

## カンショの甘味に関わる栽培環境要因

犬飼 義明<sup>1</sup>・松林 隆宗<sup>2</sup>・芝山 秀次郎<sup>3</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学大学院生命農学研究科, <sup>2</sup>日本植生株式会社, <sup>3</sup>(元)佐賀大学海浜台地生物環境研究センター

**要 旨:** 今後、カンショの作付および消費の拡大を図るためには、多方面にわたる用途の拡大や品質の向上を図る必要があるが、そのうち青果用カンショについては、今後一層の良食味化により着実に伸びていくことが期待されている。ここでは各産地産カンショの需要拡大を大きく左右するカンショの食味に影響を及ぼす品質のうち、とくに甘味に注目して、他の品質や栽培環境要因との関連性についてまとめた。

カンショ塊根の収量形質と各遊離糖含量間の相関は低かったが、塊根の乾物率や窒素、カルシウム、マグネシウム含量と蒸しいものブリックス値との間には有意な正の相関が認められた。甘味向上に関わる環境要因としては、土壌の乾燥、低温、および窒素の増肥があげられた。また、澱粉の糊化特性は加熱後の甘味の向上に大きく関わるが、この特性も栽培環境により大きく変動した。したがって、栽培法の改善から甘味を向上させることは充分可能であると考えられた。

**Growth Conditions Affecting Sweetness of Sweet Potato :** Yoshiaki INUKAI (*Graduate School of Bioagricultural Sciences Nagoya University*), Takatoshi MATSUBAYASHI (*Nippon Shokusei Corporation*) and Hidejiro SHIBAYAMA (*Coastal Bioenvironment Center, Saga University*)

**Abstract:** In order to increase planted area and consumption of sweet potato, we need to have a variety of uses and improve various qualities of it. For example, it is expected to expand demand for sweet potato for table consumption by improving palatability of it. Sweetness is one of the most important factors that determines palatability of sweet potato. Here, we reviewed relevance between sweetness and other characteristics in storage roots and effect of growth conditions on free sugar content in them.

There was little correlation between free sugar content and characteristics related to yield and form of storage roots, while significant and positive correlation were observed between free sugar content and nitrogen, calcium and magnesium contents of them. Drought, low temperature and high nitrogen fertilizer condition in soil made free sugar content of storage roots higher. In addition, gelatinization properties of starch in them, which were involved in maltose content after heating, were also changed under different growth conditions. Therefore, it will be quite possible that improving cultivation method will make sweetness of storage root higher.

### 1. はじめに

日本でのカンショの用途は青果用、澱粉用、加工用等に分けられるが、今後、特に澱粉用カンショの作付はさらなる減少がさげられない状況にある。しかしながら、一方ではカンショの持つ高機能性に基づく新用途の開発や高品質化の研究が進むに従って、土地利用型の主要畑作物の1つとして見直され、新たに生産の拡大への期待が高まっている。その一つに良食味で高品質の青果用カンショ生産の拡大があげられる。

一般的に、青果用としてはどのような品質が好まれ、またそれはどのような栽培技術によって生産されているのであろうか。店頭に並べられたカンショで、まず目につくのは色と形状であり、その後の消費の段階で評価されるのが食

味である。とくに蒸しいもや焼きいも用としては、皮色および肉色が、一般にはそれぞれ鮮紅色および黄色の濃いものが好まれて、また、形状は紡錘形(長紡錘形)であることが良いとされる。この形状は塊根の肥大程度により決まるが、これに影響を及ぼす環境要因については古くから研究の蓄積が多く、高温(花田・小島, 1951; 長谷川・八尋, 1957)、土壌水分の過多・過少(位田, 1950)、多窒素・カリウム不足(津野・藤瀬, 1965)、日照不足(戸荻, 1950)などが塊根の形成や肥大を抑えることが知られている。また、塊根の裂開や皮脈、皮色の悪化は著しく商品価値を低下させるが、裂開は低温や乾燥条件下(小柳ら, 1987)、皮脈は高温かつ乾燥条件下で多発し(中谷, 1997)、また皮色は生育

2007年12月3日受付

\*連絡先 〒464-8601 名古屋市千種区不老町

Fax: 052-789-4018 E-mail: inukaia@agr.nagoya-u.ac.jp

期間の拡大, 多窒素, 過湿, および低温下で悪化すると報告されている (武田ら, 1984).

一方, カンショの食味に大きく影響する形質として肉質と甘味があり, 最近では粉質で甘味の強いものが好まれている. このうち, 肉質と関係の深い形質としては塊根の乾物率と澱粉価があり, いずれの形質も高いほど粉質である. 一般に, 窒素およびカリウム過剰条件下では乾物率と澱粉価がともに低下し, 逆にリン酸の施用や高温, 乾燥などはそれらを高めることが知られている (三輪, 1975; 武田ら, 1984; 中間・湯田, 1988). そのため, 土壌中の空気率を高く, 水分率を少なくし, それを長期間持続させる高畦マルチ栽培は, 塊根の乾物率や澱粉価を高めるのに非常に適しているとされる (武田ら, 1984). しかしながら, これらの形質とは異なり, 甘味と栽培法との関係は不明な点が多く, そのため市場からは食味等内部的な品質についての変動が大きい等の指摘が多い (小野・矢野, 1995). そこで本稿では, 食味における重要な要素である甘味と栽培法に関する既往の研究, および著者らがこれまでに行った実験結果を踏まえて, どのような栽培条件が食味, とくに甘味成分の向上につながるのかについて考察したい.

## 2. 塊根中に含まれる遊離糖の種類

生のカンショ塊根中には, フルクトース, グルコース, およびスクロースが含まれるが, 焼く, 蒸すなどの加熱調理により  $\beta$ -アミラーゼが澱粉を分解してマルトースを生成するため, 調理後には 4 種の遊離糖が含まれることになる (Sistrunk et al., 1954; 桐淵・久保田, 1976). 大まかにみると, フルクトースやグルコースは 0.5% とごく微量であり, スクロースは 2-3%, またマルトースは 6-10% で多くの品種は 10% を越える (Takahata et al., 1992). ただし, 味覚ではスクロースはマルトースより約 3 倍甘いことが知られているため (吉積ら, 1986), 加熱調理後の甘味は, スクロースとマルトースの含量でその大半が決まるといえる (高畑, 1994).

フルクトース, グルコースはスクロースから澱粉への転換反応における中間代謝産物と考え

られ, スクロースを含めたこれらの遊離糖含量は, 澱粉の蓄積と密接に関係している (中潤・玉置, 1958; 村田, 1971; Murata, 1971). 一方, マルトース含量は  $\beta$ -アミラーゼ活性と澱粉の糊化程度の両者に基づくものと考えられる (高畑, 1994). これに関して山口ら (1994) は, 澱粉の糊化が進行する温度と  $\beta$ -アミラーゼの活性適温は必ずしも一致しておらず, 前者は後者に比べ高いため, 酵素がかなり失活した状態で初めて糖化が進むと報告している. この澱粉糊化特性は環境要因による変動が大きいことが知られているため (Noda et al., 1997), 栽培法の改善により澱粉の糊化開始温度等を低下させ, より低温調理下で澱粉糊化を促進できれば, マルトース生成量を高められると期待される.

## 3. 同一品種内における各遊離糖含量の変動

これまでに品種間の還元糖, および遊離糖含量の差異に関する報告は数多く見られ, 品種の違いにより明らかに各糖含量が異なることが知られている (Picha, 1986; Truong et al., 1986; Baba et al., 1987; Takahata et al., 1992). 一方, 同一品種内における栽培地域間での差異も検討されており, 加熱後のマルトース含量や, 全遊離糖含量との間に高い正の相関が得られている (高畑ら, 1993; 小野・矢野, 1995). また, 著者らは佐賀県上場台地の T 地区 3 箇所, および H 地区 12 箇所にて現地農家産カンショについて調査した結果, フルクトースとスクロース含量について栽培圃場間に有意差が認められた (松林, 2001; 第 1 表). さらに著者らは, 同一圃場内の異なる位置からカンショを採取し, 生および焼きのもの各遊離糖含量を比較した結果, フルクトースやグルコース, およびマルトースにおいて圃場内位置間に有意な差異を認めた (第 1 表). 以上の結果から, 甘味は極めて栽培環境の影響を受けやすい形質であると考えられる.

第 1 表 栽培圃場 15 箇所, および圃場内位置 3 箇所における各遊離糖含量についての一元配置分散分析

変動因	自由度	フルクトース		グルコース		スクロース		マルトース	
		平均平方	F 値	平均平方	F 値	平均平方	F 値	平均平方	F 値
栽培圃場	14	11.31	2.18*	6.83	1.43	618.68	3.47**	302.87	1.42
誤差	30	5.19		4.79		178.24		214.03	
圃場内位置	2	38.30	14.78**	27.16	6.32**	27.39	0.71	482.34	8.31**
誤差	15	2.60		4.30		38.61		58.02	

注) \*, \*\* はそれぞれ 5%, 1% 水準で有意であることを示す.  
(松林, 2001 より改変)

4. 塊根の収量形質と各遊離糖含量との関係

はじめに述べたように、塊根の肥大程度や収量性は栽培環境に大きく影響を受ける。それではこれらの変化と各遊離糖含量との間には何らかの関係が存在するのであろうか。もし、関連性の高い形質があれば、それを指標に食味評価の高いものを選択することが可能となる。そこで著者らは、青果用品種である宮崎紅を用いて、異なる栽培条件下において育成し、種々の肥大程度の塊根を得た上で、塊根収量形質と蒸しもの中の各遊離糖含量間の相関関係について検討した(犬飼ら, 2002; 2003)。その結果、塊根収量、1個重、および長径/短径比と各遊離糖含量間には一定の傾向は認められなかった(第2表)。同様に小野・矢野(1995)は、青果用品種の土佐紅を供試して、ブリックス値と塊根1個重との関係を調査した結果、塊根の重さの違いによるブリックス値の変動は極めて小さかった

と報告している。また、片山・田宮(1999)は、主な青果用8品種を2年間供試し、生育に伴う塊根の収量および品質成分の変化を調査した結果、早期肥大性品種が必ずしも食味に関わる品質面で早熟性であるとは限らないことを指摘している(第3表)。従って、カンショの形態的特徴や収量性から食味の善し悪しを判断するのは困難であると考えられる。一方、これまでに乾物率は蒸しものブリックス値や食味との相関が高いと報告されており(小野・矢野, 1995; 片山・田宮, 1999)、同様に著者らの研究においても乾物率とグルコース、およびスクロース含量との間に正の有意な相関が認められた(犬飼ら, 2003; 第2表)。

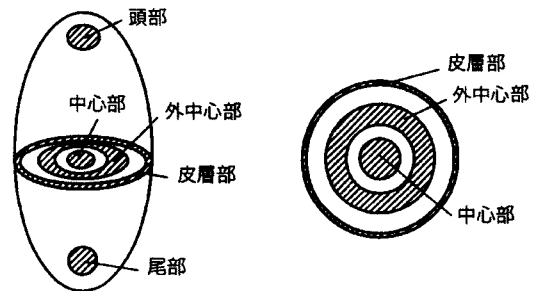
加えて、栽培環境の相違によって解剖学的な塊根形成機構が異なることが知られているため(位田, 1950; 戸苺, 1950; Ravi & Indira, 1996)、異なる環境条件下で栽培された各塊根は、肥大程度が同様であっても、それらの内部組織の発達程度は異なっている可能性も高い。これに関して著者らは、第1図に示したように頭部、尾

第3表 各供試品種における塊根の早期肥大性と食味に関わる品質面での早熟性

品種名	早期肥大性	食味に関わる品質面での早熟性
ヘルシーレッド	高	高
フサベニ	中	高
ベニアズマ	高	低
ベニコマチ	中	高
コガネセンガン	高	低
紅赤	低	中
高系14号	中	中
沖縄100号	高	中

注) 食味に関わる品質面での早熟性は、食味と正の相関が最も高かった塊根の乾物率を指標とし、乾物率が各品種の最高値の90%を越えて、その後の各収穫日間(15日間隔)の増加率が初めて5%より低くなった時期を品種間で比較することにより決定した。

(片山・田宮, 1999をもとに作成)



第1図 塊根内部位別採取位置

第2表 各収穫日における蒸し塊根中の遊離糖含量と塊根収量形質との相関係数

	80日目			
	フルクトース	グルコース	スクロース	マルトース
株当たり塊根収量	-0.254	-0.271	-0.067	-0.646**
株当たり塊根数	0.034	0.054	-0.035	-0.124
塊根1個重	-0.520*	-0.631**	0.032	-0.394
塊根乾物率	-0.230	-0.182	0.479*	0.323
	100日目			
	フルクトース	グルコース	スクロース	マルトース
株当たり塊根収量	-0.058	-0.197	-0.078	-0.093
株当たり塊根数	-0.136	-0.073	-0.079	0.260
塊根1個重	0.177	-0.025	0.020	-0.374
塊根乾物率	0.419	0.613**	0.449*	-0.013
	120日目			
	フルクトース	グルコース	スクロース	マルトース
株当たり塊根収量	-0.042	-0.093	-0.078	-0.093
株当たり塊根数	-0.102	-0.125	-0.083	0.138
塊根1個重	0.137	0.005	0.034	-0.262
塊根乾物率	0.402	0.624**	0.456*	-0.022

\*, \*\*はそれぞれ5%, 1%水準で有意であることを示す(n=20)。(犬飼ら, 2003より改変)

部, 中心部, 外中心部, および皮層部の5つの部位に分けて塊根を採取し, 塊根内の各部位間での各遊離糖含量を比較した(松林, 2001). その結果, グルコースでは各部位間で有意差は認められなかったが, フルクトース含量は皮層部が尾部, 中心部および外中心部に対して有意に低く, またスクロース含量は外中心部が尾部に対して有意に低かったため(第4表), 各内部組織間において各遊離糖の蓄積程度が異なることが示唆された. したがって, 今後は塊根内部組織の発達程度と各遊離糖含量との関係について

も詳細に検討し, どのような組織構造を持つ塊根が甘味を高める上で最も機能的であるのかについて明らかにする必要がある.

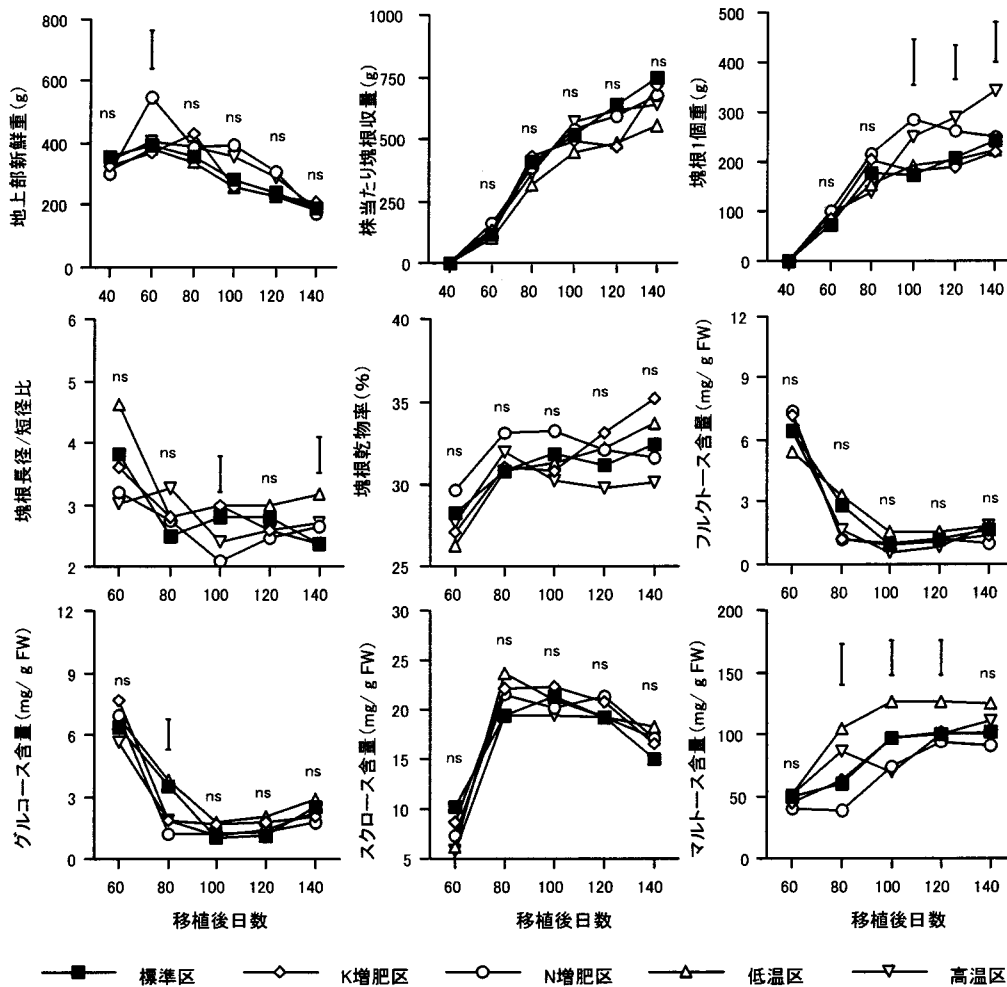
### 5. 栽培環境と各遊離糖含量との関係

著者らは地温と蒸し塊根中の各遊離糖含量の関係を調べた結果, 高温区ではいずれの遊離糖含量においても標準区との間に有意差は認められなかったが, 低温区では移植後80日目以降, マルトース含量が標準区に比べ常に高い傾向にあった(犬飼ら, 2003; 第2図). また, 低温区

第4表 塊根内の部位による各遊離糖含量の比較

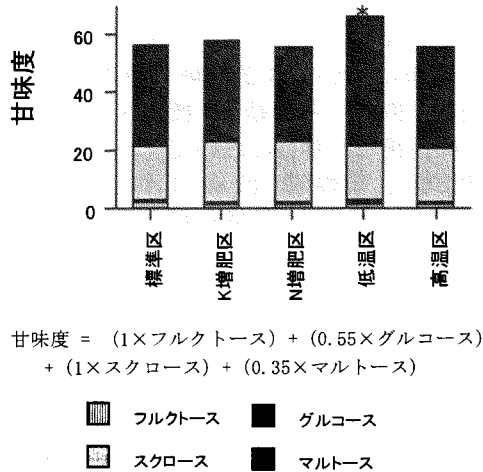
塊根内部位	遊離糖含量 (mg/gFW)					
	フルクトース		グルコース		スクロース	
頭部	6.57 ± 3.65	ab	5.31 ± 3.29	a	22.56 ± 5.45	a
尾部	8.77 ± 2.11	a	6.66 ± 2.83	a	19.84 ± 5.02	ab
中心部	6.82 ± 1.81	a	5.53 ± 1.96	a	16.75 ± 5.35	ab
外中心部	7.81 ± 1.6	a	6.21 ± 2.19	a	14.77 ± 3.53	b
皮層部	3.77 ± 1.52	b	3.66 ± 1.65	a	20.34 ± 4.16	ab

注) 異なる文字間に5%水準で有意差があることを示す (Fisher's PLSD). (松林, 2001より改変)



第2図 各処理区における地上部新鮮重, 塊根諸形質, および蒸し塊根中の遊離糖含量の推移. 図中の縦棒はLSD (5%), nsは有意差無しを示す. (犬飼ら, 2002より改変)

で育成した蒸し塊根の甘味度も、標準区に比べ高かった(第3図)。このマルトースの生成量は澱粉の糊化程度やβ-アミラーゼ活性に強く影響を受けることが知られているが(高畑, 1994), このうち低温区で育成した塊根中のβ-アミラーゼ活性は、標準区との間に有意差は認められなかった(第4図)。一方、これまでに挿苗期や収穫期の遅延による塊根肥大時の地温の低下や、一定の低地温に制御した栽培環境下で育成した場合、糊化開始温度、および糊化熱は大きく低下することが報告されている(Noda et al., 1997, 2001)。また、著者らも宮崎紅を含む2種類の青果用品種を異なる時期に栽培し、遊離糖含量を測定した結果、同様の傾向を認めている(松林, 2001; 第5表)。したがって、低温区でのマルトース含量の増加は糊化特性の変化に起因する可能性が高いと考えられる。

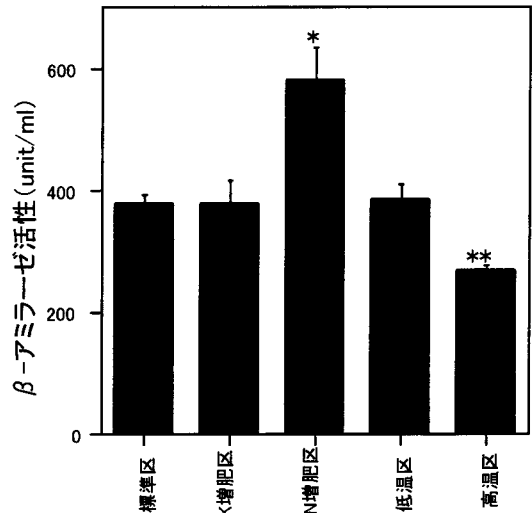


$$\text{甘味度} = (1 \times \text{フルクトース}) + (0.55 \times \text{グルコース}) + (1 \times \text{スクロース}) + (0.35 \times \text{マルトース})$$

フルクトース     グルコース  
 スクロース     マルトース

第3図 移植後120日における塊根中の各遊離糖含量より推定した甘味度。  
\*は5%水準で標準区に対して有意であることを示す。

また、著者らの研究では窒素、およびカリウム増肥はいずれも蒸し塊根中の各遊離糖含量に影響しなかった(犬飼ら, 2003; 第2図)。これとは異なり、小野・矢野(1995)は全遊離糖含量との相関が高い蒸しものブリックス値と塊根中の窒素含量との間に正の相関関係を認めており、また山川ら(1994)も、異なる12品種・系統の塊根中におけるマルトース、および窒素含量を測定した結果、マルトース生成量は窒素含量の最も高い九州114号で最高値を示したと報告している。従って、塊根中の窒素含量の増加は甘味の向上に関わる重要な要因の一つであると考えられる。しかしながら、持田ら(1996, 1997)は、前作の違いがカンショ塊根中の各遊離糖含量に与える影響をカンショ作付前土壌の理化学性から検討した結果、キャベツ跡地土壌では他の跡地に比べ明らかに窒素含量が高かつ



第4図 移植後100日目における塊根中のβ-アミラーゼ活性。  
\*, および\*\*はそれぞれ5%, および1%水準で標準区に対して有意であることを示す。ことを示す。

第5表 挿苗期および収穫期の違いが澱粉の糊化開始温度および糊化ピーク温度に及ぼす影響

品種	挿苗期	収穫期	糊化開始温度 (°C)	糊化ピーク温度 (°C)
高系14号	6月1日	8月30日	74.1	81.0
	6月1日	10月7日	75.0	79.5
	6月1日	10月30日	76.7	84.0
	7月14日	10月19日	71.9	79.3
	7月14日	11月20日	71.0	77.3
	7月14日	12月20日	69.6	78.2
ベニアズマ	6月1日	8月30日	76.0	79.6
	6月1日	10月7日	75.2	79.1
	6月1日	10月30日	74.1	81.6
	7月14日	10月19日	72.3	80.0
	7月14日	11月20日	70.0	76.3
	7月14日	12月20日	69.2	77.6

(松林, 2001より改変)

たが、各作付体系において栽培されたカンショ塊根中の遊離糖含量間には有意差は認められなかったと報告している。この場合、キャベツ跡地土壌ではカリウム含量も多く、カリウム/窒素比は他の跡地土壌と同程度であったため、単に窒素含量のみが各遊離糖含量を左右しているのではないと報告している。また、これまでに塊根中のカルシウムおよびマグネシウム含量とブリックス値との間にも正の相関関係が認められており(小野・矢野, 1995), これら無機成分間の吸収量のバランスが各遊離糖含量の変動に深く関係していると考えられる。一方、多窒素下ではいわゆるつるぼけ現象が見られ、塊根形成や肥大が著しく抑えられることが知られている。したがって、収量性を維持し、かつ甘味の向上を目指した栽培技術を確立する上では、各カンショ品種の耐肥性に見合った窒素施肥量や、窒素成分と他の無機成分とのバランスとの関係を十分に検討していくことが重要であろう。

上述のように、マルトース含量はβ-アミラーゼ活性と澱粉の糊化程度の両者に基づくものと考えられる。しかしながら、著者らの研究ではN増肥区で栽培した塊根中のβ-アミラーゼ活性は標準区に比べ有意に高かったものの、窒素増肥によるマルトース含量の増加は認められな

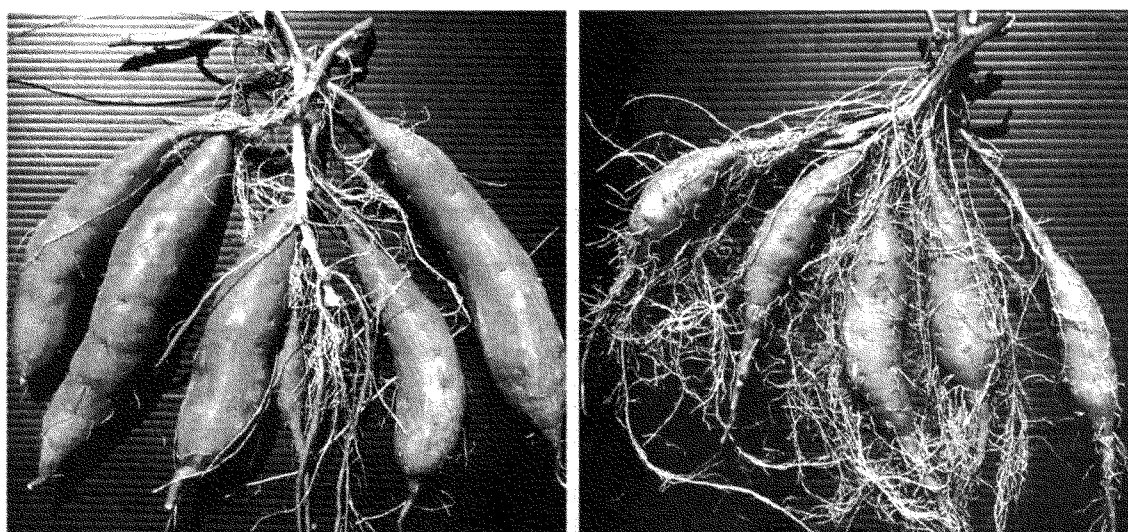
かった(犬飼ら, 2003; 第2図, 第4図)。これに関して山口ら(1994)は、澱粉の糊化が進行する温度とβ-アミラーゼの活性適温は必ずしも一致しておらず、前者は後者に比べ高いため、酵素がかなり失活した状態で初めて糖化が進むと報告している。従って、マルトース生成量は、一義的には糊化特性の違いによって決定され、その糊化特性の違いに応じて初めてβ-アミラーゼ活性の高低がマルトース生成にとって重要になってくるのであろう。この考えは、標準区と低温区との間ではβ-アミラーゼ活性に差異は認められなかったものの、蒸し塊根中のマルトース含量は逆に高かったという著者らの研究結果からも支持される(犬飼ら, 2003; 第2図, 第4図)。この点を考慮すると、澱粉の糊化開始温度等を低下させるために白黒ポリマルチで地温を低下し、かつ窒素成分を多く施すことが、マルトース生成量を高める上で極めて効果的であると考えられる。

加えて著者らは、異なる土壤水分条件下で栽培した塊根について各遊離糖含量を測定した(犬飼ら, 2002)。その結果、標準区に比べ多湿区では挿苗後80日目においてマルトース含量が有意に低く、乾燥区では80日目のスクロース含量が有意に高かった(第6表)。また、乾燥区

第6表 土壤水分の相違が蒸しいも中の各遊離糖含量に及ぼす影響

処理区	挿苗後80日目					挿苗後100日目				
	遊離糖含量 (mg/ gFW)				乾物率 (%)	遊離糖含量 (mg/ gFW)				乾物率 (%)
	フルクトース	グルコース	スクロース	マルトース		フルクトース	グルコース	スクロース	マルトース	
標準区	2.9	3.9	18.7	72.8	31.5	1.2	1.8	20.8	79.9	33.1
多湿区	2.6	3.1	18.2	48.2*	27.1	2.0	2.5	21.7	101.2	32.7
乾燥区	1.5	2.3	24.3*	61.5	33.8	1.5	2.4	23.8	95.1	36.4*

注) \*は5%水準で標準区に対して有意であることを示す。(犬飼ら, 2002より改変)



第5図 三本ぐわを用いて通常に収穫し、軽く水洗いした後のカンショの根系  
(左) 品種: 土佐紅, (右) 品種: べにまさり

では挿苗後 100 日目の塊根の乾物率が有意に高かったが、高乾物率、および高遊離糖含量ほど食味は良くなるため、土壌の物理性や畦の高さ等を改善し、土壌の排水性を高めることが食味向上につながるものと期待される。

## 6. おわりに

以上のように、近年、カンショの甘味と栽培環境に関する研究結果が徐々に報告されはじめており、これまでに乾燥、低温、および窒素の増肥が甘味向上に関わる環境要因としてあげられている。一方で中谷 (1997) は、これまでのカンショの研究では、作物生産の主役である塊根形成・肥大に視点を集めすぎて、カンショ根系において養水分の吸収を担っている細根の発達程度を含めた根全体の形態や機能解明という視点がやや希薄であったことを指摘している。

塊根中の窒素、カルシウムおよびマグネシウム含量とブリックス値との間には正の相関関係が認められている (小野・矢野, 1995)。また、塊根中のリン酸含量は澱粉特性と関わりが深いことが明らかにされているため (Wiesnborn et al., 1994)、リン酸含量も澱粉の糊化特性への作用を通じて、マルトース生成量に影響することも想定される。これら各養分の土壌中での移動性はそれぞれ異なるため、その吸収量は根全体の形態の差異に強く影響を受けるとされる (Bray, 1954; Lynch, 1995)。また、細根の発達程度は品種間で異なるが (第 5 図)、同一品種内においても土壌水分や地温の違いによって明らかに変化することが知られている (野口・菅原, 1940; 花田・小島, 1951; 中谷, 1992)。したがって、細根の発達程度に影響する環境要因についてさらに検討し、甘味に関わる無機養分を効率的に獲得できるよう、細根の発達程度を栽培面から管理していくことも、食味向上を目指した栽培技術確立につながるものと期待される。

## 引用文献

- Baba, T., H. Nakama, Y. Tamaru and T. Kono (1987): Change in sugar and starch contents during storage of new type sweet potato (Low  $\beta$ -amylase activity in roots). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 34, 249-253.
- Bray, R. H. (1954): A nutrient mobility concept of soil-plant relationship. *Soil Sci.*, 78, 9-22.
- 花田主計・小島 均 (1951): 甘藷塊根形成と土壌温度, 九農研, 8, 47-48.
- 長谷川浩・八尋 健 (1957): 高地温が甘藷の生育に及ぼす影響, 日作紀, 26, 37-39.
- 位田藤久太郎 (1950): 甘藷の塊根形成に及ぼす土壌水分の影響並にその解剖学的研究, 園芸学会雑誌, 19, 49-60.
- 犬飼義明・福井 睦・芝山秀次郎・有馬 進・光富勝 (2002) 栽培法の相違がカンショ塊根中の遊離糖含量に及ぼす影響, 日作九支報, 68, 82-84.
- 犬飼義明・芝山秀次郎 (2003): 施肥法および土壌温度の相違がカンショ塊根中の遊離糖含量に及ぼす影響, *Coastal Bioenvironment*, 2, 37-42.
- 片山健二・田宮誠司 (1999): サツマイモ品種の塊根品質からみた成熟期, 日作紀, 68, 224-230.
- 桐瀨壽子・久保田紀久枝 (1976): 甘藷の加熱調理に関する研究. 第 1 報 生成糖と  $\beta$ -アミラーゼ活性, 家政誌, 27, 418-422.
- Lynch, J.(1995): Root Architecture and Plant Productivity. *Plant Physiol.*, 109, 7-13.
- 松林隆宗 (2001): カンショの栽培環境と塊根における遊離糖組成及びデンプン特性の解析, 佐賀大学修士論文
- 三輪 晋 (1975): 栽培の実際, 「改訂・サツマイモのつくり方 (第 2 版)」, 坂井健吉編集, 農文協, pp. 74-147.
- 持田秀之・小林 透・立石 靖・生駒康基 (1996): 前作の違いが青果用カンショの生育・収量に与える影響, 日作九支報, 62, 71-75.
- 持田秀之・小林 透・立石 靖・生駒康基 (1997): 前作の違いが青果用カンショの外観品質と内容成分に与える影響, 日作九支報, 63, 53-55.
- 村田孝雄 (1971): 甘しょ塊根におけるデンプン生成に関する研究. 第 4 報, 農化, 45, 441-448.
- Murata, T. (1971): Regulatory properties of sucrose synthetase in sweet potato roots. *Agr. Biol. Chem.*, 35, 297-299.
- 中間洋征・湯田保彦 (1988): 食用カンショの品質改善. 第 1 報 マルチ栽培と裸地栽培との比較, 九農研, 50, 53.
- 中潤三郎・玉置 秩 (1958): 甘藷の生理的特性に関する研究, 日作紀, 27, 305-306.
- 中谷 誠 (1992): サツマイモ苗の発根, 活着に影響を及ぼす諸要因, 農研センター研報, 21, 1-53.
- 中谷 誠 (1997): 植物の根に関する諸問題 (50) サツマイモの根の発育と生産性 (2), 農及園, 72, 1040-1044.
- Noda, T., T. Kobayashi and I. Suda (2001): Effect of soil temperature on starch properties of sweet potatoes. *Carbohydr. Polym.*, 44, 239-246.
- Noda, T., Y. Takahata, T. Sato, H. Ikoma and H. Mochida (1997): Combined effects of planting and harvesting dates on starch properties of sweet potato

- roots. *Carbohydr. Polym.*, 33, 169-176.
- 野口弥吉・菅原友太 (1940) : 甘藷塊根の形成機構に関する研究, 農及園, 15, 1-8.
- 小野 忠・矢野輝人 (1995) : 黒ボク畑土壌での青果用カンショの品質変動と要因解析, 大分県農業技術センター研究報告, 25, 77-94.
- 小柳敦史・中谷 誠・渡辺 泰 (1987) : サツマイモ塊根烈開症の発症要因に関する研究, 日作紀, 56, 190-197.
- Picha, D. (1986): Sugar content of baked sweet potatoes from different cultivars and lengths of storage. *J. Food Sci.*, 51, 845-846.
- Raviand, V. and P. Indira (1996): Anatomical studies on tuberization in sweetpotato under water deficit stress and stress free conditions. *J. Root Crops*, 22, 105-111.
- Sistrunk, W. A., J. C. Miller and L. G. Jones (1954): Carbohydrate changes during storage and cooking of sweetpotatoes. *Food Technol*, 8, 223-226.
- Takahata, Y., T. Noda and T. Nagata (1992) : Varietal diversity of free sugar composition in storage root of sweet potato. *Japan. J. Breed.*, 42, 515-521.
- 高畑康浩・野田高弘・永田忠博 (1993) : カンショ塊根遊離糖類組成の地域間比較及び遊離糖類組成と食味との関連, 九農研, 55, 43.
- 高畑康浩 (1994) : カンショ主要品質成分の品種間差  
異 遊離糖とカロテノイドについて, 九州農業年報, 36-39.
- 武田英之・猪野 誠・安藤光一 (1984) : 食用カンショ生産技術の現状と改善法 (3) 千葉県北総台地畑における栽培について, 農及園, 59, 933-937.
- Taruong, V. D., C. J. Biermann and J. A. Marlett (1986): Simple sugars, oligosaccharides, and starch concentrations in raw and cooked sweet potato. *J. Agric. Food Chem.*, 34, 421-425.
- 戸苺義次 (1950) : 甘藷塊根形成に関する研究, 農事試験, 68, 1-96.
- 津野幸人・藤瀬一馬 (1965) : 甘藷の乾物生産に関する作物学的研究, 農技研報, D13, 1-132.
- Wiesenborn, D. P., P. H. Orr, H. H. Casper and B. K. Tacke (1994): Potato starch paste behavior as related to some physical/ chemical properties. *J. Food Sci.*, 59, 644-648.
- 山口美代子・樋上純子・北村由香理 (1994) : さつまいもの加熱調理について, 園田学園女子大学論文集, 29, 329.
- 山川 理・日高 操・熊谷 享 (1994) : かんしょ塊根内の澱粉分解酵素活性における品種間差異, 九農研, 56, 37.
- 吉積智司・伊藤 均・国分哲朗 (1986) : 「甘味の系譜とその科学」, 光琳