

サトイモ (*Colocasia esculenta* Schott) の組織中シュウ酸
カルシウム結晶密度における品種間差異

村 上 賢 治・植 田 京 子
(応用植物科学コース)

Varietal Difference in Distribution of Calcium Oxalate Crystal
Idioblasts in Tissue of Taro (*Colocasia esculenta* Schott)

Kenji Murakami and Kyoko Ueda
(Course of Applied Plant Science)

岡山大学農学部学術報告 Vol. 96, 25-28 (2007) 別刷

Reprinted from THE SCIENTIFIC REPORTS OF THE FACULTY OF AGRICULTURE
OKAYAMA UNIVERSITY Vol. 96, 25-28 (2007)

サトイモ (*Colocasia esculenta* Schott) の組織中シュウ酸カルシウム結晶密度における品種間差異

村上 賢治・植田 京子

(応用植物科学コース)

Varietal Difference in Distribution of Calcium Oxalate Crystal Idioblasts in Tissue of Taro (*Colocasia esculenta* Schott)

Kenji Murakami and Kyoko Ueda

(Course of Applied Plant Science)

The presence of calcium oxalate crystal in the petioles and corms is associated with acidity. In this study, varietal difference in the distribution of calcium oxalate crystal idioblasts in taro (*Colocasia esculenta* Schott) were investigated. Crystals of two forms were found: bundles of needle-like crystals (raphides) and aggregates of sand-like crystal (druses). Generally, the density of druse was higher than that of raphide, and there were few raphide idioblasts in the corm. The density of oxalate crystal was low in the edible petiole of cv. Yatsugashira and the edible corms of cvs. Yatsugashira, Akame-daikichi, Takenokoimo and Malaysia No. 1. There were few oxalate crystals in the cormels of all cultivars. There was no correlation between the density of oxalate crystal and the concentration of insoluble oxalate. These results suggest that the edible quality is not related to the insoluble oxalate concentration but to the density of oxalate crystal.

Key words : corm, druse, insoluble oxalate, petiole, raphide

緒 言

サトイモ (*Colocasia esculenta* Schott) の葉柄や球茎には、シュウ酸カルシウム結晶が多く含まれている。サトイモのえぐ味は、組織中のシュウ酸カルシウムの針状の結晶が舌や食道粘膜を刺激することによると考えられている^{1,2,4,6}。また、Bradbury・Nixon は、サトイモのえぐ味は針状結晶による物理的刺激と、何らかの物質による化学的刺激が組み合わさって生じるとしている¹。さらに、Paul らは、サトイモのえぐ味の原因となる物質はシュウ酸カルシウムの針状結晶に付着したタンパク質分解酵素であるとしている⁵。

サトイモの種芋を植えるとまず頂芽が生長し、基部が肥大して親芋となる。親芋は、節からいくつかの球茎が分枝して子芋となり、子芋の節からさらに球茎が分枝して孫芋となる。球茎の分枝性の程度は品種または系統によって様々であり、分枝性が強く、多数形成した子芋や孫芋を食用とする子芋用品種と、分枝性が弱く、大きく成長した親芋や子芋を利用する親芋用品種がある。また、葉柄を食用とする品種もある。葉柄を食用とする品種では、葉柄組織中のシュウ酸カルシウムの結晶を含む細胞密度の低いことが明らかにされている^{7,8,9}。また、組織中のシュウ酸カルシウムの結晶の密度は、葉柄の方が球

茎より高いことが報告されている⁹。しかし、球茎組織中のシュウ酸カルシウムの結晶密度とシュウ酸塩濃度における品種間差異、および両者の関連性について調べた研究は今まで報告されていない。本研究では、子芋用および親芋用のサトイモ数品種を供試し、球茎および葉柄のシュウ酸カルシウム結晶密度、ならびに不溶性シュウ酸塩濃度について調査した。

材料と方法

子芋用品種の‘えぐいも’、‘大野芋’および‘石川早生丸’、親子兼用品種の‘赤芽大吉’、親芋用品種の‘筍芋’、マレーシアで入手した栽培品種の‘マレーシア1’、親芋および葉柄も食用とされる‘八頭’を供試した。これらの品種・系統は、熊沢ら (1956) の分類³)においてそれぞれ異なる品種群に属しているものである。1999年5月27日に、各品種の種芋を畝幅100cm、株間30cmの一条植えて植え付け、慣行法により露地栽培を行った。

1. 組織のシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞密度 葉 柄

1999年10月5日～15日に、それぞれの株の最大苗条における最上位葉から2葉目を採取し、葉身と葉柄の接合

部より 5 cm から 25 cm までの組織を用いた。組織中のシュウ酸結晶を含む細胞密度は、田中ら (2003) の方法⁹⁾に従って行った。採取後すぐにカミソリの刃を用い、約 5 mm × 5 mm の大きさで厚さ約 0.5 mm の縦断切片を 1 株につき 5 枚作成した。これをマイクロチューブに入れ、1 N-NaOH 水溶液に浸漬して 1 日間以上置き透過処理を行った。光学顕微鏡 (OLYMPUS BX 50, 対物レンズ 10 倍 × 接眼レンズ 10 倍) を用い、検鏡時に切片を純水を入れたシャーレに移して洗浄し、スライドガラスに載せ、純水を一滴垂らしカバーガラスをかけずに観察した。視野内のシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞数を調査し、葉柄組織 1 cm²あたりの数に換算して表した。品種当たり 10 株を供試し、各個体から 1 本ずつ葉柄を採取し、葉柄当たり 10 枚の切片を作製し、1 切片について 5 箇所以上の視野を数えた。

球 茎

1999 年 11 月 4 日 ~ 17 日に、品種あたり 8 から 10 株を掘り上げ、それぞれの株より親芋 1 個、子芋または孫芋で地上にシュートが出ていないもの (以下、子・孫芋とする) 3 個を採取した。採取した球茎は 3 等分に輪切りにし、中央部分を試料として用いた。葉柄と同様の方法で、球茎当たり 10 枚の切片を作製し、1 切片について 5 箇所以上の視野でシュウ酸カルシウム結晶数を数えた。

2. 不溶性シュウ酸塩濃度

葉柄または球茎の結晶観察に用いた残りの部分を用い、メスで細かく切り分け、葉柄 1 本または球茎 1 個当たり 5.0 g を量り取り、液体窒素を用いて予備凍結した後、-20℃ の冷凍庫で保存した。葉柄については、品種当たり 10 株を供試し、各個体から 1 本ずつ葉柄を採取し、葉柄当たり 1 点の試料を分析した。球茎については、品種当たり 8 ~ 10 株を供試し、各個体から親芋 1 個と子・孫芋 3 個からそれぞれ 1 点ずつ試料を採取し分析した。

試料を冷凍庫より適宜取りだし 50 ml 遠心管に入れ、99% エタノール 20 ml を加え、回転刃式ホモジナイザーを用い破碎した。さらに 99% エタノールを加えて 50 ml にし、よく混ぜた後 3℃ で 24 時間静置した。静置後、減圧アスピレーターで吸引濾過した。濾紙上に残った物質 (エタノール不溶性固形物: AIS) を採取し、60℃ で 24 時間乾燥させた後全体の重量を測定した。AIS を 20 mg 量り取り、容量 1.5 ml のねじ口蓋付マイクロチューブに入れ、1 N-HCl 1,000 μl を加え、80℃ の湯せんで 1 時間加熱した。加熱中にボルテックスミキサーを用いて 2 回かくはんした。12,000 rpm で 5 分間遠心分離後、上清 200 μl を取り、1 N-HCl 4,800 μl を加えてよく混合した。0.20 μm の Cellulose Acetate メンブレンフィルターを用いて濾過後、HPLC を用いて不溶性シュウ酸塩の測定を行った。カラムは日立ゲル 2618 を充填した内径 8 mm 長さ 500 mm のステンレスカラムを用い、りん酸 1% (v/v) 水溶液を移動相とし、カラム温度は 50℃、流速は 1 ml/min に

設定した。検出器には SHIMADZU SP-10 A を用い、210 nm で検出した。標準液には 1 N-HCl に 0.1 g · L⁻¹ の濃度で溶解させたシュウ酸カルシウム溶液を用い、検量線により濃度を算出した。

結 果

1. 組織のシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞密度

サトイモの葉柄および球茎組織中には、非常に多数の針状結晶が束になった raphide (束晶) と、板状の結晶が集合し金平糖状になった druse (集晶) を含む idioblast (異形細胞) が観察された (Fig. 1)。全般的に、束晶よりも集晶を含む異形細胞の方が多く観察され、特に、球茎組織では束晶を含む異形細胞はほとんど観察されなかった。

葉柄組織における束晶を含む異形細胞の密度は、'えぐいも'、'大野芋'、'筍芋'、'石川早生丸' で高く、次いで 'マレーシア 1' で、'八頭'、'赤芽大吉' で低かった (Fig. 2)。葉柄組織における集晶を含む異形細胞の密度は、'えぐいも' が最も高く、'大野芋'、'筍芋'、'石川早生丸'、'赤芽大吉'、'マレーシア 1' は 'えぐいも' の 2 分の 1 から 3 分の 1 の値であり、'八頭' は非常に低かった。

親芋の組織における集晶を含む異形細胞の密度は、'えぐいも'、'大野芋'、'石川早生丸' で高く、'筍芋'、'赤芽大吉' で低く、'八頭'、'マレーシア 1' では集晶を含む異形細胞が全く観察されなかった (Fig. 2)。束晶を含む異形細胞は、'えぐいも' においてわずかに観察された。子・孫芋においては、'筍芋'、'八頭' で集晶を含む異形細胞が低密度でみられたが、他の品種では束晶や、集晶を含む異形細胞は全くみられなかった。

2. 不溶性シュウ酸塩濃度

葉柄組織における不溶性シュウ酸塩濃度は、'えぐいも'、'大野芋' で高く、次いで '筍芋'、'八頭' で、'石川早生丸'、'赤芽大吉'、'マレーシア 1' はやや低かった (Fig.

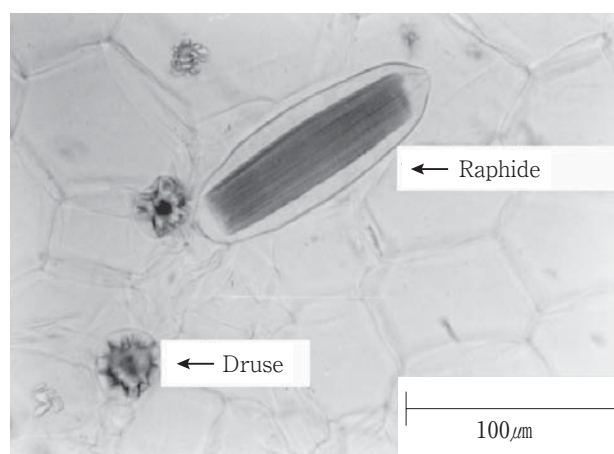


Fig. 1 Calcium oxalate crystal idioblasts of petiole tissue in taro.

3). 親芋組織においては, 'えぐいも' で高く, 次いで '筍芋', '八頭', 'マレーシア 1' で, '大野芋', '石川早生丸', '赤芽大吉' はやや低かった. 子・孫芋組織においては, '筍芋' が高く, 次いで '八頭', 'えぐいも', '石川早生丸' で, '大野芋', '赤芽大吉' はやや低かった.

考 察

田中ら (1992) は, 葉柄のえぐ味の弱い '蓮芋' におい

て束晶を含む異形細胞の密度が低く, 葉柄のえぐ味の強い 'えぐいも' や '筍芋' において束晶を含む異形細胞の密度が高いことを報告している⁷⁾. 本実験においても同様の傾向が認められ, 葉柄も食用とされる '八頭' は, 他の品種と比較して束晶や集晶を含む異形細胞の密度が明らかに低かった.

本実験の結果, 品種間で親芋のシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞密度に大きな違いがあった. 親芋用または

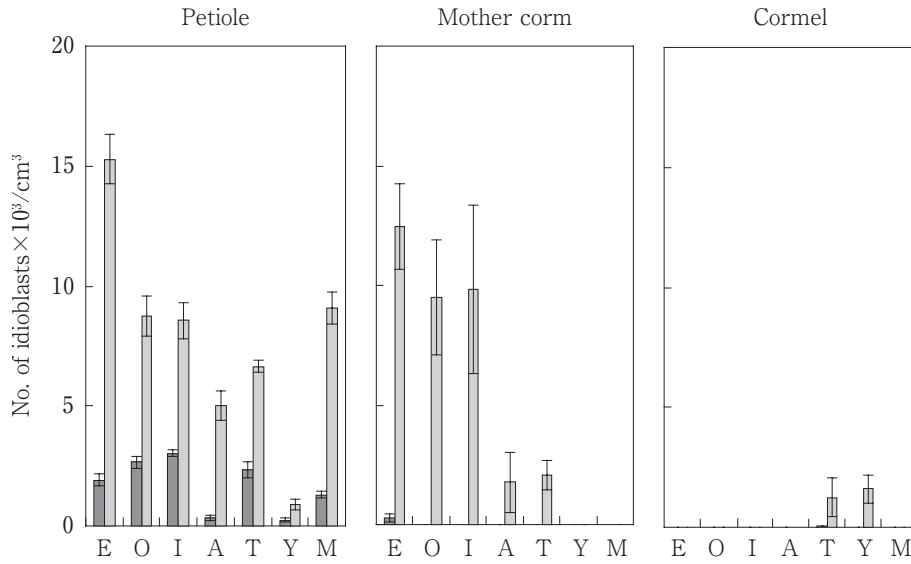


Fig. 2 Density of calcium oxalate crystal idioblasts in various tissue of taro.
 ■ No. of idioblasts containing raphides, □ No. of idioblasts containing druse
 E : Eguimo, O : Oonoimo, I : Ishikawawase-maru, A : Akame-daikichi
 T : Takenokoimo, Y : Yatsugashira, M : Malaysia No. 1

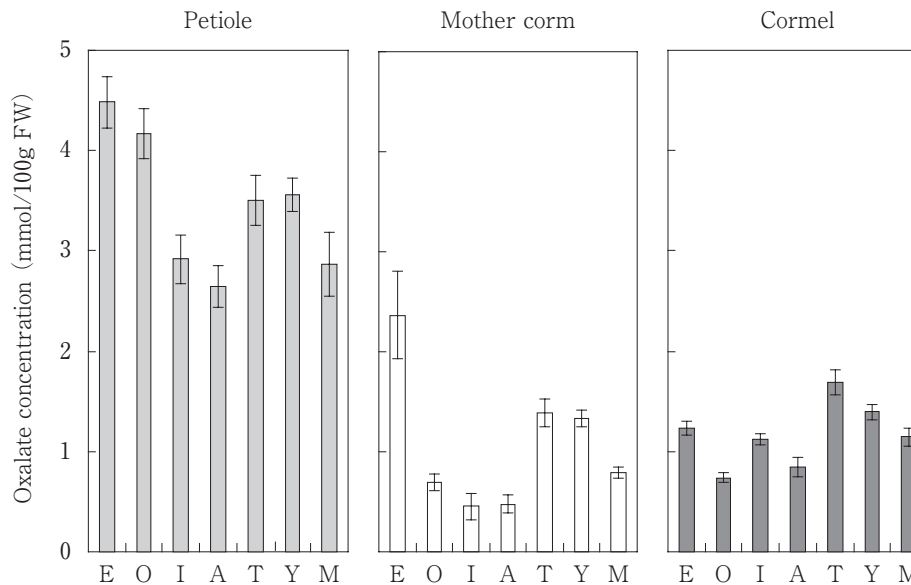


Fig. 3 Concentration of insoluble oxalate in various tissues of taro.
 E, O, I, A, T, Y, M : See Fig. 2.

親芋と子・孫芋の両方を食用とする品種である‘赤芽大吉’、‘筍芋’、‘八頭’、‘マレーシア1’ではシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞密度が低く、親芋の食味が劣り、子・孫芋を食用とする品種である‘えぐいも’、‘大野芋’、‘石川早生丸’で高かった。また、親芋ではシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞密度が高かった品種でも、食用とする子・孫芋においては結晶がほとんどみられなかった。これらのことは、球茎においても組織中のシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞密度が食味と関連していることを示している。

子・孫芋用品種の‘えぐいも’、‘大野芋’、‘石川早生丸’では、葉柄、親芋ともシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞密度が高かった。一方‘八頭’では、葉柄、親芋ともシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞はほとんどなかった。しかし、‘マレーシア1’では、葉柄ではシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞密度が高く、親芋では全くみられなかったことから、葉柄と球茎のシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞密度について相関があるとはいえなかった。

サトイモ葉柄のシュウ酸カルシウム結晶密度を含む細胞密度と、不溶性シュウ酸塩含量には相関がなく、また、不溶性シュウ酸塩含量とえぐ味とも関連していないことが示されている^{8,9)}。本実験においても、‘八頭’の葉柄や親芋は、‘えぐいも’などの葉柄や親芋と比較して、シュウ酸カルシウム結晶密度を含む細胞密度が著しく低かったが、不溶性シュウ酸塩濃度においては、シュウ酸カルシウム結晶を含む細胞密度においてほどの違いはみられなかった。

本研究の結果、サトイモにおいては、葉柄や親芋組織中のシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞の密度に大きな品種間差異があり、葉柄や親芋も食用とする品種ではこの密度が低いことから、シュウ酸カルシウム結晶を含む細胞の密度が食味に関連していることが示された。また、組織の不溶性シュウ酸塩濃度は、シュウ酸カルシウム結晶を含む細胞の密度と比較して品種間差が少なく、両者の相関はみられなかったことから、シュウ酸塩濃度と食味は関連していないことが示された。

要 約

サトイモ (*Colocasia esculenta* Schott) は、葉柄や球茎にシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞が含まれ、この結晶が舌を刺激し、えぐ味として感じられることが知ら

れている。本研究では、葉柄および球茎におけるシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞および不溶性シュウ酸塩含量における品種間差異について検討した。サトイモ組織には、針状結晶が束となった束晶や、板状結晶が集めた集晶を含む細胞がみられた。束晶を含む細胞は葉柄でみられ、球茎ではほとんどみられなかった。葉柄や親芋組織のシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞の密度は、品種間で大きな違いがあり、葉柄も食用とされる‘八頭’では葉柄組織での密度が低く、親芋も食用とされる‘八頭’、‘赤芽大吉’、‘筍芋’、‘マレーシア1’では親芋組織での密度が低かった。いずれの品種でも、子芋や孫芋ではシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞はほとんどみられなかった。組織の不溶性シュウ酸塩濃度は、シュウ酸カルシウム結晶を含む細胞密度と比較して品種間差が少なく、両者の相関はみられなかった。以上の結果、サトイモの葉柄や球茎の食味は、組織のシュウ酸カルシウム結晶を含む細胞密度と関連し、シュウ酸塩濃度とは関連していないことが示された。

引用文献

- 1) Bradbury, J. H. and R. W. Nixon: The acidity of raphides from the edible aroids. *J. Sci. Food Agric.*, **76**, 608-616 (1998)
- 2) Genua, J. M. and C. J. Hillson: The occurrence, type and location of calcium oxalate crystals in the leaves of fourteen species of Araceae. *Ann. Bot.*, **56**, 351-361 (1985)
- 3) 熊沢三郎・二井内清之・本多藤雄: 本邦における里芋の品種分類. *園学雑*, **25**, 1-10 (1956)
- 4) 中西洋子・丸山悦子・梶田武俊・長谷川千鶴: サトイモの不味成分について. *家政学研究*, **29**, 75-77 (1982)
- 5) Paul, R. E., C. S. Tang, K. Gross and G. Uruu: The nature of the taro acidity factor. *Postharvest Biology and Technology*, **16**, 71-78 (1999)
- 6) Sunell, L. A. and P. L. Healy: Distribution of calcium oxalate crystal idioblasts in corm of taro (*Colocasia esculenta* Schott). *Amer. J. Bot.* **66**, 1029-1032 (1979)
- 7) 田中政信・宮崎貞巳: サトイモのえぐ味に関する研究 (第1報) えぐ味の原因について. *園学雑*, **61** (別2), 390-391 (1992)
- 8) 田中政信・宮崎貞巳: サトイモのえぐ味に関する研究 (第2報) 葉柄におけるシュウ酸カルシウム結晶異形細胞の分布密度及び大きさの品種間差異. *園学雑*, **62** (別2), 218-219 (1993)
- 9) 田中政信・中島寿亀・森 欣也: サトイモ組織内におけるシュウ酸カルシウム結晶の形成およびその分布. *園学雑*, **72**, 162-168 (2003)