

ダイズの子実カドミウム濃度におよぼす品種 および石灰質資材施用の影響

細淵 幸雄^{*1}

北海道で栽培されるダイズ品種の中で、「いわいくろ」とその母親である「晩生光黒」の子実カドミウム濃度が高かった。「いわいくろ」は、「トヨムスメ」より根のカドミウム濃度が低く、茎葉の吸収量が多かったことから、地上部にカドミウムが移行しやすい品種と考えられた。

石灰質資材として苦土炭酸カルシウムと消石灰を播種前に施用すると、前者は開花期までに後者は播種時に目標pHに達したが、両区とも子実カドミウム濃度はほぼ同等であり無施用区より低減した。カドミウム濃度の高い土壌から、低い土壌への植え替え試験を行うことにより、開花期から子実肥大期の間に吸収したカドミウムが、子実に移行することを明らかにした。このことから、開花期までに目標pHに達するように石灰質資材を施用すると、子実カドミウム濃度を効果的に低減できると考えられた。

緒 言

北海道におけるダイズは、作付面積が都道府県の中で最も多く、生産量は全国（238,000t）の35%を占め¹⁾、畑作物あるいは水田の転換作物として重要な品目である。ダイズは、日本人の食習慣においては多様な形態で摂取され、それに伴うカドミウム摂取量は単一作物として、コメ、コムギに次いで3番目に多い¹³⁾。このため、ダイズにはカドミウム濃度の国際あるいは国内基準値が設定されていないものの、食の安全性の観点から、可能な限りその濃度を低減させることが望ましい。

耕作的にダイズ子実のカドミウム濃度を低減させる方法として、カドミウム濃度の低い品種の選択と、土壌pHを高めることによる作物への吸収抑制があげられる。ダイズのカドミウム濃度には品種間差があり、その差異は遺伝的要因によることが知られている¹⁾。羽鹿ら³⁾は、国内で栽培されるダイズの主要品種のカドミウム濃度を調査した。その結果、北海道で栽培される品種の中で、「晩生光黒」グループを子実カドミウム濃度が比較的高い品種群とした。これらの研究は、本州で行われたことから、実際に栽培されている地域で、他品種との比較を行う必要がある³⁾。

土壌pHを高めることにより、土壌中のカドミウムは

不溶化し作物への吸収は抑制されることから、これに基づく子実カドミウム濃度の低減効果が示された^{11), 9)}。土壌pHを高めるために、石灰質資材が使用され目標pHに達するように施用量が決定される。一方、石灰質資材の種類によっては施用後に目標pHに達するまである程度時間を要する⁹⁾。このため、石灰質資材により効果的に子実カドミウム濃度を低減するには、カドミウムのダイズ子実への移行時期を明らかにし、その時期までに目標pHに達するようにすることが重要と考えられる。

本報では、北海道で栽培されるダイズ品種の子実カドミウム濃度を明らかにするとともに、石灰質資材施用による子実カドミウム濃度を子実へのカドミウムの吸収移行時期とともに解析した。

試験方法

1 北海道で栽培されるダイズ品種のカドミウム濃度

地方独立行政法人北海道立総合研究機構道南農業試験場（北斗市、以下；道南農試）の圃場A、BおよびC（いずれも中粒質普通褐色低地土）において、「いわいくろ」、「大袖の舞」、「音更大袖」、「キタムスメ」、「スズマル」、「タマフクラ」、「中生光黒」、「ツルムスメ」、「トカチクロ」、「トヨコマチ」、「トヨハルカ」、「トヨホマレ」、「トヨムスメ」、「ハヤヒカリ」、「ユウヅル」、「ユキシズカ」、「ユキホマレ」および「ゆきぴりか」を栽培した。また、圃場Dにおいて、「いわいくろ」、「つぶらくろ」、「トヨムスメ」、「晩生光黒」および「ゆめのつる」を栽培した。圃場A、B、CおよびDの土壌pHは、それぞれ

2017年12月26日受理

^{*1} （地独）北海道立総合研究機構道南農業試験場（現：同中央農業試験場、069-1395 夕張郡長沼町）

E-mail: hosobuchi-yukio@hro.or.jp

5.6, 6.5, 5.5および6.7であり, 0.1M塩酸可溶性カドミウム濃度はそれぞれ0.41, 0.24, 0.35および0.24mg/kgであった。株間20cmおよび条間60cmとして, 1品種あたり連続して5株になるように播種し, これを2反復で行った。なお, 播種粒数は4粒とし, 発芽後に2本に揃えた。施肥は, S325 (エーコーブ苦土入り複合硫加燐安S325) を用いてN, P_2O_5 および K_2O としてそれぞれ1.5, 11および8kg/10aを基肥として施用した。圃場A およびBでは, 2009年5月20日および5月14日に播種し, 9月29日および9月25日より成熟した品種から適宜収穫した。圃場Cでは2010年5月18日に播種し, 9月22日より収穫を開始した。圃場Dでは, 2012年5月22日に播種し, 10月9日より子実の収穫を開始した。収穫は, 各品種連続した5株から子実を採取し, 混合して分析に供試した。

地方独立行政法人北海道立総合研究機構中央農業試験場 (長沼町, 以下; 中央農試) の温室で, 1/5000aワグネルポットに, 褐色低地土 (土壌pHが5.0, 0.1M塩酸可溶性カドミウム濃度が0.55mg/kg) を乾土あたり2.5kg充填し, S325を6g施肥した。2016年5月24日に「いわいくろ」および「トヨムスメ」の種子をそれぞれポットあたり4粒播種し, 発芽後に2本に揃え, 3反復で栽培した。開花始め (7月15日, R1期²⁾) に作物体を採取し, 葉, 茎 (分枝, 花を含む) および根に分離した。

2 石灰質資材施用とカドミウムの子実への吸収移行時期が子実カドミウム濃度におよぼす影響

2009年に道南農試の圃場Aにおいて, 対照区, 炭カル区, および消石灰区をそれぞれ3反復で設定し, ダイズ「トヨムスメ」を栽培した。対照区は, 石灰質資材無施用とし, 炭カル区および消石灰区は, 緩衝曲線法により目標pHが6.5になるように苦土炭酸カルシウムおよび消石灰を散布し, 深さ20cmまで混和した。株間20cmおよび条間60cmで4粒播種し, 発芽後に2本に揃えた。施肥は, S325を用いてN, P_2O_5 および K_2O としてそれぞれ1.5, 11および8kg/10aを基肥として施用した。5月1日に石灰質資材を施用し, 5月20日に施肥および播種を行い, 10月6日に子実を収穫した。また, 播種時, 開花期 (R2期²⁾), 莢伸長期 (R4期), 子実肥大期 (R6期) および収穫時に20cm深までの土壌を採取した。

カドミウム濃度の高い土壌から低い土壌へのダイズの植え替えが子実カドミウム濃度におよぼす影響を検討した。中央農試の温室で, 1/5000aワグネルポットに, カドミウム濃度の低い (L, 土壌pHが6.3, 0.1M塩酸可溶性カドミウム濃度が0.08mg/kg) および高い (H, 土壌pHが5.0, 0.1M塩酸可溶性カドミウム濃度が0.55mg/kg) 土壌を乾土あたりそれぞれ2.5kg充填した。両土壌は, 褐色低地土であった。2016年5月24日にS325を6g/pot施肥

し, 「トヨムスメ」の種子をポットあたり4粒播種し, 発芽後に2本に揃えて栽培した。全てのポットのダイズは, 開花期, 莢伸長期および子実肥大期に, 根鉢状の根に付着した土を水道水で洗い流して取り除き, 新たなLもしくはH土壌のポットに植え替えた。植え替え試験の処理として, Lのみ区 (L土壌に播種し, 各生育期にL土壌に植え替え), 開花期L区 (H土壌に播種し, 開花期, 莢伸長期および子実肥大期にL土壌に植え替え), 莢伸長期L区 (H土壌に播種し, 開花期にH, 莢伸長期並びに子実肥大期にL土壌に植え替え), 子実肥大期L区 (H土壌に播種し, 開花期並びに莢伸長期にL, 子実肥大期にH土壌に植え替え) およびHのみ区 (H土壌に播種し, 各生育期にH土壌に植え替え) を設定した (表4)。開花期, 莢伸長期, 子実肥大期の植え替えおよび収穫は, それぞれ7月13日, 8月2日, 8月19日および9月28日であり, 各処理とも3反復で行った。

3 分析方法

採取した作物体は, 60°C・3日間の通風乾燥後に乾物重を測定し, 粉碎した。粉碎試料を硝酸および過塩素酸で湿式分解後, 道南農試の圃場試験の試料はICP発光分析装置 (SHIMADZU ICP-7000) により, 中央農試のポット試験の試料は原子吸光光度計 (HITACHI Z2310) によりカドミウム (228.8nm) を測定した。なお, ダイズ作物体のカドミウム濃度は, 葉, 茎および根 (肥大中の子実を含む) を乾物あたりで, 子実については現物あたり (乾物あたりに水分率15%を換算) で示した。

採取した土壌は, 風乾後2mmで篩別し, 固液比を1:2.5として土壌pH (H_2O) をガラス電極法で測定した。

結 果

1 北海道で栽培されるダイズ品種のカドミウム濃度

北海道で栽培されるダイズ品種の子実カドミウム濃度を, 土壌のカドミウムレベルが異なる複数の圃場で栽培し比較した。圃場A, B, CおよびDの子実カドミウム濃度は, いずれの圃場も「いわいくろ」が最も高かったことから, この品種の濃度を1としたときの濃度比で示した (図1)。圃場A~Cにおける「いわいくろ」に対する他の品種カドミウム濃度比は, 0.42~0.87であった。また, 「いわいくろ」以外の品種は圃場の違いにより濃度比が異なっていた。圃場Dでは, 「晩生光黒」の濃度比が1.00であり, 「いわいくろ」と同等であった。また, 「トヨムスメ」, 「つぶらくろ」および「ゆめのつる」は, 0.48~0.58であった。

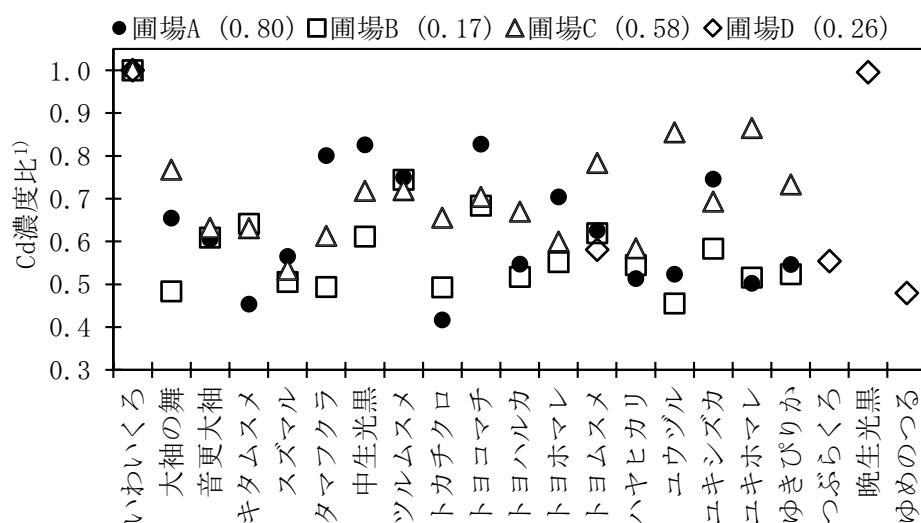


図1 北海道で栽培されるダイズ品種の子実カドミウム濃度の比較
括弧内の数値は、その圃場の「いわいくろ」の子実カドミウム濃度 (mg/kg) を示す。

1) 「いわいくろ」の子実Cd濃度を1としたときの各品種の濃度比
(各品種Cd濃度/いわいくろCd濃度)

表1 「いわいくろ」, 「トヨムスメ」の部位別カドミウム濃度および吸収量

品種	部位	乾物重 (g/pot)	Cd濃度 (mg/kg)	Cd吸収量 (mg/pot)
いわいくろ	葉	28.1 ± 0.8*	3.08 ± 0.47*	86.4 ± 0.5*
	茎	23.0 ± 0.4*	2.11 ± 0.30*	48.4 ± 6.6*
	根	4.3 ± 0.4	6.56 ± 1.05*	28.2 ± 4.2
	合計	55.4 ± 1.5		163.0 ± 23.1*
トヨムスメ	葉	26.3 ± 0.5	1.20 ± 0.07	31.6 ± 0.1
	茎	26.0 ± 0.8	0.88 ± 0.05	23.0 ± 1.8
	根	3.6 ± 0.2	9.23 ± 0.72	32.9 ± 4.5
	合計	55.9 ± 1.3		87.4 ± 7.1

平均値±標準偏差。

*は、トヨムスメと有意差があることを示す (5%水準, t検定)。

子実カドミウム濃度が高い「いわいくろ」と、それより低い「トヨムスメ」の葉、茎および根のカドミウム濃度および吸収量を比較した (表1)。部位別のカドミウム濃度は、両品種とも根>葉>茎の順であった。「いわいくろ」は、地上部である葉および茎のカドミウム濃度が「トヨムスメ」より高かったが、一方で根は低かった。また、「いわいくろ」の葉、茎および作物体全体のカドミウム吸収量はトヨムスメより多かった。

2 石灰質資材施用とカドミウムの子実への吸収移行時期が子実カドミウム濃度におよぼす影響

目標pHを6.5としたときの石灰質資材の違いが、子実カドミウム濃度におよぼす影響を調査した。石灰質資材

施用によるダイズ栽培中の土壌pHは、対照区が5.6前後で推移した (表2)。炭カル区では、播種時に6.0であり、対照区より高かったが消石灰区より低かった。しかし、開花期には消石灰区とほぼ同様となり以降は概ね目標pHに達した。消石灰区では播種時に目標pHである6.5に達し、栽培期間中も同様に推移した。子実カドミウム濃度は、対照区 (0.53mg/kg) より炭カル区および消石灰区が低く、石灰質資材の施用効果が認められた (表3)。炭カル区 (0.32mg/kg) および消石灰区 (0.25mg/kg) の子実カドミウム濃度は、有意差が認められずほぼ同等であった。炭カル区の子実カドミウム濃度でみると、概ね対照区の6割以下であった。

表2 石灰質資材の違いが土壌pHの推移におよぼす影響

処理区	播種時 (5月20日)	開花期 (7月23日)	莢伸長期 (8月10日)	子実肥大期 (9月1日)	収穫期 (収穫期)
対照 (資材無施用)	5.6 ± 0.1a	5.7 ± 0.1a	5.5 ± 0.1a	5.6 ± 0.0a	5.7 ± 0.1a
炭カル	6.0 ± 0.1b	6.3 ± 0.2b	6.3 ± 0.1b	6.5 ± 0.1b	6.4 ± 0.2b
消石灰	6.4 ± 0.2c	6.5 ± 0.2b	6.4 ± 0.2b	6.6 ± 0.1b	6.6 ± 0.2b

平均値±標準偏差。異なる英小文字間は、有意差があることを示す (5%水準, Tukey法)。

表3 石灰質資材の違いが子実カドミウム濃度におよぼす影響

処理区	子実重 (kg/10a)	子実Cd濃度 (mg/kg)
対照 (資材無施用)	307 ± 42a	0.53 ± 0.08b
炭カル	347 ± 71a	0.32 ± 0.07a
消石灰	374 ± 26a	0.25 ± 0.07a

平均値±標準偏差。異なる英小文字間は、有意差があることを示す (5%水準, Tukey法)。

表4 ダイズの植え替えが子実カドミウム濃度におよぼす影響

処理	播種	開花期	莢伸長期	子実肥大期	子実重 (g/pot)	子実Cd濃度 (mg/kg)
Lのみ	L ¹⁾	L	L	L	23.6 ± 3.8 a	0.09 ± 0.01 a
開花期L	H	L	L	L	36.9 ± 6.9 a	0.08 ± 0.01 a
莢伸長期L	H	H	L	L	24.7 ± 4.8 a	0.27 ± 0.01 b
子実肥大期L	H	H	H	L	25.3 ± 2.6 a	0.37 ± 0.04 c
Hのみ	H	H	H	H	29.1 ± 8.0 a	0.39 ± 0.02 c

平均値±標準偏差。異なる英小文字は、有意差があることを示す (5%水準, Tukey法)。

1) 各生育期に、Cd濃度が低い土壌 (L) あるいは高い土壌 (H) に植え替えたことを示す。

各生育期のHからL土壌への植え替え試験を行うことにより、どの生育期に吸収したカドミウムが子実に移行するか検討した (表4)。Lのみ区と開花期L区では、子実カドミウム濃度は同等であった。これに対して、莢伸長期L区では、Lのみ区や開花期L区より高まった。また、子実肥大期L区とHのみ区の子実カドミウム濃度はほぼ同等であり、莢伸長期L区より高かった。

考 察

本試験の供試品種の中で、いずれの圃場でも「いわいくろ」の子実カドミウム濃度は高く、圃場Dでは「晩生光黒」が「いわいくろ」と同等であった (図1)。ダイズの子実カドミウム濃度には品種間差があり、これは遺伝的要因によることが知られている¹⁾。「いわいくろ」は、在来種である「晩生光黒」を母親として育成されたことから、遺伝的に影響を受けたと考えられた。なお、「いわいくろ」や「晩生光黒」と来歴が異なる品種間では、供試圃場ごとに「いわいくろ」に対する子実のカドミウム濃度比の高低が異なっていたことから、順位付けはできなかった (図1)。したがって、「いわいくろ」および「晩生光黒」を栽培して子実カドミウム濃度が高まる可能性のある圃場では、他の品種を選択することにより、濃度を低減できると考えられる。

子実カドミウム濃度が高い「いわいくろ」とそれより低い「トヨムスメ」について、部位別のカドミウムの蓄積程度を解析してみると、地上部である茎葉のカドミウム濃度は「いわいくろ」が高く吸収量も多かったのに対し、根では「トヨムスメ」の方が高かった (表1)。子実カドミウム濃度が高い品種である「Harosoy」や「スズユタカ」も、低い品種である「En-b0-1-2」や「エンレイ」に比べて、茎葉が高く、根が低かった¹⁾。これは、子実カドミウム濃度が高い品種は、根から吸収したカドミウムが地上部に移行しやすいためであり、逆に低い品種は、根にカドミウムを蓄積し茎葉に移行しにくいためと考えられた¹⁴⁾。本試験では、Arao et al¹⁾やSugiyama et al¹⁴⁾が行った試験とは遺伝的に遠縁の品種である「いわいくろ」を供試したが、この品種も根から吸収したカドミウムが地上部に移行しやすいために、子実カドミウム濃度が高まると考えられた。

石灰質資材の種類により、ダイズの子実カドミウム濃度に影響があるか検討するため、土壌pHの高まる速度が異なる苦土炭酸カルシウムと消石灰を用いた圃場試験を行った。炭カル区は土壌pHは、播種時には消石灰区より低く、高まる速度が遅かったが、開花期にはほぼ同様となり以降は概ね目標pHに達していた (表2)。すなわち、石灰質資材の種類により目標pHに達する時期が

異なっていたが、炭カル区と消石灰区の子実カドミウム濃度はほぼ同等であり、対照区に比べて低減した（表3）。このことから、開花期までにダイズが吸収したカドミウムは、子実カドミウム濃度に影響しないと予想された。そこで、根から吸収したカドミウムが子実に移行する時期について検討した。水耕栽培によりカドミウムを暴露させた試験では、子実カドミウム濃度が最も高まる吸収時期は莢伸長期から子実肥大期であった¹⁰⁾。カドミウム安定同位体を用いた試験では、葉から子実へカドミウムの転流は少なく、また根より吸収されたカドミウムが子実に移行する時期は粒肥大始め（R5²⁾）より前であった⁷⁾。本報で、各生育期にカドミウム濃度が高い土壌から低い土壌への植え替え試験を行った結果、開花期L区の子実カドミウム濃度は、Lのみ区と同様であったが、莢伸長期L区や子実肥大期L区では高まった（表4）。すなわち、ダイズでは開花期前に吸収したカドミウムは子実に影響せず、開花期から子実肥大期の間に吸収したカドミウムが子実に移行すると考えられた。さらに、子実肥大期L区とHのみ区の子実カドミウム濃度は、他の処理区より高く、ほぼ同等であったことから、莢伸長期から子実肥大期にかけて吸収したカドミウムが子実に最も影響すると考えられ、この結果は先述した水耕栽培の試験¹⁰⁾と一致した。以上のことから、ダイズの子実へのカドミウム移行時期を考慮すると、石灰質資材を施用した場合は開花期までに目標pHに達するようにすることにより、子実カドミウム濃度が効果的に低減できると考えられた。

なお、本試験では石灰質資材施用から開花期までが84日程度であり、この間に炭カル区は目標pHに達した（表2）。一方で、開花期までに目標pHに達しない場合や⁸⁾、カキ殻や防散炭カルを施用してから3ヶ月以上要して達する場合があった⁶⁾。土壌環境の違いにより、土壌pHが高まる速度が異なると考えられるが、目標pHに達するのが遅い場合は子実カドミウム濃度の低減効果がやや劣る可能性がある。このため、開花期までに土壌pHが高まるようにするために、炭酸カルシウム資材の早期の施用や消石灰のような速効性の資材の使用を考慮に入れる必要がある。

対照区および炭カル区の子実カドミウム濃度は0.53および0.32mg/kgであった（表3）。供試土壌のカドミウム濃度は0.41mg/kgであり、土壌pHは土壌診断基準値⁵⁾の下限（5.5）に近かった。これを上限（6.5）まで高めることにより、子実カドミウム濃度を6割程度まで低減できた。国内の代表的な土壌のカドミウム濃度の中央値は0.27mg/kgであり¹⁵⁾、北海道の農耕地土壌のカドミウム濃度は、平均値0.11mg/kgであったことから¹²⁾、供試土壌のカドミウムレベルはこれらに比べると高かった。道

内のダイズ栽培圃場のほとんどは、この供試土壌よりもカドミウムレベルの低い土壌であると考えられ、子実カドミウム濃度は本試験で得られたものより低いと予想される（表3）。また、土壌pHを高めることにより、さらに低減できると見込まれる。

以上より、北海道で栽培されるダイズ品種のカドミウム濃度を明らかにした。また、開花期までに目標pHに達するように石灰質資材を施用することにより、子実カドミウム濃度は効果的に低減することを示した。

引用文献

- 1) Arao, T., Ae, N., Sugiyama, M., Takahashi, M. Genotypic differences in cadmium uptake and distribution in soybeans. *Plant Soil*. 251, 247-253 (2003)
- 2) Fehr, W. R., Caviness, C. E. Stages of soybean development. Special report 80, Ames, Iowa, 1977. p.1-11
- 3) 羽鹿牧太, 高橋幹, 阿江教治, 杉山恵, 高橋浩司. 国内主要ダイズ品種の子実中へのカドミウム蓄積濃度の差異. 関東東海北陸農業成果情報. 2003.
- 4) 北海道. 平成28年度北海道農業・農村統計表. 2017. 26p
- 5) 北海道農政部. 北海道施肥ガイド2015. 2015. 37p
- 6) 細淵幸雄, 中住晴彦. 石灰湿資材に適したカキ殻粉砕物の粒径. *土肥誌*. 78, 199-202 (2007)
- 7) 川崎晃, 織田久男. カドミウム安定同位体(¹¹³Cd)トレーサーのダイズ圃場試験の適用. *土肥誌*. 76, 261-267 (2005)
- 8) Miura, K., Togami, K., Yoshizumi, K., Kudo, K., Aoki, K., Matsuo, K., Yashiro, M. Effect of liming using a partial mixing technique on reductions in the seed cadmium levels for soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) under field conditions. *Soil Science and Plant Nutrition*. 62, 201-211 (2016)
- 9) 中村卓司, 山本亮, 羽鹿牧太, 石川寛, 中山則和, 高橋幹, 島村聡, 島田信二, 藤森新作, 小松節子. 品種, 土壌pH矯正および耕種条件がダイズ子実カドミウム濃度におよぼす影響. *土肥誌*. 82, 105-113 (2011)
- 10) 織田久男, 箭田佐衣子, 川崎晃. 水耕栽培ダイズの生育時期別に曝露したカドミウムの子実への移行特性. *Biomed. Res. Trace Elements*. 15, 289-291 (2004)
- 11) 雄川洋子, 稲原誠. アルカリ資材を用いた土壌pH矯正によるダイズのカドミウム吸収抑制. *土肥誌*. 80, 589-595 (2009)
- 12) 乙部裕一. 北海道農耕地土壌のカドミウム含量. *土肥要旨集*. 50, 170 (2004)
- 13) 新田裕史. 厚生労働研究費 厚生労働科学特別研究

事業 日本人のカドミウム暴露量推計に関する研究 平成15年度中間解析報告書. 2003. 6p

- 14) Sugiyama, M., Ae, N., Arao, T. Role of roots in differences in seed cadmium concentration among soybean cultivars - proof by grafting experiment. Plant Soil. 295, 1-11 (2007)
- 15) 山崎慎一, 木村和彦, 本吉(手嶋)博美, 武田晃, 南保正. 日本の土壌中のカドミウム濃度. 土肥誌. 80, 30-36 (2009)

Effects of varieties and application of liming materials on seed cadmium concentrations of soybeans

Yukio HOSOBUCHI^{*1}

Summary

Seed cadmium (Cd) concentrations of soybean varieties cultivated in Hokkaido were clarified and the concentrations by application of liming materials were investigated along with uptake and translocation time of Cd to seeds.

The seed Cd concentration of “Iwaikuro” and its mother “Bansei Hikarikuro” was the highest. “Iwaikuro” was considered to be a variety in ease of translocation of Cd to aboveground part because the root cadmium concentration was lower than that of “Toyomusume” and the amount of Cd accumulated in the stems and the leaves were larger.

In case of calcium magnesium carbonate and slaked lime as liming materials were applied before sowing, the former achieved the target pH at the time of R2 (full bloom) stage and the latter did at the time of sowing, however seed Cd concentrations in both treatments were almost equal and reduced. As a result of transplanting test from soil with high Cd concentration to low Cd soil, Cd absorbed during R2 to R6 (full seed) stage was translocated to the seeds. Thus, it was considered that seed Cd concentration was effectively reduced by achieving the target pH until R2 stage.

^{*1} Dohnan Agricultural Experiment Station (Present; Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido 069-1395, Japan)
E-mail: hosobuchi-yukio@hro.or.jp