

平成 21 年 6 月 22 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19780016
 研究課題名 (和文) コムギのカドミウム吸収・蓄積能に関わる根系形態および機能の解析
 研究課題名 (英文) Study on root morphology and function related to cadmium absorption and accumulation in wheat
 研究代表者
 久保 堅司 (KUBO KATASHI) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・九州沖縄農業研究センター 赤かび病研究チーム・任期付研究員
 研究者番号：20446470

研究成果の概要：コムギ子実のカドミウム濃度が高い品種と低い品種について、幼植物体でのカドミウムの濃度と吸収量を調査したところ、子実のカドミウム濃度が高い品種は低い品種と比較して、幼植物体の時点でカドミウムの吸収量が多く、根から地上部へのカドミウムの移行量が多いことを示した。また、幼植物体でのカドミウムの吸収量が多い品種は少ない品種と比較して根の分枝が多く、これがカドミウムの吸収特性と関係している可能性を示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,300,000	0	2,300,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	270,000	3,470,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学、作物学・雑草学

キーワード：コムギ、カドミウム、根、遺伝変異

1. 研究開始当初の背景

カドミウムは工業的に有用であるが、人体には尿細管障害、腎臓障害、骨軟化症、骨粗しょう症といった健康被害を与えうる重金属である。近年、人類の様々な産業活動によって環境に排出されたカドミウムを農作物が吸収し、それを人が摂取するという、カドミウムの生物濃縮が懸念されている。環境省の報告によると、国内では北海道から九州まで、約 60 の地域がカドミウムによる土壤汚染の対策指定地となっており、特に、水田土壌へのカドミウム蓄積が食糧生産上の問題とされる場合が多い。国内のコムギの多くは水田輪換畑で生産されることから、コムギへのカドミウムの蓄積については十分な注意

が求められている。2005 年 7 月の FAO/WHO 合同規格 (CODEX) 委員会では、コムギ子実におけるカドミウムの上限許容値が 0.2ppm に設定されたが、国内の平成 14 年産コムギでは全体の 3.1% で許容値の超過が確認されており、コムギ子実へのカドミウム蓄積を低減させるための取り組みが強く求められている。

農作物へのカドミウムの蓄積を抑える方策として現在行われているのは「低カドミウム濃度土壌の客土」である。しかし、高価で多くの労力を要することや、田畑輪換の過程で農作物へのカドミウムの蓄積低減効果が減少する等の欠点が指摘されており、カドミウム濃度が高いすべての農地に適用するこ

とは困難である。現在、客土以外の対策技術も考案されており、それは大きく2つに分けることができる。一つは長期的な計画のもとに実施される、「ファイトレメディエーション（植物を用いた土壤中カドミウムの回収）」であり、もう一つは「カドミウム低蓄積品種の開発・導入」である。従来のカドミウムに関する研究では、ファイトレメディエーションを目的としたカドミウム超吸収植物の探索や、植物のカドミウム吸収に影響する土壤の化学的要因の究明などが精力的に進められてきたが、それらと比較すると植物体のカドミウム吸収・移行性に関する研究は多くない。特にコムギについては、マカロニコムギでカドミウム低蓄積系統の開発が進んでいるが、「何故子実のカドミウム蓄積性に品種間差異が顕れるのか」といった要因の追究を、特に根系の形態や機能に着目して行った例は少ない。

研究代表者はこれまでに、土壤環境に対するコムギ根系の反応および不良土壤環境下でのコムギの生育と関わる根系形質の遺伝変異について研究を進めてきた。土壤中のカドミウムがコムギの子実へ蓄積されるまでには様々な特性が複雑に関係するものと考えられるが、土壤中のカドミウムは根系から吸収されるため、根系の形態や個根における微量元素の吸収能は子実へのカドミウムの蓄積性に関わる最初のプロセスであると考えられる。そこで、研究代表者は生物に悪影響を及ぼす重金属であるカドミウムについて、これまでに習得した根系の調査手法を活用・発展させることにより、コムギにおける吸収量の遺伝変異および吸収・蓄積のメカニズムについて解析を進める。

2. 研究の目的

農耕地に蓄積したカドミウムは農作物に吸収され、それを食したヒトに蓄積することが知られている。カドミウムはヒトの健康に悪影響を及ぼす重金属であるため、摂取量は可能な限り低いことが望ましい。本研究はコムギにおける子実へのカドミウム蓄積の低減を目的とし、子実への蓄積性が異なる品種における幼植物体での吸収性を明らかにする。また、カドミウムの吸収性と根系形態との関係を解析する。

3. 研究の方法

(1) 子実のカドミウム濃度が特徴的なコムギ品種における幼植物体でのカドミウムの吸収・集積能の評価

子実カドミウム濃度が「高」と「低」の品種を水田輪換畑圃場とポットで栽培し、越冬前の幼植物体における部位別のカドミウムの吸収量を調査し、地下部から地上部への移行程度について検討した。圃場試験には、ニ

シカゼコムギ（子実カドミウム濃度：高）、キタカミコムギ（高）、きぬの波（低）、きたほなみ（低）およびナンブコムギ（低）を、ポット試験には、ニシカゼコムギ、きぬの波およびきたほなみを供試した。圃場試験では、中央農業総合研究センターの水田輪換畑圃場（沖積土）にN、P₂O₅、K₂Oをそれぞれ4.0、6.0、4.0 kg/10a施し、2006年11月7日、条間0.7 m、7.1 g/mの密度で播種した。ポット試験では、沖積土を土壤密度 0.79 kg/cm³ で充填した1/5000 aワグネルポットにN、P₂O₅、K₂Oをそれぞれ7.5、11.25、7.5 kg/10a施し、11月28日、各ポットに3粒ずつ播種した。試験区制はそれぞれ2反復（圃場）と4反復（ポット）の乱塊法とした。圃場試験では播種後62日目（62DAS）、ポット試験では37DASに、茎葉部と根部を採集し、60℃で7日間乾燥させた後粉砕した。カドミウム濃度の測定は、試料100 mgに0.1 M硝酸20 mLを加えて振とう抽出・ろ過した後、ICP-MS（ELAN6100DRC, Perkin Elmer Instruments）を用いて行った。

(2) 幼植物体でのカドミウムの蓄積性が異なる品種の根系形態の調査

試験には、ニシカゼコムギ（幼植物体のカドミウム蓄積性：高）、キタカミコムギ（高）、ナンブコムギ（低）およびきたほなみ（低）を供試した。50cm×50cmの亚克力板2枚の側部と底部の間に1.5cm角のスポンジ製ローブを挟み、それらをダブルクリップで固定した根箱に、N、P₂O₅、K₂Oをそれぞれ0.7、0.9、0.7g混合した土壌（黒ボク土：砂=3：2）を充填した（第1図）。



第1図. 試験で用いた根箱と試験期間中の様子。各根箱の▼の位置に播種を行った。コンクリートブロック、ビニルシートおよび木枠を用いて、根箱を静置した。

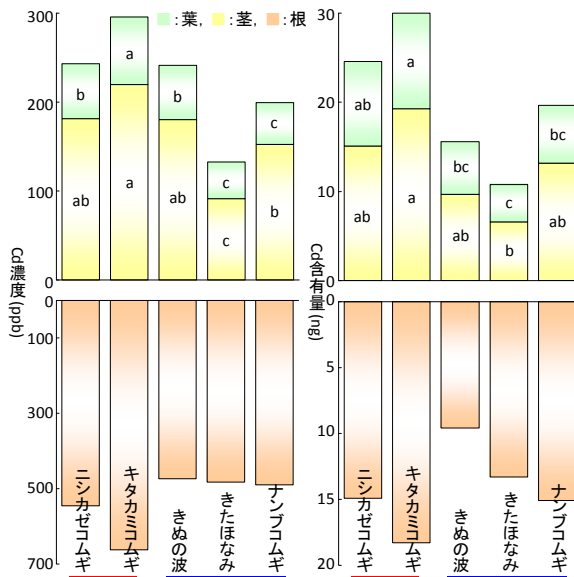
2007年12月8日、九州沖縄農業研究センター筑後研究拠点内ガラス室において、シャレー上で発芽させた種子を各根箱2粒播種した。灌水は、根箱には底部にあけた直径2mmの穴から吸水させることにより行った。区制は3反復の乱塊法とした。39DASに、亚克力板上で確認できる最伸種子根長と総根端数を計測した。73DASと97DASには、亚克力板を1cm角の格子に区切り、各格子内に確認できる根数を計測した。そのデータをもとに、土壤深度別の単位面積当たり根数（根

数頻度)を算出した。その後根箱を解体し、地上部と地下部の乾物重を計測したのち、地上部と地下部のカドミウム濃度を ICP-MS にて測定した。すべての調査日には茎数を測定した。73DAS には、最伸種子根上の側根数を計測し、側根密度を算出した。

4. 研究成果

(1) 子実のカドミウム濃度が特徴的なコムギ品種における幼植物体のカドミウムの吸収・集積能の評価

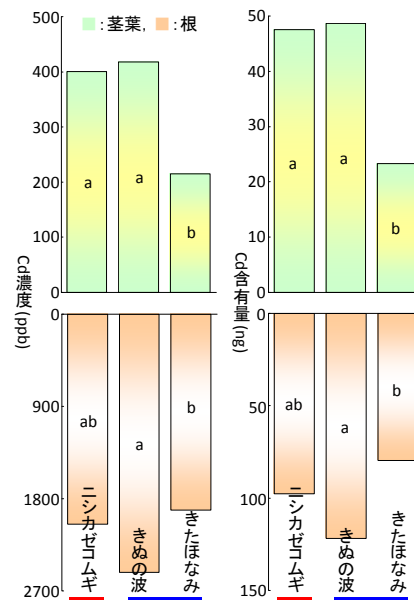
圃場試験とポット試験のサンプリング時の地上部形質をみたところ、草丈と葉齢に有意な品種間差異があったが、子実のカドミウム濃度の高低と明確に対応する形質は認められなかった。圃場試験における器官別のカドミウム濃度と含有量には茎部と葉身部で有意な品種間差異が認められ(第2図)、子実のカドミウム濃度の低いきたほなみとナンブコムギは、濃度の高いニシカゼコムギやキタカミコムギと比較して、茎葉部におけるカドミウム濃度と含有量が低かった。一方、子実カドミウム濃度の低いきぬの波の茎葉部のカドミウム濃度は子実カドミウム濃度の高いニシカゼコムギと同程度だった。



第2図. 圃場試験における器官別のCd濃度およびCd含有量。Cd含有量は一個体あたりの値。根の乾物重は株元から深さ30 cm、長さ30 cm、幅20 cmの範囲で採集したものについて測定した。品種名に沿った直線は、赤が子実Cd濃度が高い品種、青が子実Cd濃度の低い品種であることを示す。葉と茎のCd濃度およびCd含有量には分散分析によりそれぞれ1%水準、5%水準で有意な差異が認められた。各形質の異なる英文字間にはRyan-Einot-Gabriel-Welschの多重検定(P<0.05)で有意差があることを示す。

ポット試験では根部と茎葉部のカドミウム濃度と含有量に有意な品種間差異が認められ、圃場試験の結果と同様に、きたほなみはニシカゼコムギやきぬの波と比較して低い値を示した(第3図)。カドミウム濃度と含有量の地上部/地下部比をみたところ、きたほなみとナンブコムギは他の3品種と比較して低い傾向が示された(第1表)。以上の結果か

ら、子実カドミウム濃度の低いきたほなみやナンブコムギは濃度の高いニシカゼコムギやキタカミコムギと比較して、幼苗でのカドミウムの吸収量と地下部から地上部への移行程度が少ないことが示された。一方、子実カドミウム濃度の低いきぬの波の茎葉部のカドミウム濃度と地下部から地上部への移行性は濃度の高い品種と同程度であったことから、本品種は茎立期以降のカドミウム吸収・移行機構に特徴を有する可能性が示唆された。



第3図. ポット試験における器官別のCd濃度およびCd含有量。Cd含有量は一個体あたりの値。品種名に沿った直線は、赤が子実Cd濃度が高い品種、青が子実Cd濃度の低い品種であることを示す。茎葉と根のCd濃度およびCd含有量には分散分析により5%水準で有意な差異が認められた。各形質の異なる英文字間にはRyan-Einot-Gabriel-Welschの多重検定(P<0.05)で有意差があることを示す。

第1表. 圃場およびポット試験におけるCdの濃度と含有量の地上部/地下部比。

	圃場	ポット
濃度		
ニシカゼコムギ	0.191	0.196
キタカミコムギ	0.198	
きぬの波	0.220	0.166
きたほなみ	0.131	0.113
ナンブコムギ	0.177	
含有量		
ニシカゼコムギ	1.649	0.486
キタカミコムギ	1.638	
きぬの波	1.626	0.400
きたほなみ	0.811	0.293
ナンブコムギ	1.301	

品種名に沿った直線は、赤が子実Cd濃度が高い品種、青が子実Cd濃度の低い品種であることを示す。

(2) 幼植物体でのカドミウムの蓄積性が異なる品種の根系形態の調査

39DAS および 73DAS において、種子根はニシカゼコムギときたほなみがキタカミコムギとナンブコムギよりも長く、根端数と側根密度はニシカゼコムギとキタカミコムギ

が他2品種よりも高い値を示した(第2表).

第2表. 39DAS および 73DAS における種子根長と側根の発達程度

	39DAS		73DAS	
	最伸種子根長 (cm)	根端数	最伸種子根長 (cm)	側根密度 (cm ⁻¹)
ニシカゼコムギ	14.8 ^a	161 ^a	47.2 ^a	3.03 ^a
キタカミコムギ	13.3 ^a	110 ^b	38.5 ^b	3.12 ^a
ナンブコムギ	11.0 ^a	81 ^c	37.5 ^b	3.03 ^a
きたほなみ	15.2 ^a	85 ^{bc}	53.1 ^a	2.37 ^a
ANOVA	+	**	**	+

根端数はアクリル板上から確認された総数(2個体分). 各列の異なる英文字間には Ryan-Einot-Gabriel-Welsch の多重検定 (P<0.05) で有意差があることを示す. **, +は分散分析によりそれぞれ 1%および 10%水準で有意であることを示す.

根数頻度は, 73DAS の土壌深度 0-25cm でニシカゼコムギとキタカミコムギが他2品種よりも有意に高い値を示した(第3表). 97DAS では, 土壌深度 0-25cm でニシカゼコムギとキタカミコムギが他2品種よりも有意に高く, 土壌深度 25-50cm でキタカミコムギときたほなみが高かった. 全体(土壌深度 0-50cm) でみると, 73DAS と 97DAS いずれもニシカゼコムギとキタカミコムギが他2品種よりも高い値を示した.

第3表. 73DAS および 97DAS の根数頻度 (本 cm⁻¹).

	土壌深度 (cm)		
	0-25	25-50	0-50
73DAS			
ニシカゼコムギ	2.12 ^a	0.36 ^a	0.61 ^a
キタカミコムギ	1.72 ^a	0.21 ^a	0.48 ^{ab}
ナンブコムギ	0.79 ^b	0.07 ^a	0.21 ^c
きたほなみ	0.84 ^b	0.16 ^a	0.25 ^{bc}
ANOVA	**	ns	*
97DAS			
ニシカゼコムギ	2.97 ^a	1.09 ^{bc}	1.02 ^{ab}
キタカミコムギ	2.91 ^a	1.81 ^a	1.18 ^a
ナンブコムギ	1.78 ^b	0.78 ^c	0.64 ^c
きたほなみ	1.70 ^b	1.36 ^{ab}	0.77 ^{bc}
ANOVA	**	**	**

各列の異なる英文字間には Ryan-Einot-Gabriel-Welsch の多重検定 (P<0.05) で有意差があることを示す. **は分散分析により 1%水準で有意であることを示す.

茎あたり根端数および根数頻度(土壌深度 0-50cm)を求めたところ, いずれもニシカゼコムギとキタカミコムギが他2品種よりも高い値を示した(第4表). 地上部のカドミウム濃度・含有量と地下部から地上部への移行性は 73DAS と 97DAS いずれもニシカゼコムギとキタカミコムギがきたほなみとナンブコムギよりも高かった. 以上のように, 幼植物体でのカドミウムの蓄積性が高いニシカゼコムギやキタカミコムギは, 蓄積性が低いナンブコムギやきたほなみと比べて, 側根の発生や伸長が旺盛であることが示された. 土壌中のミネラルは主に根端部から吸収される

こと, また, 根端部からの分泌物がミネラルを可溶化して根からの吸収を促進することなどから, ニシカゼコムギやキタカミコムギの生育初期からの旺盛な側根の発達が幼植物体におけるカドミウムの蓄積と関係している可能性が示唆された.

第4表. 茎あたり根端数(39DAS) および土壌深度 0-50cm の根数頻度(73DAS および 97DAS).

	根端数/茎数 (39DAS)	根数頻度/茎数 (73DAS)	根数頻度/茎数 (97DAS)
ニシカゼコムギ	42.3 ^a	0.07 ^a	0.12 ^a
キタカミコムギ	34.3 ^{ab}	0.04 ^b	0.08 ^b
ナンブコムギ	26.8 ^b	0.02 ^c	0.05 ^{bc}
きたほなみ	28.4 ^b	0.02 ^c	0.03 ^c
ANOVA	**	**	**

各列の異なる英文字間には Ryan-Einot-Gabriel-Welsch の多重検定 (P<0.05) で有意差があることを示す. **は分散分析により 1%水準で有意であることを示す.

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)

[学会発表] (計2件)

① 久保堅司, 河田尚之, 松中 仁, 関 昌子, 藤田雅也, 八田浩一, 小田俊介, カドミウムの蓄積性が異なるコムギ品種間で観察された根の形態的特性の差異, 日本作物学会第226回講演会, 2008年9月24-25日, 神戸大学.

② 久保堅司, 松中 仁, 関 昌子, 藤田雅也, 蝶野真喜子, 金子成延, 渡邊好昭, コムギ品種における幼植物体のカドミウム蓄積特性, 日本作物学会第224回講演会, 2007年9月26-27日, 金沢大学角間キャンパス総合研究棟.

6. 研究組織

(1)研究代表者

久保 堅司 (KUBO KATASHI)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・九州沖縄農業研究センター 赤かび病研究チーム・任期付研究員

研究者番号: 20446470

(2)研究分担者

(3)連携研究者