

サトイモ葉柄内におけるシュウ酸カルシウム束晶細胞形成に及ぼす遮光と土壤水分の影響

田中政信*・中島寿亀・森 欣也

佐賀県農業試験研究センター 840-2205 佐賀県川副町

Effects of Shading and Soil Moisture on the Formation of Idioblasts containing Raphides in Petioles of Taro
[*Colocasia esculenta* (L.) Schott.]

Masanobu Tanaka*, Toshiki Nakashima and Kinya Mori

Saga Prefectural Agricultural Research Center, Kawasoe-machi, Saga 840-2205

Summary

Effects of shading and soil moisture on formation of the idioblasts containing calcium oxalate raphides in petioles of three taro cultivars, Egu-imo, Takenoko-imo and Mizu-imo were investigated. The densities of the idioblasts containing calcium oxalate raphides, which are the cause of acidity in taro, decreased in proportion to the amount of shading in all cultivars. The frequencies of idioblasts with raphides under 100 and 60% shading decreased to about 30 and 60-78% in comparison to those in full sun. In relation to soil moisture content, the petioles of taro plants grown in moist soil contained less idioblasts than petioles of grown in a relatively drier soil. Shading and soil moisture resulted in large differences in idioblast densities in 'Egu-imo' and 'Takenoko-imo' but not in 'Mizu-imo'. Under similar environmental stresses, petioles of young, upper leaves produced more idioblasts than those at lower nodal positions. These results indicate that the amount of raphides formed in the idioblasts is a sensitive response of taro plants to external environmental factors, in this case, the degree of shading and soil moisture content. Apparently, light and dry soil conditions promote the production of oxalic acid in taro petiole and the uptake of calcium ions by the corm and/or roots.

Key Words: calcium oxalate, raphide, shading, soil moisture, taro.

緒 言

サトイモ特有の味覚である“えぐ味”はシュウ酸カルシウム針状結晶を主因とし、その強弱は針状結晶から成る束晶を内在する束晶異形細胞(束晶細胞)の密度との間に密接な関係があることが知られている(Black, 1918; Sakai・Hansen, 1974; 田中ら, 2003; Tang・Sakai, 1983; 吉村・西田, 1922)。束晶細胞は葉柄の生長の初期段階から分化し、その密度は遺伝的な影響を強く受けること(Sunell・Healey, 1985)が明らかとなっているが、葉柄を食用とする品種では“えぐ味”の強弱に地域間差や年次間差が認められることから(門田ら, 1944)、その密度は環境条件によっても変化すると考えられる。

そこで本報では、異なった栽培環境下における束晶細胞の発現特性を明らかにすることを目的に、形態、用途の異なる品種を供試して、葉柄中の束晶細胞の形成に及

ぼす遮光および土壤水分の影響を調査した。

材料および方法

1. 結晶形成に及ぼす遮光の影響

供試品種として、葉柄用でシュウ酸カルシウム束晶細胞が極低密度な‘水芋’、小芋用でやや高密度な‘えぐ芋’および親芋用で高密度な‘筍芋’の3品種を用いた。4月下旬に約30gの種芋を3個ずつ、田土を詰めた7号素焼き鉢に定植し、佐賀県農業試験研究センターのガラスハウス内で連続暗黒、60%遮光、暗黒(30日)+自然光(15日)および自然光の4条件下で栽培した。各品種とも1区5鉢とし、CDU化成肥料を鉢当たり10g施用し、pF値0.5~1.0で適宜灌水した。シュウ酸カルシウム束晶細胞の観察はいずれの区も処理45日後に行い、新生第3葉の葉柄中央部を用いた。

2. 結晶形成に及ぼす土壤水分の影響

‘水芋’、‘えぐ芋’および‘筍芋’の3品種を用いた。各品種の種芋(30g)10個を4月下旬に佐賀県農業試験研究センターのガラスハウス内に定植し、多水分区と少水分

2002年12月13日 受付。2003年2月28日 受理。

*Corresponding author.

区, それぞれ深さ 20 cm での pF 0.5 以下と 1.5~2.0, の 2 処理区を設けた. 施肥量などの栽培条件は佐賀県の耕種規準に準じた. 生育が最も旺盛であった 8 月下旬に, 新生第 1 葉から第 5 葉までの葉柄中央部を採取し, シュウ酸カルシウム束晶細胞を観察した.

顕微鏡観察用の標本切片は, 各試験とも田中ら (2003) の手法に準じて作成した. 束晶細胞の密度は, 試験区毎にすべての株の葉柄から作成した 10 切片内の束晶細胞数の平均値を, 単位体積 (cm^3) 当たりの細胞数に換算して表した.

なお, Sunell・Healey (1985) の記載に従い, 観察された束晶細胞をキュウリ様の形状で束晶を形成する針状結晶が緩く結合した「防御的束晶細胞」と, 大きく不整形な細胞で, 針状結晶が固く結合した「非防御的束晶細胞」とに区別した.

結果および考察

1. 結晶形成に及ぼす遮光の影響

自然光区, 60% 遮光区, 暗黒 (30 日)+自然光 (15 日) 区では葉が展開し, 正常に生育していたが, 暗黒区では葉が展開せず, 葉柄を含む地上部全体が黄化し, いわゆる“芽芋”の状態にあった (第 1 図). 供試した‘水芋’, ‘えぐ芋’および‘筍芋’のいずれの品種も光が強い程束晶細胞の密度は高くなった. すなわち, 連続暗黒区では非防御的束晶細胞はほとんど観察されず, 防御的束晶細胞の密度はいずれの品種も自然光区の約 30% であった. また, 60% 遮光区では, 非防御的束晶細胞は‘筍芋’でわずかに観察され, 防御的束晶細胞の密度は‘水芋’で自然光区の 64%, ‘えぐ芋’で 71%, ‘筍芋’で 78% であった. 一

方, 暗黒+自然光区における束晶細胞の密度は‘筍芋’では連続暗黒区よりもわずかに増加していたが, ‘水芋’, ‘えぐ芋’では連続暗黒区との間に有意な差がなかった (第 1 表). これらの結果は, 葉緑体内で生成されるグリコール酸の分解によって生じるシュウ酸 (Chang・Beevers, 1968; Harberlandt, 1914) 生成量の減少によるものと考えられ, 葉緑体の活性の低下がその大きな要因と推測された. このことに関連し, 『成形図説』(曾榮, 1804) や『本草図譜』(岩崎, 1830-1844) には, 通常“えぐ味”が強く, 食用としない‘えぐ芋’などの親芋を, ムロ等の簡易施設で軟化し, “根芽芋”などと称してその若い芽を食した記載がみられるが, これは光と結晶形成との関係を巧みに利用した栽培法といえる. また, 連続暗黒区の葉

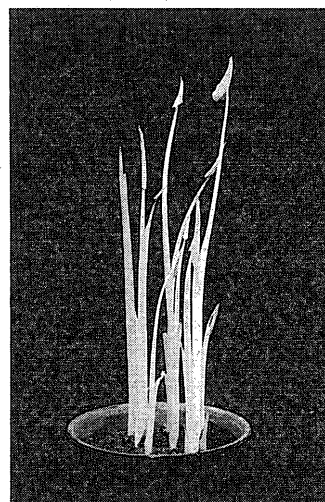


Fig.1. Blanching stems of taro ‘Egu-imo’ grown under 100% shade, converting them to “Me-imo”.

Table 1. Effect of shading on formation of idioblasts with calcium oxalate raphides in petiole of taro.

Cultivar	Treatment	Densities of raphide idioblasts ($\times 10^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)	
		Nondefensive raphide	Defensive raphide
Mizu-imo	100 % Shading ^z	0	$0.09 \pm 0.08^{\text{x a w}}$
	60 % Shading	0	$0.21 \pm 0.04 \text{ b}$
	100 % Shading - Non-shading ^y	0	$0.12 \pm 0.07 \text{ a}$
	Control (Non-shading)	0.04 ± 0.05	$0.31 \pm 0.06 \text{ c}$
Egu-imo	100 % Shading	0	$0.56 \pm 0.14 \text{ a}$
	60 % Shading	0	$1.28 \pm 0.11 \text{ b}$
	100 % Shading - Non-shading	0	$0.78 \pm 0.36 \text{ a}$
	Control (Non-shading)	0.56 ± 0.24	$1.80 \pm 0.28 \text{ c}$
Takenoko-imo	100 % Shading	$0.09 \pm 0.04 \text{ a}$	$0.78 \pm 0.22 \text{ a}$
	60 % Shading	$0.28 \pm 0.03 \text{ b}$	$2.12 \pm 0.56 \text{ c}$
	100 % Shading - Non-shading	$0.23 \pm 0.10 \text{ b}$	$1.41 \pm 0.64 \text{ b}$
	Control (Non-shading)	$0.43 \pm 0.14 \text{ c}$	$2.73 \pm 0.67 \text{ c}$

^z Daylight were shielded with the film or cheese cloth.

^y Non-shading treatment (15 days) after 100% shading (30 days).

^x Data are means $\pm$ SD (n=10) at 45 days after beginning of treatments.

^w Different letters within the same columns indicate significant differences within each cultivar at 5 % level by LSD test.

柄中に観察された束晶は、葉柄の軟化中に呼吸などによる有機酸代謝で生じたシュウ酸と球茎より移動したカルシウムとの結合によって形成されたもの (Chang・Beevers, 1968) と推測された。さらに、暗黒処理後に自然光下で栽培した区と連続暗黒区の束晶細胞密度の差は比較的小さかったが、このことは束晶細胞の多くがその分化に不適な環境下 (暗黒処理) で行われたことに起因すると推察され、束晶細胞の分化は葉柄の生長初期に決定されるとする Sunell ら (1985) の報告を裏付ける結果といえる。

2. 結晶形成に及ぼす土壤水分の影響

‘水芋’では束晶細胞密度に処理区間の差は認められなかったが、‘えぐ芋’および‘筍芋’では多水分区の方が少水分区より葉柄中の束晶細胞の密度が低かった。また、その差は‘筍芋’で大きかった。さらに、束晶細胞のうち、防御的束晶細胞の密度は非防御的束晶細胞のそれより高く、土壤水分処理による影響が顕著に現れた (第2図)。これらの結果は、葉柄用のサトイモは水辺のものが良質とする古くからの言い伝えや門田ら (1944) の報告と一致し、水分条件の違いによるカルシウム吸収量の差異および水分ストレスによる代謝機能の変化に起因するシュウ酸生成量の差異によると推測された。さらに、いずれの品種および処理区においても、葉齢の若い葉柄ほど束晶細胞の密度は高くなったが、同様な傾向は球茎や葉でも観察されており (Sunell・Healey, 1979, 1985), 葉齢の違いによる束晶細胞密度の差は、組織細胞の密度の相違によると推測された。

摘 要

サトイモ葉柄中のシュウ酸カルシウム束晶細胞形成に及ぼす遮光および土壤水分の影響について検討した。‘えぐ味’の原因物質である針状結晶を含む束晶細胞の密度は、‘水芋’、‘えぐ芋’および‘筍芋’のいずれの品種も遮光程度に比例して低くなった。すなわち、連続暗黒処

理区では自然光区の30%程度、60%遮光処理区では64-78%まで減少した。一方、多水分で栽培した区は少水分で栽培した区より束晶細胞の密度が低かった。処理区間の束晶細胞密度の差は‘筍芋’、‘えぐ芋’で大きかったが‘水芋’ではほとんど認められなかった。また、若い葉柄ほど束晶細胞の密度が高かった。これらの結果から、光の強さおよび土壤条件がサトイモ葉柄中に生成されるシュウ酸の量および球茎や根からサトイモ葉柄中に移行するカルシウムイオンの量に影響し、それらにより異形細胞内に形成されるシュウ酸カルシウム束晶は影響を受けると推察された。

引用文献

- Black, O. F. 1918. Calcium oxalate in the Dasheen. *Amer. J. Bot.* 5: 447-451.
- Chang, C. C. and H. Beevers. 1968. Biogenesis of oxalate in plant tissues. *Plant Physiol.* 43: 1821-1828.
- Haberlandt, G. 1914. *Physiological plant anatomy*. p. 532-534. Macmillan, Oxford.
- 岩崎灌園. 1830-1844. 北村四郎監修. 本草図譜解説. 1980. 同朋舎出版.
- 門田寅太郎・谷川 茂・壁谷弥伝. 1944. 本邦里芋品種の特性とその分類. *園学雑.* 15: 117-134.
- Sakai, W. S. and M. Hansen. 1974. Mature raphide and raphide idioblast structure in plants of the edible aroid genera *Colocasia*, *Alocasia* and *Xanthosoma*. *Ann. Bot.* 38: 739-748.
- 曾 槃. 1804. 鹿児島藩蔵版. 形成図説. 1933. 国本出版.
- Sunell, L. A. and P. L. Healey. 1979. Distribution of calcium oxalate crystal idioblasts in corm of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott). *Amer. J. Bot.* 66: 1029-1032.
- Sunell, L. A. and P. L. Healey. 1985. Distribution of calcium oxalate crystal idioblasts in leaves of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott). *Amer. J. Bot.* 72: 1854-1860.
- 田中政信・中島寿亀・森 欣也. 2003. サトイモの組織内におけるシュウ酸カルシウム結晶細胞の形成とその分布. *園学雑.* 72: 162-168.
- Tang, C. S. and S. W. Sakai. 1983. Acridity of taro and related plants. p. 148-163. In: Jow-kaiwang (ed.). *Aracea*. University of Hawaii Press, Honolulu.
- 吉村清尚・西田孝太郎. 1922. 筍及び里芋茎の酸味成分について. 鹿児島県高農学術報告. 5: 41-45.

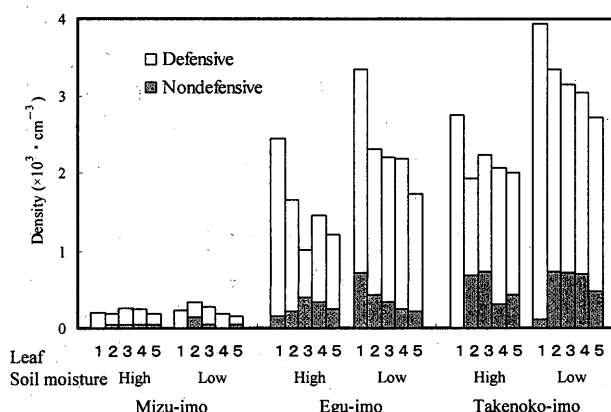


Fig. 2. Effect of soil moisture on formation of the idioblasts with calcium oxalate raphides in the consecutive petioles of taro. Leaf 1 is the youngest. High : high soil moisture condition, Low : low soil moisture condition