

エダマメ可食部カドミウム濃度の推定に適する土壌抽出法の選定

戸上和樹・吉住佳与・三浦憲蔵・工藤一晃・青木和彦
(東北農業研究センター)

Evaluation of Soil Extraction Methods to Estimate Cadmium Content of Green Soybean Grain
Kazuki TOGAMI, Kayo YOSHIKUMI, Kenzo MIURA, Kazuaki KUDO and Kazuhiko AOKI
(National Agricultural Research Center for Tohoku Region)

1 はじめに

野菜のカドミウム(Cd)濃度の国際基準値が設定され、可食部 Cd 濃度を作付け前に予測して、対策を要する農地を事前に判定する技術の開発が早急に必要である。これまで、水稻、ダイズ、コムギ等については Cd 濃度推定のための土壌抽出法が多数報告されてきたが、野菜を対象にした報告は少ない。一方、土壌 pH は可食部 Cd 濃度に影響するため、土壌 pH の変化に対応し、可食部 Cd 濃度を適切に推定できる土壌抽出法が求められる。ここでは、エダマメを対象にして、可食部 Cd 濃度の推定に適する土壌抽出法を明らかにすることを目的とした。

2 試験方法

(1) エダマメ栽培条件

Cd 濃度および土壌タイプが異なる現地圃場の作土 14 種類を採取し(表 1)、調整して、エダマメのポット栽培試験に供試した。

採取時 pH が 6 以下の土壌(土壌 ID:1~10)は、目標 pH を 6.0、6.5 の 2 段階に、pH6 以上の土壌(土壌 ID:11~14)は、pH 6.5 にそれぞれ調整した。pH 調整には、微粉砕した苦土石灰を使用し、緩衝曲線法により求めた苦土石灰の必要量を供試土壌と混合した後、1/2000a ポットに充填し、3 反復で 1 株栽培とした。

(2) エダマメ可食部および土壌抽出 Cd 濃度の測定

収穫後、莢から取り出した子実を 80℃で乾燥した後、微粉砕した。その一定量を硝酸加圧分解し、Cd 濃度を測定した。一方、ポット栽培試験後の土壌を採取し、風乾細土とした後、土壌中の全 Cd 濃度(硝酸加圧分解)および土壌抽出法(0.1 M HCl [固液比 1:5, 振とう時間 1h], 0.05 M CaCl₂ [1:10, 24h], 0.05 M MgCl₂ [1:10, 24h], 0.1 M KCl [1:10, 24h], 0.05 M Ca(NO₃)₂ [1:10, 24h], 1 M NH₄NO₃, [1:10, 1h], 0.01 M HCl [1:5, 1h])による Cd 濃度を測定した。Cd 濃度の分析には ICP 質量分析法を用いた。

3 試験結果および考察

(1) 目標 pH によるエダマメ可食部 Cd 濃度の変化

図 1 に各土壌で栽培されたエダマメ可食部 Cd 濃度を示した。目標 pH を 2 段階に設定した土壌(土壌 ID:1~10)では、土壌の全 Cd 濃度と可食部 Cd 濃度の間に一定の関係は認められなかったが、同一土壌の場合、目標 pH 6.0 と比較して pH 6.5 で可食部 Cd 濃度が有意に低下した。これは、ダイズで得られた既往の知見¹⁾と一致し、エダマメについても土壌 pH の上昇により可食部 Cd 濃度が低下することが示された。

(2) 土壌 pH の変化に対応した土壌抽出法の選定

土壌 pH が土壌抽出 Cd 濃度と可食部 Cd 濃度の関係に及ぼす影響を調べるため、目標 pH 6.5 における可食部 Cd 濃度と土壌抽出 Cd 濃度の関係に基づく回帰式(幾何平均回帰法)から可食部 Cd 濃度の予測値を求め、これと実測値との関係を図 2 に示した。また、目標 pH 6.0 の予測値についても目標 pH 6.5 の回帰式から計算した。図中の点 $y = x$ の直線に近いほど実測値と予測値が一致していることを示す。次に、図 2 の予測値を評価するために Bland-Altman²⁾の手法を用いた。各データの実測値と予測値の差(d)を求め、各目標 pH における一連のデータの d の平均値($\bar{d}$)と標準偏差(SD)から一致限界($\bar{d} + 1.96SD$, $\bar{d} - 1.96SD$)を求め、各抽出法の $\bar{d}$ と一致限界の幅を図 3 に示した。各目標 pH における一致限界の幅が狭いものが適しているが、全ての抽出法で目標 pH 6.0 の一致限界の幅は、pH 6.5 より広く、pH 6.0 で予測精度が下がった。目標 pH 6.5 の一致限界から、0.05 M CaCl₂、0.05 M Ca(NO₃)₂、1 M NH₄NO₃ の 3 つの抽出法に絞られたが、目標 pH 6.0 の一致限界からは、0.05 M CaCl₂ および 0.05 M Ca(NO₃)₂ 抽出法が適切であると考えられた。両抽出法によれば、pH 6.5 での予測が pH 6.0 の予測にも使える可能性が示唆された。

(3) 土壌抽出 Cd 濃度からの検討

土壌抽出液中の Cd 濃度が低いと分析誤差が大きくなり、分析精度の高い測定機器が必要となるため、抽出液中の Cd 濃度は、できるだけ高い方が望ましい。そこで、上記 2 つの抽出法による Cd 濃度の比較を行うため、供試した 14 点の土壌の抽出 Cd 濃度の平均値を求めたところ、0.05 M CaCl₂ 抽出法: 0.81、0.05 M Ca(NO₃)₂ 抽出法: 0.37 mg kg⁻¹であった。

したがって、抽出 Cd 濃度の点では、0.05 M CaCl₂ 抽出法が優れていると考えられた。

表1 ポット試験の供試土壌

土壌ID	土壌	Total Cd mg kg ⁻¹	pH(H ₂ O)
1	黒ボク土	7.74	5.3
2	褐色低地土	4.68	5.3
3	黒ボク土	3.19	5.2
4	灰色低地土	3.18	5.0
5	灰色低地土	2.94	5.3
6	褐色低地土	2.80	5.1
7	灰色低地土	2.37	5.2
8	灰色低地土	1.12	5.1
9	褐色低地土	0.67	5.8
10	褐色低地土	0.45	5.3
11	褐色低地土	5.48	6.5
12	グライ低地土	4.08	6.2
13	褐色低地土	3.84	6.5
14	灰色低地土	0.39	6.2

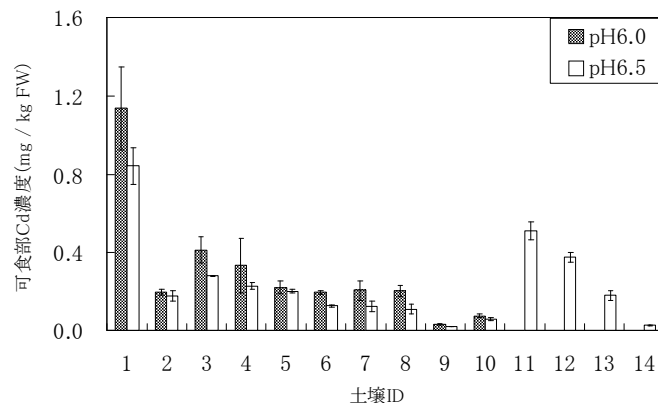


図1 目標 pH によるエダマメ可食部 Cd 濃度の変化(エラーバーは標準偏差)
pH 6.0 と pH 6.5 の間に 5% 水準で有意差あり(対応のあるサンプルの t 検定)

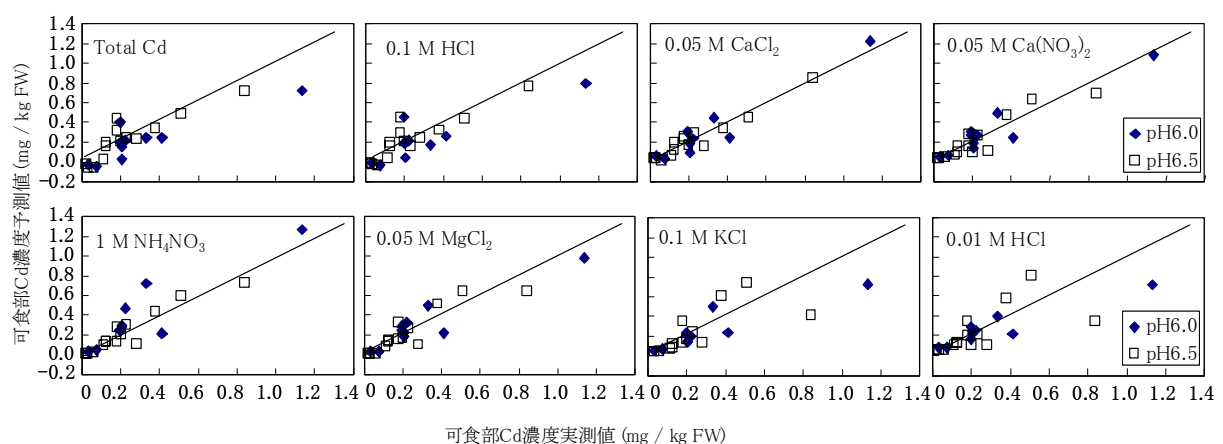


図2 可食部 Cd 濃度の実測値と予測値の関係
直線は $y = x$ を示す

4 まとめ

目標 pH を変化させてエダマメのポット栽培試験を行い、土壌 pH の変化に対応した可食部 Cd 濃度予測のため

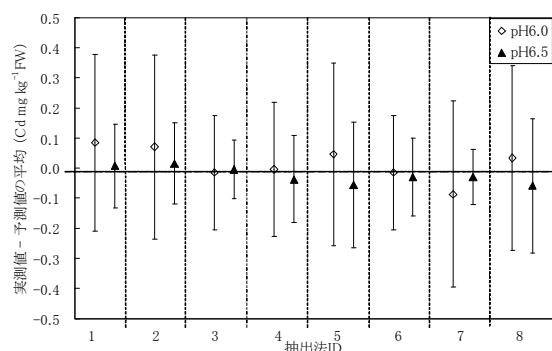


図3 土壌抽出法による実測値と予測値の差の平均(エラーバーは一致限界)

抽出法 ID 1; Total, 2; 0.1 M HCl, 3; 0.05 M CaCl₂, 4; 0.05 M MgCl₂, 5; 0.1 M KCl, 6; 0.05 M Ca(NO₃)₂, 7; 1 M NH₄NO₃, 8; 0.01 M HCl

の土壌抽出法を比較・検討した。可食部 Cd 濃度の実測値と予測値の差から計算された一致限界から、0.05 M CaCl₂ および 0.05 M Ca(NO₃)₂ 抽出法が適切とされたが、抽出 Cd 濃度から、0.05 M CaCl₂ 抽出法が選定された。以上より、0.05 M CaCl₂ 抽出法がエダマメ可食部 Cd 濃度の推定に最も適していると考えられた。

本研究は、「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」を活用して実施した。

引用文献

- 1) 農林水産省, (独) 農業環境技術研究所 2007. ダイズのカドミウム吸収抑制のための技術確立マニュアル. http://www.aff.go.jp/j/syuan/nouan/kome/k_cd/tai saku/pdf/D4.pdf
- 2) Bland, J. M. and Altman, D. G. 1986. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet, 327(8476): 307-310