

栄養機能食品表示に向けたサトイモのカリウム含量に 関する研究

石々川英樹

The potassium content of taro for foods with nutrient function claims

ISHIISHIKAWA Hideki

要 旨

愛媛県育成サトイモ品種‘愛媛農試V2号’について、カリウムを豊富に含む栄養機能食品としての表示を検討するため、慣行栽培およびカリウムを施用しない施肥条件で栽培した場合のカリウム含量について、部位別ならびに収穫時期別に調査した。その結果、可食部である子・孫芋の100kcal当たりカリウム含量は、いずれの条件においても表示基準の280mgを大きく上回った。また、サトイモを調理する際の下処理として、熱湯浸漬による下茹で処理を行った場合のカリウム損失割合は15~25%程度であり、下処理後においても栄養機能食品の表示基準以上のカリウム含量を維持できることが示された。

キーワード：サトイモ，カリウム，栄養機能食品，下茹で処理

1. 緒言

食品表示法（2015年4月1日施行）により、栄養機能食品の表示対象成分として新たに「n-3系脂肪酸」，「ビタミンK」および「カリウム」が追加されるとともに、表示対象として農産物などの生鮮食品についても適用されることとなった。これにより、カリウム含量が840mg/100gまたは280mg/100kcal以上の農産物であれば、過剰摂取を控える旨の表示を併記したうえで「正常な血圧を保つ成分を含む」ことを表示した栄養機能食品として販売することが可能である（食品表示基準別表第11および12）。

カリウムは野菜や果実、イモ類などに多く含まれる元素である。県内で多く栽培されているサトイモには、イモ類の中でもカリウムが多く含まれることが知られており、100g当たり含量は640mg（七訂日本食品標準成分表，2015）である。これは、表示基準値の840mg/100gには達していないが、同じ成分表に記載されている100g当たりエネルギー（58kcal）から換算した100kcal当たりカリウム含量は1,103mgとなり、表示基準値の280mgを大きく上回る。そのため、愛媛県内で生産されているサトイモのカリウ

ム含量やエネルギーの実態が日本食品標準成分表の数値と大きく変わらなければ、県内産のサトイモを「血圧を正常に保つ成分を多く含む栄養機能食品」として表示し、販売することが可能となる。

県内で栽培されているサトイモの品種は‘女早生’から選抜育成した子・孫芋用の愛媛県育成品種‘愛媛農試V2号’（浅海，2011）が全体の60%程度を占める主力品種であることから（普及組織への聞き取り調査より），‘愛媛農試V2号’（図1）を慣行栽培した場合とカリウムを施用しない極端な施肥条件で栽培した場合のカリウム含量について、部位別および収穫時期別に調査した。あわせて、サトイモを調理する際にヌメリを除去する目的で行われる下茹で処理によってカリウムが減少する程度について実験を行い、サトイモがカリウムを豊富に含むことを表示するうえで有効と思われる知見を得たので報告する。

2. 材料および方法

2.1 栽培方法

愛媛県農林水産研究所内の水田転換ほ場で2016年3月下旬に‘愛媛農試V2号’を定植（畝



図1 ‘愛媛農試 V2 号’ (左：株全体，右：親芋から子芋，孫芋を分離した状態)

幅 150cm，株間 30cm) し，マルチ栽培を行った。

試験区は施肥条件の異なる，慣行区とカリウム無施用区（以下，-K 区という）の 2 区を設定し（表 1），窒素肥料として硫酸アンモニウム，リン酸肥料として過リン酸石灰，カリ肥料として塩化カリを使用した。硫酸アンモニウムと過リン酸石灰は半量を基肥施用し，残りの半量を 2 回に分施した。塩化カリは全量を基肥として施用した。堆肥は無施用とし，土寄せ，防除，灌水等の栽培管理は所内の慣行サトイモ栽培に準じて行った。

表 1 試験区別の施肥量 (kg/10a)

試験区	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
慣行区	30	30	30
-K 区	30	30	0

2.2 成分分析および土壌分析

2016 年 10 月 4 日，28 日および 11 月 28 日に各試験区から発育中庸な 3 株を分析用に収穫し，親芋，子芋，孫芋に分割した。親芋については各株 1 個から，子芋については各株 3 個から，孫芋については各株 9 個からそれぞれ 1 サンプルを調製し，部位別（親芋，子芋，孫芋）の各 3 サンプルを分析に供した。カリウム含量は「五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル」（安本ら，2006）により，外皮を除去し可食部を磨砕した後，1%塩酸を加えてカリウムを抽出し適宜希釈して原子吸光法により測定した。エネルギーも同マニュアルに準拠し，サンプルの水分，たんぱく質，脂質，灰分の各成分を測定し，差し引き法により炭水化物を求めた後，各成分の換算係数（たんぱく質：2.78kcal，脂質：8.37kcal，炭水化物：4.03kcal）の総和に

より求めた。

試験栽培ほ場における土壌中のカリウム含量は，基肥施用前と収穫終了後（2017 年 1 月）に各圃場の 3 か所，深さ 5cm から土壌サンプルを採取して，「土壌・作物体診断マニュアル」（愛媛県農林水産部，2006）により原子吸光法で測定した。

2.3 下処理の方法および成分分析

2017 年 11 月に収穫した研究所内慣行栽培の‘愛媛農試 V2 号’孫芋を供試し，試験区は下処理を行わない無処理区，沸騰水中で加熱するのみの下茹で区，塩もみを行った後に下茹でを行う塩もみ区の 3 区を設定した。下茹で区は孫芋の外皮を除去した後，20g 程度の大きさに数個を切り分け，イモと同重量の沸騰水に浸漬し 3 分間加熱した後に分析用サンプルとした。塩もみ区は，下茹で区と同様に 20g 程度に切り分けた後，イモの重量に対して 10%の食塩を加えて 3 分間塩もみを行い，水道水で食塩を洗い落とした後，下茹で区と同様の条件で沸騰水により加熱した。加熱後は，水道水で洗浄したうえでサンプルとし，2.2 の方法でカリウム含量とエネルギーの分析を各区 2 反復により行った。

3. 結果

3.1 サトイモのカリウム含量

部位別，収穫時期別および施肥条件別の 100g 当たりカリウム含量を表 2 に示した。慣行栽培における子・孫芋のカリウム含量は 423～627 mg/100g の範囲にあり，子芋よりも孫芋でカリウム含量が多く，収穫時期別では 11 月 28 日収穫の含量が最も多かった。-K 区における子・孫芋のカリウム含量は 348～513 mg/100g の範囲に

あり、慣行区よりも20%程度少ない結果となった。部位別および収穫時期別のカリウム含量

表2 各試験区における部位別及び収穫時期別のカリウム含量 (mg/100g)

試験区	部位	収穫日 (月/日)		
		10/4	10/28	11/28
慣行区	親	356	423	472
	子	468	423	576
	孫	548	500	627
-K区	親	225(63)	291(68)	370(78)
	子	426(91)	348(82)	433(75)
	孫	455(83)	388(78)	513(82)

注) カッコ内は慣行区と同じ部位を100としたときの指数を示す

は、慣行区と同じ傾向となり、子芋よりも孫芋で多く、11月28日収穫の含量が最も多かった。ただし、100g当たりカリウム含量については、栄養機能食品として多く含むことを表示できる基準値の840 mg/100g以上となる試験区はみられなかった。

収穫時期別の栄養成分分析結果を表3~5に示した。慣行区と比較して-K区では水分が少ない一方、炭水化物は多くエネルギーが高い傾向がみられた。たんぱく質、脂質、灰分の差は小さく、収穫時期や施肥方法による一定の傾向はみられなかった。

表2の100g当たりカリウム含量と表3~5のエネルギーから100kcal当たりカリウム含量を

表3 各試験区の部位別栄養成分量 (10月4日収穫) (単位: /100g)

試験区	部位	エネルギー	水分	タンパク質	脂質	炭水化物	灰分
		(kcal)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
慣行区	親	66	82.6	1.3	0.1	15.2	0.7
	子	61	83.6	1.5	0.1	13.9	0.9
	孫	71	79.1	1.6	0.1	18.2	1.0
-K区	親	82	78.8	1.6	0.1	19.0	0.6
	子	90	76.4	1.6	0.1	21.0	0.9
	孫	87	77.0	1.7	0.1	20.2	1.0

表4 各試験区の部位別栄養成分量 (10月28日収穫) (単位: /100g)

試験区	部位	エネルギー	水分	タンパク質	脂質	炭水化物	灰分
		(kcal)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
慣行区	親	78	79.3	1.6	0.1	18.1	0.9
	子	62	83.4	1.8	0.1	13.9	0.7
	孫	74	80.4	1.6	0.1	16.9	0.9
-K区	親	91	76.1	2.6	0.1	20.6	0.7
	子	91	76.4	1.5	0.1	21.3	0.6
	孫	95	75.4	1.9	0.1	21.9	0.7

表5 各試験区の部位別栄養成分量 (11月28日収穫) (単位: /100g)

試験区	部位	エネルギー	水分	タンパク質	脂質	炭水化物	灰分
		(kcal)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
慣行区	親	55	84.9	2.7	0.1	11.5	0.8
	子	71	81.0	2.3	0.1	15.8	0.9
	孫	71	80.7	2.0	0.1	16.0	1.1
-K区	親	102	73.7	2.3	0.1	23.4	0.5
	子	79	79.4	2.1	0.1	17.8	0.6
	孫	96	75.0	1.8	0.1	22.3	0.8

表 6 各試験区の部位別および収穫時期別カリウム含量 (mg/100kcal)

試験区	部位	収穫日 (月/日)		
		10/4	10/28	11/28
慣行区	親	539	542	858
	子	767	682	811
	孫	694	676	883
-K 区	親	274(51)	320(59)	363(42)
	子	473(62)	382(56)	548(68)
	孫	523(75)	408(60)	534(60)

注 1) 太字はカリウムを多く含むことを表示できる 280 mg/100kcal 以上であることを示す

注 2) カッコ内は慣行区と同じ部位を 100 としたときの指数を示す

表 7 各試験区の土壤中カリウム含量 (mg/100g)

試験区	施肥前*	収穫後
慣行区	11.0	16.0
-K 区	11.0	8.5

*: ほ場全体から採取した同じサンプルの測定値

算出して表 6 に示した。-K 区のカリウム含量は慣行区より 40%程度少なく、重量当たり含量よりも慣行区との差は大きくなった。部位別では、子芋と孫芋のカリウム含量に一定の傾向はみられなかった。収穫時期別では、重量当たり含量と同様に 11 月 28 日収穫のカリウム含量が最も多い結果となった。カリウムを多く含むことを表示できる基準値の 280 mg/100kcal との比

較では、子・孫芋については-K 区においても全て表示基準値以上となり、慣行区では基準値の 2~3 倍の含量であった。

栽培ほ場の土壌分析結果を表 7 に示した。基肥施用前の土壌中カリウム含量は 11.0 mg/100g で、前作の施肥等によるカリウムの集積はみられなかった。収穫後の土壌中カリウム含量は、慣行区が 16.0 mg/100g で基肥施用前と比較してやや多くなった。一方、-K 区では 8.5 mg/100g で基肥施用前と比較して土壌中カリウムの減少がみられた。

3.2 下処理によるカリウムの損失

サトイモを調理する際の下処理を行わない無処理区、下茹でのみを行った下茹で区、塩もみと下茹でを併せて行った塩もみ区の成分分析結果を表 8 に示した。100g 当たりカリウム含量は無処理区で 732 mg、下茹で区で 626 mg、塩もみ区で 552 mg となり、無処理区を 100%としたカリウム残存率は、下茹で区で 86%、塩もみ区で 75%となった。カリウム以外の成分含量については、試験区間で大きな差はみられなかった。

一方、100kcal 当たりカリウム含量は無処理区で 989 mg、下茹で区で 813 mg、塩もみ区で 736 mg となり、無処理区を 100%としたカリウム残存率は下茹で区で 82%、塩もみ区で 72%に低下したが、表示基準値の 280 mg/100kcal を大きく上回った。

表 8 下処理方法別のカリウム含量と栄養成分量

(カリウム含量以外の単位: /100g)

試験区	カリウム含量		エネルギー (kcal)	水分 (g)	タンパク質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	灰分 (g)
	mg/100g	mg/100kcal						
無処理区	732	989	74	80.2	1.6	0.1	17.1	0.9
下茹で区	626(86)	813(82)	77	79.7	1.3	0.2	17.9	0.9
塩もみ区	552(75)	736(74)	75	80.0	1.9	0.3	16.8	1.0
成分表 *	560	949	59	84.0	1.5	0.1	13.4	1.0

注 1) カッコ内は無処理区のデータを 100 としたときの指数を示す

注 2) 太字はカリウムを多く含むことを表示できる基準値以上であることを示す

*: 日本食品標準成分表 2015 年版 (七訂) から「サトイモ (球茎, 水煮)」のデータを転記した

4. 考察

4.1 サトイモのカリウム含量

多くの作物において、カリウムは土壌から最も多く吸収される元素で、細胞・組織内の代謝の活性化、浸透圧の調整など重要な生理的役割

を果たしており、作物の栄養成長を促進するだけでなく、収穫器官の収量・品質に大きな影響を及ぼす成分である (山本, 1987)。サトイモにおいてもカリウムの吸収量は多く、10a 当たりの窒素吸収量が 13.5~14.9kg であるのに対

し、カリウム吸収量は29.6~35.0kgであるとの調査事例があり、1日当たりのカリウム吸収量が最高になるのは、葉の成長の盛んな生育中期であることが報告されている(林, 1985)。

サトイモ‘愛媛農試V2号’は県下の広範囲で栽培されており、可食部である子・孫芋のカリウム含量は、各産地の土壌条件や肥培管理方法、気象条件によっても変動することが予想される。そのため、本研究ではサトイモのカリウム含量に最も大きく影響する条件として、堆肥やカリウムを施用しない条件で試験栽培を行った。また、県内主産地におけるサトイモ収穫は9月中旬から12月下旬まで継続することから、収穫時期によるカリウム含量の変動についても検証を行った。これらの結果について、栄養機能食品としての表示基準値と比較しながら考察する。

-K区におけるサトイモ地上部の生育は慣行区よりも劣り、平均的な孫芋の大きさも慣行区より小さい傾向がみられたが、芋の形状や表皮の状態などの外観品質には明らかな違いはみられなかった(データ不掲載)。-K区の100g当たりカリウム含量を慣行区との比率で収穫時期別に見ると、親芋では10月上旬から11月下旬にかけて63%から78%に上昇したのに対し、子芋では逆に91%から75%に低下した。また、孫芋については収穫期間を通じて80%前後で推移したことが特徴的であり、この現象はサトイモの植物体内におけるカリウムの転流の仕組みによると推察されるが、詳細については今後の検証が必要である。

-K区における栄養成分の特徴として、全ての部位と収穫時期で水分が慣行区より少ないのに対し炭水化物量が多く、そのためにエネルギーが高くなる傾向がみられた。間藤ら(2010)は、コマツナとハウレンソウの葉乾燥重当たりの水分量とカリウム量には正の相関があるとしており、本研究の分析結果からサトイモの部位別に乾燥重当たり水分量とカリウム量との関連を検証した結果、両者には5%水準で有意な正の相関がみられた(図2)。また、金井ら(2012)はトマトの水耕栽培でK欠乏処理を行った実験で、Kストレスによって植物の水分状態が影響を受けることを確認しており、サトイモの-K区で水分量が低下した要因がKストレ

スによる可能性が示唆された。

次に、サトイモの水分率とカロリーとの関連について、部位別および施肥条件別に作成した散布図を図3に示した。水分率とエネルギーとの相関は非常に高く($R^2=0.976, p<0.01$)、部位や施肥条件が異なる場合でも全てのプロットが同一近似直線上に分布し、-K区のプロットは慣行区よりも水分率が低い位置に分布することが明確に示された(図3右)。

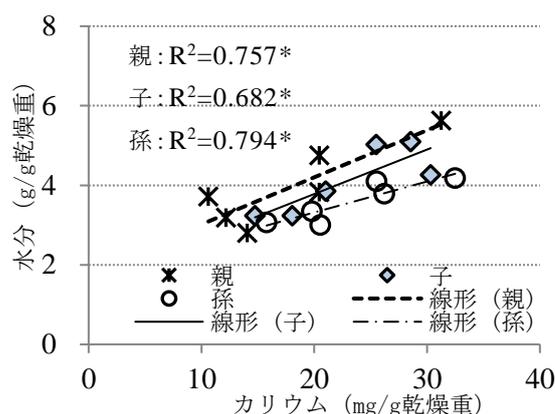


図2 乾燥重当たり水分量とカリウム量との関係

*: 5%水準で有意であることを示す

これは、たんぱく質、脂質および灰分量は部位や収穫時期、試験区による差がみられないため、100から(水分+たんぱく質+脂質+灰分)を差し引いて求められる炭水化物量は、水分量と高い負の相関があり、炭水化物、たんぱく質、脂質量に各成分の係数を乗じた合計により求められるエネルギーは水分率(炭水化物量)の影響を直接受けるためである。

栄養機能食品として表示が可能な基準値280mg/100kcalとの比較では、10月4日に収穫した-K区の親芋のみ基準値をわずかに下回った一方、可食部である子・孫芋では、-K区においても全ての収穫時期で表示基準を大きく上回った。また、慣行栽培では全ての部位と収穫時期においてカリウム含量が基準値の2倍以上となった。このことから、通常の栽培方法で生産された‘愛媛農試V2号’において、そのカリウム含量が表示基準値を下回る可能性は極めて低いと考えられる。

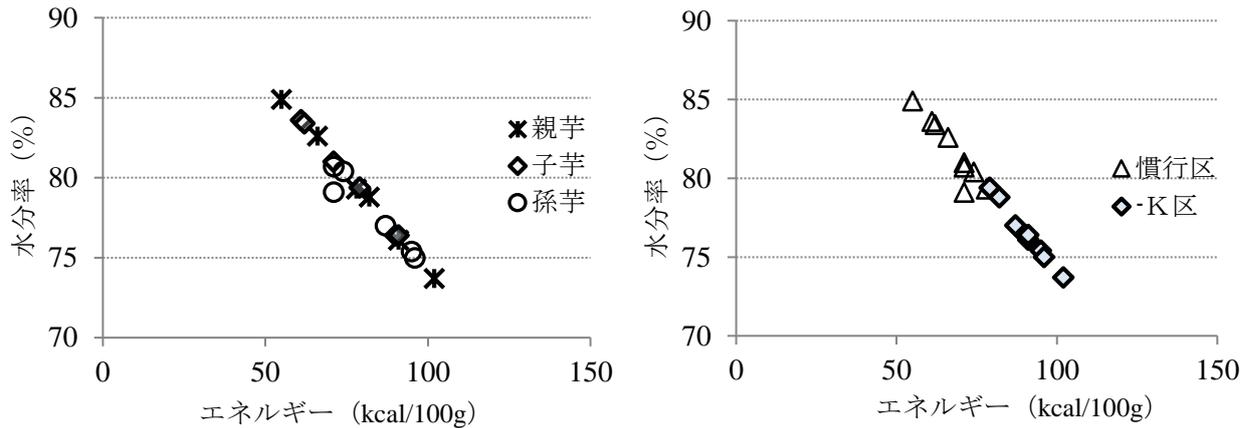


図3 水分率とエネルギーとの関係 (左：部位別，右：試験区別)

4.2 下処理によるカリウムの損失

新しい食品表示制度では、鶏卵以外の生鮮食品についても表示の対象になったことから、調理または保存方法によって成分量に変化する場合には、それらに関する注意点を併せて表示すべきとされている(山田ら, 2017)。カリウムは金属元素であるため、サトイモの保存中に含量は減少しないと考えられるが、調理の場面では、サトイモ特有のヌメリを除去する目的で行われる下茹で処理の工程でカリウムの損失が予想される。そのため、カリウムの損失程度を把握することが栄養機能食品表示に取り組むうえで重要であることから、2種類の下処理方法について試験を行った。イモと同重量の沸騰水中で加熱した場合に、イモから熱水中に流出するカリウムの割合は15%程度となった。また、より丁寧な下処理方法として、塩もみと下茹で後の水洗い工程を追加した場合の流出割合は25%程度に増加した。下処理後の栄養成分では、エネルギーは無処理の分析値とほぼ同程度で、カリウムの流出割合の高かった塩もみ区においても、100kcal 当たりカリウム含量は736 mgであり、基準値を大きく上回った。このことから、通常の下処理方法であれば表示基準値以下となる可能性は極めて低いと考えられる。今泉ら(2013)は、イモ類を熱湯浸漬によりブランピングした場合のカリウム損失率を拡散係数から検討した結果、サトイモはジャガイモやナガイモよりも拡散係数が小さく、3種類のイモの中ではカリウムの損失割合が最も小さいことを報告している。このことから、今回の試験においてカリウムの損失割合がそれ

ほど高くなかった要因は、供試した‘愛媛農試V2号’の品種特性によるものではなく、サトイモが持つ性質によると推察された。

4.3 栄養機能食品表示に向けた課題

栄養機能食品は、特定保健用食品や機能性表示食品とは異なり、消費者庁への申請や届出の必要がなく、販売事業者が自己責任により表示を行えることから、比較的容易に取り組める分野であると考えられる。一方で、サトイモを栄養機能食品として販売するためには、カリウム含量の定期的なモニタリングによる表示との整合性確認や、蓄積したデータを消費者などからの求めに応じて開示できる仕組みの確立が必要である。本研究から‘愛媛農試V2号’のカリウム含量が表示基準を下回る状況は発生しないと考えられるが、カリウムは植物体にぜひ多く吸収される成分であることから、高含量側のデータについて留意する必要がある。

新たに栄養機能食品表示に取り組む場合、包装資材の新規作成に要する経費に加えて上述したソフト面での経費も発生し、それらは販売者側の負担増となるが、サトイモが「正常な血圧を保つ」ことに寄与できる食品であることをPRすることによって販売量が増加し、消費者の健康増進とともに県内サトイモ産地の発展につながる効果が期待される。

謝辞

本研究の実施にあたり、施肥設計や土壌分析についてアドバイス頂いた当所企画環境部環

境安全室の大森誉紀主任研究員（博士）に感謝の意を表します。

引用文献

浅海英記（2011）：サトイモ 子・孫いも用品種「愛媛農試V2号（伊予美人）」の育成，研究ジャーナル，34（6）：49-50.

愛媛県農林水産部（2006）：土壌・作物体診断マニュアル．分析編

林英明（1985）：サトイモ．農業技術体系．土壌肥料編 6-①．農文協．技術 301-304.

今泉鉄平，折笠貴寛，村松良樹，田川彰男（2013）：サトイモおよびナガイモへのマイクロ波ブランチングの適用．食科工誌，60（1）：11-18.

金井俊輔，岸本昌子，伊藤純樹，実岡寛文，藤田耕之輔（2012）：カリウム欠如ストレスがトマト栄養生長に与える影響とその支配要因のソース・シンク関係からの解析．土肥誌，83（1）：1-7.

間藤徹，馬建鋒，藤原徹編（2010）：植物栄養学第2版．文永堂出版，115-121.

文部科学省（2015）：日本食品標準成分表（七訂）

山田和彦，田中弘之，石見佳子，梅垣敬三，井出留美（2017）：保健機能食品の課題と展望．日栄・食糧会誌，70（3）：91-99.

安本教傳，竹内昌昭，安井明美，渡邊智子編（2006）：五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル．建帛社.