and accumulation by GSH, administered to roots, was also confirmed by using PETIS.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
2008年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2009年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
年度			
年度			
総計	14,800,000	4,440,000	19,240,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：境界農学・環境農学

キーワード：カドミウム、グルタチオン、土壌改良剤、維管束組織、PETIS

1. 研究開始当初の背景

カドミウムは人体(生物)にとって有害な重金属元素である。そのため、食品中のカドミウム含量を規制する国際的な動きが

あり、農作物中のカドミウム含量を低減させる技術の確立は国家的な急務となっている。カドミウム対策としてはファイトレメ

ディエーションの実用化やカドミウムを吸収しない遺伝子組み換え作物の創成などに対する期待は大きい。しかし、その一方で、即効性のある農作物に蓄積するカドミウムの量を低減する技術の開発を望む生産現場の声も少なくない。

これまでに研究代表者はカドミウムの維管束組織における長距離輸送のメカニズムの解明する研究に主にアブラナを用いて取り組んできた。アブラナでは篩管液・導管液の採取方法を確立することに成功している。アブラナは今後、植物体内の物質の長距離輸送機構を解明するためのモデル植物となることが期待できる。また、日本原子力研究開発機構との共同研究により、ポジトロンイメージング技術（PETIS）を用いることで「生きた植物におけるカドミウムの移行・蓄積のリアルタイムな可視化」に世界で初めて成功した（H18.3.15 記者発表）。

アブラナの篩管におけるカドミウムの長距離輸送のメカニズムの解明を目指し、篩管液中に存在する物質の植物体へのカドミウム処理に対する応答を調べたところ、篩管液中のグルタチオン濃度が増加することを確認した。グルタチオンはファイトケラチンの前駆体として有害重金属の無毒化に関与することが知られているが、それ自体がシグナル伝達物質として機能し、様々な生理的な情報を伝達しているという報告もある。そのため、篩管を通じてシンク組織に移行したグルタチオンが何らかのシグナルとして働いて、カドミウムの移行や蓄積に影響を及ぼしている可能性も考えられた。そこでグルタチオンを水耕液中に添加し、シンク組織である根に与え、アブラナにおけるカドミウムの移行・蓄積に及ぼす影響を予察的に調べた。その結果、グルタチオン処理した植物では葉や

つばみに蓄積するカドミウムの濃度が対象区に比べて、約20%にまで減少することが明らかになった。カドミウムを蓄積しない農作物を栽培する技術を確立するためには、植物のカドミウムの移行・蓄積におけるグルタチオンの影響を調べ、土壌改良剤として用いることの可能性を評価することや、植物へのグルタチオンの作用機構の解明することが必要であると考えた。そこで、研究代表者らは本研究課題を提案するに至った。

2. 研究の目的

本研究の第一の目的は根、葉など植物体の様々な部位に部位特異的にグルタチオンを与え、グルタチオンが植物体内におけるカドミウムの移行・蓄積に対して及ぼす影響を評価することである。これらの実験を通じて、グルタチオンを土壌改良剤（あるいは葉面散布剤）として実際の生産現場で用いる可能性を評価する。また、グルタチオンがカドミウムの移行・蓄積に及ぼす影響を現象面から評価するだけでなく、そのメカニズムを解明することにも取り組む。これまでに経根吸収させたカドミウムの移行の可視化に成功しているポジトロンイメージング技術を利用して、グルタチオン処理した植物のカドミウムの移行動態を解析する。この解析により、カドミウムの移行におけるグルタチオン処理の影響を組織レベルで解明することが可能になる。このメカニズムの解明は、将来的には、カドミウムを蓄積しない農作物の創成に繋がることが期待できる。

3. 研究の方法

(1) グルタチオンがカドミウムの移行・蓄積に及ぼす影響の評価

水耕栽培した植物（アブラナ）を用いて植

物へのグルタチオンの施用（施用部位、添加期間、添加濃度等）がカドミウムの移行・蓄積に及ぼす影響を評価する。カドミウムの蓄積量（葉や根）・移行量（篩管・導管）・植物体の生育量等を対象区との比較により評価し、グルタチオンが植物体に与える影響を明らかにする。植物体におけるカドミウム蓄積量（濃度）の測定にはICP発光法を用いた。維管束組織中のカドミウム濃度はフレイムレス原子吸光法を用いて測定した。

(2) グルタチオン処理した植物のカドミウムの吸収・移行動態のポジトロンイメージングによる撮像

本研究において供試植物として用いるアブラナでは、ポジトロン放出核種である¹⁰⁷Cdを用いて、根から地上部へのカドミウムの移行動態を撮像することに成功している。この実験に関しては計測時の植物体の環境条件など実験条件を最適化することも既に行われ、得られる実験結果についても再現性が十分であることを確認している。本研究ではカドミウムの移行動態を撮像することによって、植物体へのグルタチオン処理がカドミウムの移行・蓄積に及ぼす影響を組織レベルで検証する。

4. 研究成果

植物体の様々な部位（根、未展開葉（シンク葉）、最大展開葉（ソース葉））に部位特異的にグルタチオンを投与して、カドミウムの吸収・蓄積に及ぼす影響を調べた。カドミウムの吸収・蓄積を抑制するのは根にグルタチオンを与えた場合のみであることを確認した。今回のカドミウム処理条件（10 μ Mのカドミウムを水耕液に添加、2日間処理）では植物体の地上部に蓄積するカドミウムの濃度は対照区の約20%になっていた。この時、根におけるカドミウム蓄積濃度はグルタチオン処理区、対照区ともほぼ同じであり、地上部へのカドミウムの移行がグルタチオンによって抑制されていることが示唆された。グルタチオン処理によ

て植物体の地上部へのカドミウムの移行が抑制されることは導管液中のカドミウム濃度がグルタチオン処理区では対照区の約40%になっていることから確認できた。実際の生産現場でのグルタチオンの使用を考え、様々な濃度のカドミウムやグルタチオンを植物の根に投与して、吸収実験を行った。根に与えたカドミウム濃度が低くなるとグルタチオンによるカドミウムの地上部への抑制効果が低くなることがわかった。また、グルタチオンがカドミウムの地上部への移行を抑制するメカニズムを解明することを目指して、根におけるカドミウムの挙動を調べた。その結果、グルタチオンの存在が根の細胞質に存在するカドミウムの濃度を低く抑えることを確認した。

アブラナの体内を移行するカドミウムの動態をポジトロン放出核種画像化システム（PETIS）によって非侵襲な状態で可視化することを試みた。その結果、グルタチオン処理によって植物の地上部へのカドミウムの移行が抑制されている様子を撮像することに成功した。また、新たな実験装置を作成することで、根圏（水耕液）から植物の根にカドミウムが吸収される様子を撮像することにも成功した。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計6件）

S. Nakamura, N. Suzui, N.S. Ishioka, N. Kawachi, M. Chino, S. Matsushashi and S. Fujimaki: Non-Invasive Imaging of Cadmium Long-distance Transport in Higher Plants. JAEA-Review 2007-060, JAEA Takasaki Annual Report 2006 p123 (2008) 査読有

N. Suzui, S. Fujimaki, N.S. Ishioka, N. Kawachi, S. Matsushashi, H. Hattori, M. Chino and S. Nakamura: Imaging of ¹⁰⁷Cd Translocation in Oilseed Rape Plants Treated with Different Cd Concentrations. JAEA-Review 2008-055, JAEA Takasaki Annual Report 2007 p112 (2009) 査読有

Fujimaki, S., Suzui, N., Ishioka, N.S., Kawachi, N., Ito, S., Chino, M. and Nakamura, S.: Tracing Cadmium

from Culture to Spikelet: Noninvasive Imaging and Quantitative Characterization of Absorption, Transport, and Accumulation of Cadmium in an Intact Rice Plant. *Plant Physiol.* 152: 1796-1806 (2010) 査読有

N. Suzui, S. Nakamura, S. Ito, N. Kawachi, N.S. Ishioka and S. Fujimaki: Kinetic Analysis of Cadmium Uptake in Oilseed Rape Plants Using Positron Multi-Probe System. JAEA-Review 2009-041, JAEA Takasaki Annual Report 2008 p102 (2010) 査読有

S. Nakamura, N. Suzui, N. Ishioka, N. Kawachi, S. Ito, H. Rai, H. Hattori, M. Chino and S. Fujimaki: Non-invasive Imaging Of Cadmium Distribution in Intact Oilseed Rape Plants. Paper 1181, The Proceeding of the International Plant Nutrition Colloquium, Vol. 16, University of California, Davis, Dept. of Plant Sciences. (2009) 査読無

S. Fujimaki, N. Suzui, N. Ishioka, N. Kawachi, S. Ito, M. Chino and S. Nakamura: Non-invasive Imaging and Characterization of Absorption, Transport and Accumulation of Cadmium in an Intact Rice Plant. Paper 1218, The Proceeding of the International Plant Nutrition Colloquium, Vol. 16, University of California, Davis, Dept. of Plant Sciences. (2009) 査読無

〔学会発表〕(計 13 件)

中村進一、茅野充男、藤巻秀、鈴木伸郎、石岡典子、松橋信平：植物体におけるカドミウムの吸収・移行の動態解明、第 2 回高崎量子応用研究シンポジウム 2007.06.21-06.22

中村進一、鈴木伸郎、石岡典子、河地有木、松橋信平、服部浩之、茅野充男、藤巻秀：ポジトロンイメージングを用いた植物の分子

イメージング研究：高等植物におけるカドミウム移行の動画像解析、日本分子イメージング学会 第 3 回総会・学術集会 2008.05.22-23

S. Nakamura, N. Suzui, T. Nagasaka, N. S. Ishioka, N. Kawachi, S. Matsushashi, H. Hattori, M. Chino and S. Fujimaki: Effects of glutathione to cadmium transport and accumulation in oilseed rape plants (*Brassica napus* L.), XVI Congress of the Federation of European Societies of Plant Biology (FESPB 2008), 2008.8.17-22

中村進一、鈴木伸郎、長坂俊紀、服部浩之、茅野充男、河地有木、石岡典子、藤巻秀：グルタチオンによる植物体地上部へのカドミウムの移行と蓄積の抑制、日本土壤肥料学会 2008 年度愛知大会 2008.09.09-11

鈴木伸郎、藤巻秀、石岡典子、河地有木、松橋信平、服部浩之、茅野充男、中村進一：植物体におけるカドミウムの輸送機構の解明、第 3 回高崎量子応用研究シンポジウム 2008.10.09-10.10

S. Nakamura, N. Suzui, N. Ishioka, N. Kawachi, S. Ito, H. Rai, H. Hattori, M. Chino and S. Fujimaki: Non-invasive Imaging Of Cadmium Distribution In Intact Oilseed Rape Plants. XVI International Plant Nutrition Colloquium, 2009.8.26-30

S. Fujimaki, N. Suzui, N. Ishioka, N. Kawachi, S. Ito, M. Chino and S. Nakamura: Non-invasive Imaging And Characterization Of Absorption, Transport And Accumulation Of Cadmium In An Intact Rice Plant. XVI International Plant Nutrition Colloquium, 2009.8.26-30

中村進一、鈴木伸郎、伊藤小百合、河地

有木、石岡典子、頼泰樹、服部浩之、茅野充男、藤巻秀：アブラナ根におけるカドミウムの挙動に対するグルタチオンの影響
日本土壌肥料学会 2009 年度京都大会
2009.09.15-17

S. Nakamura, N. Suzui, T. Nagasaka, S. Ito, N. Kawachi, N.S. Ishioka, H. Rai, H. Hattori, M. Chino and S. Fujimaki: Glutathione, Administered to the Roots, Reduce Cd accumulation in the Shoots of Oilseed Rape Plants. MARCO Symposium 2009
2009.10.05-07

鈴井伸郎、伊藤小百合、河地有木、石岡典子、藤巻秀、中村進一：多点型ポジトロン検出器を用いた植物のカドミウム吸収特性の解析、第 4 回高崎量子応用研究シンポジウム 2009.10.08-09

中村進一、鈴井伸郎、長坂俊紀、伊藤小百合、河地有木、石岡典子、頼泰樹、服部浩之、茅野充男、藤巻秀：ポジトロンイメージング技術を用いた植物体地上部へのカドミウム移行抑制の解析、第 13 回放射線プロセスシンポジウム 2009.11.12-13

中村進一：食糧のカドミウム汚染問題の解決に向けた植物栄養学的研究：（第 557 回高崎研オープンセミナー（日本原子力研究開発機構、高崎量子応用研究所））、2010.03.08.

中村進一、鈴井伸郎、長坂俊紀、伊藤小百合、河地有木、石岡典子、頼泰樹、服部浩之、茅野充男、藤巻秀：アブラナの根に与えたグルタチオンは植物体の地上部へのカドミウムの移行と蓄積を選択的に障害する、第 51 回日本植物生理学会年会
2010.03.18-21

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 1 件)

名称：植物の茎葉部分および子実へのカドミウム蓄積抑制農業資材、および抑制方法

発明者：中村 進一
権利者：秋田県立大学
種類：特許
番号：特許公開 2010-30939
出願年月日：平成20年7月28日
国内外の別：国内

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.akita-pu.ac.jp/stic/souran/scholar/detail.php?id=41>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 進一 (NAKAMURA SHIN-ICHI)
秋田県立大学・生物資源科学部・
准教授
研究者番号：00322339

(2) 研究分担者

藤巻 秀 (FUJIMAKI SHU)
独立行政法人日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用研究部門・
研究副主幹
研究者番号：20354962

鈴井 伸郎 (SUZUI NOBUO)
独立行政法人日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用研究部門・
研究員
研究者番号：20391287

伊藤 小百合 (ITO SAYURI)
独立行政法人日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用研究部門・
博士研究員
研究者番号：20512221
(2009 年度)

(3) 連携研究者 なし