

琉球大学学術リポジトリ

[報文]アルコール資源作物としての甘藷栽培：
品種の生育型に着目した場合

メタデータ	言語: 出版者: 南方資源利用技術研究会 公開日: 2014-10-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 野瀬, 昭博, 仲間, 操, 宮里, 清松, 村山, 盛一, NOSE, Akihiro, NAKAMA, Misao, MIYAZATO, Kiyomatsu, MURAYAMA, Seiichi メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002016513

アルコール資源作物としての甘藷栽培；
品種の生育型に着目した場合*

野瀬昭博，仲間 操，宮里清松，村山盛一
(琉球大学農学部)**

Studies on cultivation of sweet potato as a source of alcohol production; Using different ecotypic varieties.

Akihiro NOSE, Misao NAKAMA, Kiyomatsu MIYAZATO and Seiichi MURAYAMA
(Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, Nishihara, Okinawa 903-01, JAPAN)

Abstract

Varietal and cultivable characteristics of sweet potato, *Ipomea batatas* (Lam.) L., as a material for energy self-supply alcohol production plant were experimentally investigated. The five varieties tested were "Nangoku", dilating tuberous variety, "Turusengan", elongating vine variety, "Okiyutaka", high starch content variety, "Nakamurasaki", high starch and sweetner variety, and "Yogimurasaki", low starch content variety. Outlines of result obtained were as follows:

Intervarietal differences were noted in the growth stage and parameters concerned alcohol production, at which plant top and tuberous root available for energy self-supply alcohol production plant attained an equal ratio, that is, T/R ratio was 1. The shortest duration attaining T/R=1, 71 dayth after planting, was observed at "Nakamurasaki", and dry weight yield of tuberous root and starch was 230 and 184 kg/10a, respectively. Maximum dry weight yield of tuberous root and starch at T/R=1 was 729 and 466 kg/10a of "Turusengan", and these values were obtained at 173 dayth after planting. In addition, maximum yield efficiency at T/R=1 was 5.4 kg/10a/day of "Yogimurasaki", and that value was obtained at 108 dayth after planting.

1973年及び1978年の2度にわたるオイルショック、あるいは石油資源の有限性の認識から、再生可能なバイオマスからエネルギーを得る技術の開発が必要とされた。ここ数年の石油の過剰生産は、代替エネルギーに対する緊張感をゆるませたかに見えるが、資源の有限性という点では事態は基本的に変っていない。また、バイオマス・エネルギーの利用は、熱帯・亜熱帯の発展途上国において、豊富なバイオマスからのローカル・エネルギー自給も可能とすることから、その技術開発は現在も極めて重要な課題である。

甘藷は世界的に見ると1億37百万ton(1975～1977年平均)と6位の生産量を持ち、特にアジアに主要な栽培地をもつ⁽⁴⁾世界の主要作物のひとつである。甘藷は我国においても昔から救荒作物

* 本研究の一部は昭和62年2月(大阪)文部省科学研究費補助金「エネルギー特別研究」：生物エネルギーの利用と開発成果報告会で発表。

** 〒903 01 沖縄県西原町千原1

として、その安定した生産力によく知られている。このような甘藷の地上部からメタンガスを得、そのエネルギーを利用して塊根から無蒸煮でアルコールを得ようとする、エネルギー自給型アルコール生産プラントが試作されている^(8,9)。しかし、現在栽培されている甘藷は、デンプン生産あるいは地上部の飼料としての利用という目的で開発されてきたものであり、上記のアルコール生産プラント原料として適しているか否かについては疑問のあるところである。従って、本実験においては、生育型の異なる5品種の甘藷を夏植栽培し、上記のプラント用原料として甘藷を利用するための品種特性及び栽培法について検討した。

材料及び方法

供試品種は、塊根肥大性品種としてナンゴク、蔓性品種としてツルセンガン、高澱粉性品種としてオキユタカ、高澱粉・甘味品種としてナカムラサキ、低澱粉性品種として、ヨギムラサキである。以上5品種の2節苗を、琉球大学農学部農場のサンゴ石灰岩土壌（pH 6）に夏植栽培し、生育経過を調査した。植付は、1984年6月8日で、畦間80 cm、株間40 cmの高畦栽培とした。肥培管理は、沖縄県の甘藷栽培指針⁽⁶⁾に従い、基肥として堆肥

（市販堆肥 N : P₂O₅ : K₂O = 0.54 : 0.12 : 0.42 生重%）2 ton/10 a を全層に犁込み、化成肥料を 62 kg/10 a（N : P₂O₅ : K₂O = 9 : 9 : 18%）の割合で畦上面に施与した。植付後、活着するまでの約1ヶ月間は適宜灌水し、その後は降雨によった。追肥は与えていない。

調査は、1プロットのサイズを1畦の5株とし、各品種とも総数600のプロットを作成した。各調査日には数組のプロットをランダムに抽出し、その内の最も平均的な1プロットについて調査を行った。調査したプロットに隣接するプロットは、その後の調査から除外した。調査は植付後33日目から2～3週間おきに8回行なった。各器官乾物重は、80℃で熱風乾燥したのちに秤量した。塊根はスライサーでスライスして熱風乾燥した。塊根の澱粉含量は、前述のようにして乾燥した塊根を粉砕したのち、ソモギーネルソン法により還元糖量として定量し、0.9を掛けて澱粉量に換算した。

結果

単位土地面積当たりの全乾物重、塊根乾物重、T/R比の推移をFig.1に示した。全乾物重の推移は、8月中旬以後に、供試した甘藷の品種が2群

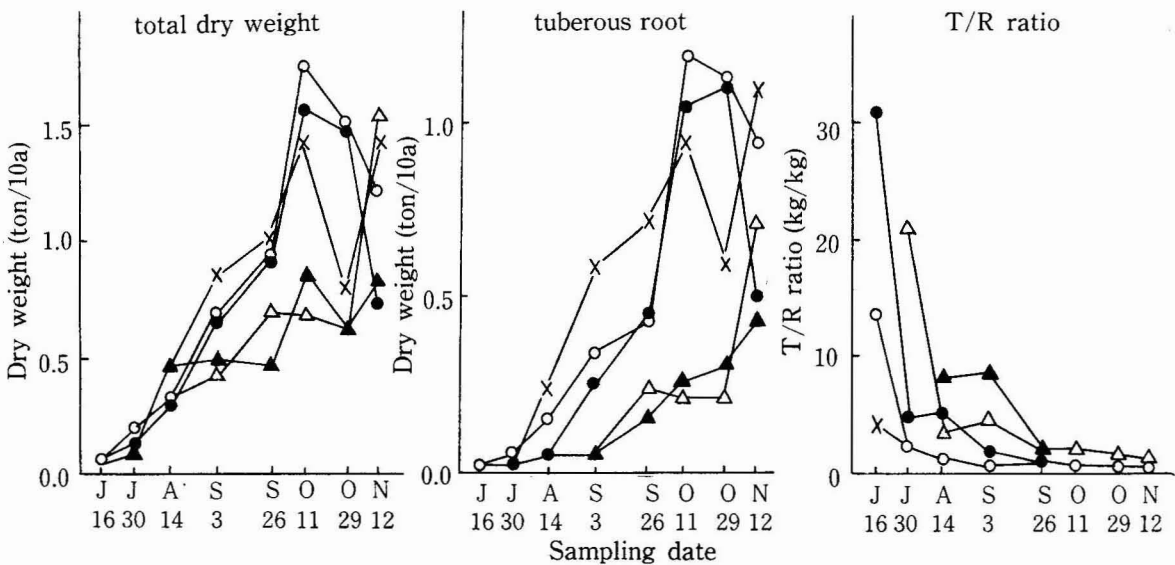


Figure 1. Time courses of total dry weight per unit land area, dry weight of tuberous root per unit land area, and T/R (top and root) ratio. ○; Okiyutaka, ●; Yogi-murasaki, x; Nakamura-saki, △; Turusen-gan, ▲; Nangoku.

に分けられることを示している。つまり、オキユタカ、ヨギムラサキ、ナカムラサキの3品種は、8月中旬から10月上旬にかけて順調な乾物重の増大を示し、その後乾物の上昇が停止する。一方、ナンゴクとツルセンガンは、9月中旬以後に生育の停滞がみられる。全乾物量の最大値は、オキユタカの10月11日、1,640 kg/10aである。

塊根乾物重についても、全乾物重の推移と同様に供試した品種は2群に類別された。旺盛な生育を示す品種の中でも、ナカムラサキは特に8月から9月にかけての塊根重の増加が著しい。ツルセンガンやナンゴクでは8月から9月にかけての塊根重の増大割合が小さく、10月以後に漸増して

いる。本実験で得られた最大塊根重(乾物)は、オキユタカの10月11日、1,200 kg/10aである。

地上部と塊根重の比(T/R比)についてみると、いずれの品種でも生育の初期にT/R比が大きく、生育の進行に伴い指数関数的に減少し、一定値に収斂してゆく。特に塊根肥大のよいオキユタカやナカムラサキでT/R比は生育の早い時期から小さく、塊根肥大の劣るナンゴクやツルセンガンで大きな値を示している。

Fig.2に、乾物構成比、つまり各器官乾物重の全乾物比重に占める割合の推移を示した。塊根についてみると、オキユタカとナカムラサキは8月中旬には既に50%に達する割合を示し、10月上

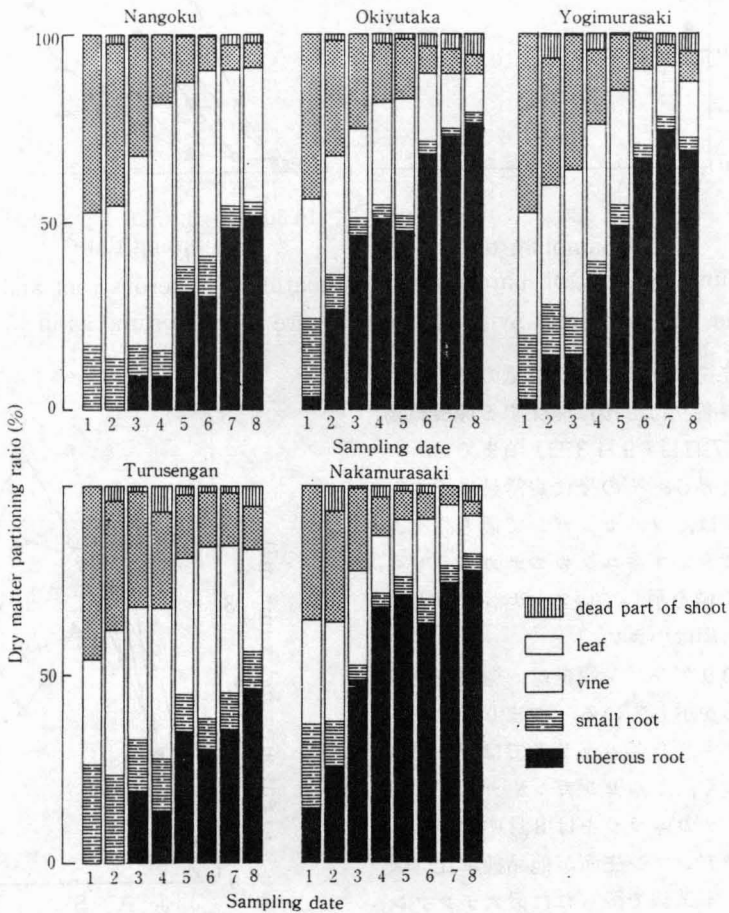


Figure 2 Time courses of dry matter partitioning ratio. Figures (1~8) in the Fig. indicates sampling date; 1:16 July 2:30 July 3:14 August 4:3 September 5:26 September 6:11 October 7:29 October 8:12 November

旬には約 75 % の割合に達している。ヨギムラサキは、生育初期の塊根割合は小さいものの 9 月以後に塊根割合の増大が認められ 10 月下旬にはオキユタカやナカムラサキと同等の 75 % 程度の割合を示すようになる。一方、ナンゴクとツルセン

ガンでは塊根割合の増大が劣り、11 月上旬に到ってようやく 50 % に達している。ツルセンガンでは、地下根として表示した細根や塊根肥大を示さないゴボウ根の割合が高いこと、ナンゴクでは地上部の茎の割合が高いことが特徴となっている。

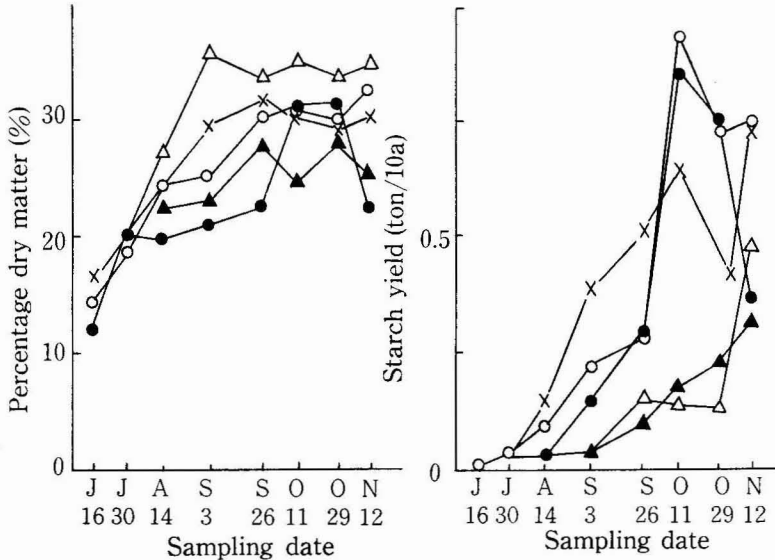


Figure 3 Time courses of percentage dry matter of tuberous root and starch yield per unit land area. Symbols in the figure are the same as in Fig. 1.

Fig. 3に塊根乾物率とデンプン収量の推移を示した。デンプン歩留りに密接に関係する塊根乾物率は、植付後の 87 日目 (9 月 3 日) 頃までは、いずれの品種でも上昇し、その後定常値に達する。9 月以後の乾物率は、ツルセンガンで最も高く 34 %、塊根収量の大きいオキユタカやナカムラサキでは 30 ~ 32 % の値を示している。ナンゴクとヨギムラサキの乾物率は小さい。

単位土地面積当りデンプン収量は、塊根乾物重とはほぼ同様な推移を示している。つまり、オキユタカ、ナカムラサキ、ヨギムラサキではデンプン生産の増大が著しく、ツルセンガンやナンゴクでは小さい。特に、ナカムラサキは 8 月中旬から 9 月下旬にかけてのデンプン生産が他品種に比べ大きくなっている。本試験で得られた最大デンプン収量は、オキユタカの 10 月 11 日、920 kg/10 a であった。

以上のような乾物やデンプン生産をつくり出す源になった葉面積の推移を Fig. 4 に示した。葉面

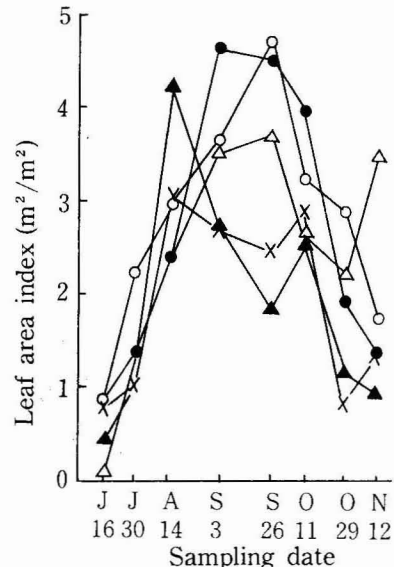


Figure 4 Time courses of leaf area index (LAI). Symbols in the figure are the same as in Fig. 1.

積指数 (LAI)とは、単位土地面積当りに存在する葉の面積 (片面) 比である。葉面積指数は、植付後 80~90 日目頃までは増大し、その後は停滞あるいは減少する。塊根乾物及びデンプン収量の大きいオキユタカとヨギムラサキでは、9月から10月にかけて葉面積指数が4以上の高い値を維持していた。生育の前半に大きい塊根乾物とデンプン生産を示したナカムラサキは、植付後67日目の8月14日までは順調な葉面積の上昇を示すもの

の、その後に葉面積の上昇が認められなかった。

甘藷の地上部からメタンを得、そのエネルギーを利用して地下部塊根からエタノールを得ようとする。エネルギー自給型アルコール生産プラントの原料として甘藷を用いる場合、その利用特性として植物学的なひとつの理想型は、最大収量の到達日と T/R 比 (地下部と塊根重の比) が1となる日が一致することである。

Fig.5に、塊根乾物重、T/R 比、収量効率の

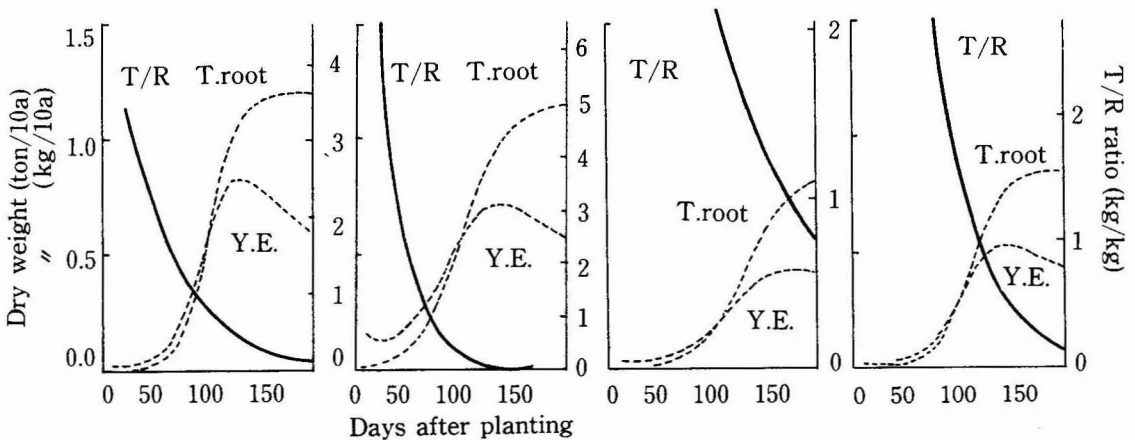


Figure 5 Relationships among dry weight of tuberous root per unit land area (T. root), T/R ratio (T/R), and yield efficiency (Y. E.).

生育にともなう相互関係を示した。図中の曲線は、T/R 比については、Fig.1の実測値を

$$Y = A \cdot 10^{(B \cdot X + C)} \dots\dots\dots(1)$$

ここでA, B, Cは定数の減衰曲線に、塊根乾物重は

$$Y = \frac{A}{(1 + B \cdot e^{-K \cdot X})} \dots\dots\dots(2)$$

このA, B, Kは定数のシグモイド曲線に最小二乗法を用いて回帰し図示したものである。収量効率とは(2)式で得られる塊根乾物収量を生育日数 (X) で除した値

$$Y = \frac{A}{(1 + B \cdot e^{-K \cdot X}) \cdot X} \dots\dots\dots(3)$$

である。(3)式のA, B, Kは(2)式と同様に定数。図中の右側に示したT/R比のスケールは、

T/R = 1となる日で、(1)と(2)式で表わされる曲線が交わるように各々の品種で任意に目盛っている。

Fig.5に示したような関係を、Fig.3に示したデンプン生産についても(2)式のシグモイド曲線に回帰し、各々の回帰式及び算出式からアルコール原料作物として重要となると予想されるパラメータを算出して、供試品種について比較したのがTable 1である。Tableには実測した塊根乾物収量とデンプン収量の最大値についても示してある。また、Fig.5とTable 1には、塊根収量の優れた品種と地上部収量の優れた品種を組合せた場合の例として、オキユタカとツルセンガンを組合せた例についても示した。

個々のパラメータの意味は、以下に具体的に論じる中で説明したい。まず、本実験で最大の塊根

乾物とデンプン収量を示したオキユタカについてみると, T/Rが1となる日は, 植付後の86日目, その時の塊根乾物は330 kg/10 a, デンプン収量は201 kg/10 a, 収量効率は3.84 kg/10 a

/日である。また, オキユタカにおける収量効率の最大値は, 塊根乾物8.25 kg/10 a/日で植付後の130日目に到達され, この日数は実測として最大塊根乾物収量を得た日よりわずかに5日程早い。

Table 1. Variation of attaining date (DATE), dryweight of tuberous root (T-ROOT), starch yield (STARCH), yield efficiency (Y-E), dry weight ratio (D-RATIO), and starch value (ST-VAL) among examined varieties.

Variety	* At T/R=1				* At attaining max. Y-E				At actual max. yield				
	DATE	T-ROOT	STARCH	Y-E	DATE	STARCH	Y-E	DATE	T-ROOT	STARCH	D-RATIO	ST-VAL	
OKIYUTAKA -	86	330	2010	3.83	130	724	8.25	1200	135	1200	922	31	24
TURUSENGAN -	173	729	466	4.21	175	469	4.21	716	167	716	484	34	23
YOGIMURASAKI	108	581	403	5.40	135	795	7.80	1057	135	1057	852	31	25
NAKAMURASAKI	71	230	184	3.26	136	711	7.17	1102	167	1102	733	30	20
NANGOKU	161	347	282	2.16	137	205	2.36	434	167	434	318	25	19
OKIYUTAKA +	113	465	352	4.10	144	572	5.23	826	167	826	615	-	-
TURUSENGAN													

DATE:days after planting, T-ROOT;kg/10a, STARCH;kg/10a, Y-E;kg/10 a/day, D-RATIO;%, ST-VAL;%. *; These values were calculated from regression equations (1), (2), and (3), see in the text.

以上のような仕方で供試品種の間で各パラメータを比較することにしたい。T/R=1となる日の最短日はナカムラサキの71日で, その時の塊根乾物収量とデンプン収量は各々, 230と184 kg/10 aである。T/R=1となる日の最大塊根乾物及びデンプン収量は, ツルセンガンの729と466 kg/10 aで, 植付後173日目に到達される。さらに, T/R=1となる時の収量効率ではヨギムラサキの5.4 kg/10 a/日が最も高い値で, 到達日は植付後の108日目である。

一方, 生育全期にわたって見た場合, 最大収量効率とその到達日では, オキユタカの8.25 kg/10 a/日, 130日が最大かつ最短である。しかし, デンプン収量でみるとその最大値はヨギムラサキの795 kg/10 aとなっている。

考 察

甘藷の地上部からメタンを得, そのエネルギーを用いて塊根からエタノールを生産するようなエネルギー自給型アルコール生産プラントの原料として甘藷の備えるべき特性を生育型に着目して比

較・検討した。試作されたプラントでは等量の茎葉と塊根を用いてエネルギー収支が完結する⁽⁹⁾ように設計されている為, 甘藷の植物学的理想型は, T/R比が1となる日と最大収量が得られる日, あるいは収量効率が最大となる日が一致することである。

T/R比が1となることに注目して, その時のアルコール生産に関連すると予想される生育特性について比較・検討したところ (Table 1), 供試した5品種の甘藷においても著しい変異が存在し, 従来からの多収性の選抜とは異なる選抜が必要なることが明らかになった。つまり, 年間の原料生産回数を規定するT/R=1の到達日では, 最短日がナカムラサキの71日から最長日のツルセンガンの173日と100日以上の開きがあった。デンプン収量では最小値がナカムラサキの184 kg/10 aと最大値はツルセンガンの466 kg/10 aと約2.6倍の差を示していた。また, 収量効率もナンゴク⁽⁹⁾の2.16 kg/10 a/日からヨギムラサキの5.40 kg/10 a/日と2.5倍の差が存在していた。

さらに, 本研究において塊根生重で3.9 ton/

10a, デンプン収量が922 kg/10aと多収を示したオキユタカについてみると, T/R比が1となるのは植付後の86日目とツルセンガンの約 $\frac{1}{2}$ という短さであった。しかし, その時のデンプン収量は201 kg/10aと, T/R=1となるような栽培を2回くり返しても, 収量はツルセンガンに及ばないことを示していた。

以上のように, エネルギー自給型アルコール生産プラント用の甘藷栽培を検討すると, 従来から多収を目ざして選抜されたオキユタカのような品種よりも, 地上部を飼料用として利用し, デンプン生産については殆んど改良を加えられていないツルセンガンがより適した品種であることが明らかになった。また, 収量効率についても低デンプン性として類別されているヨギムラサキで最も高い値を示した。甘藷を以上のようなエネルギー自給型アルコール生産プラントの原料として用いることを前提に比較・検討した試験は本研究を除いて見当らない。従って, 成果の相対的な評価は不可能であるが, エネルギー自給を前提としたときには, 従来の選抜標準や栽培法に基本的な検討を加える必要があることには疑いがなからう。また, 藤瀬⁽⁴⁾が指摘するように, 甘藷は塊根肥大を通してデンプンを効率よく蓄積するという他作物にはない優れた特性を有している。従って, 甘藷では塊根からのエタノール生産に重点をおき, 蒸溜エネルギーの供給には他作物を用いるなどの作物の組合せによる原料生産システムを考えるのも一案となるかもしれない。

ここで, 本試験で得られた一般的な意味での収量について若干の検討を加えておくことにしよう。供試した品種の生塊根重は, ナンゴクの1.7 ton/10aからオキユタカの3.9 ton/10aとかなりな違いを示していた。また, ヨギムラサキとナカムラサキでは, 3.4と3.7 tonとオキユタカと同様に沖縄県の平均収量(2.3 ton/10a)⁽⁵⁾に比べればかなりな多収性を示していた。この原因としては, 9月から10月の塊根肥大期に4以上の葉面積指数を確保するという葉面積の大きさが考えられる。しかし, 10月以後に葉面積指数はいずれの品種でも明らかに低下した(Fig.4)。AGATA^(1,2)は福岡において多収を収めた甘藷は, 8月から10

月終りまで4以上の葉面積を維持し, 塊根収量にとって生育の前半では葉面積の大きさが, 生育後半では葉の光合成機能(純同化率)の維持が重要であると報告している。従って, 本研究での塊根収量が最大値で3.9 ton/10aといま一步多収に結びつかなかった原因は, 10月後半に生じた葉面積指数の低下によるものと考えられる。このような葉面積の低下は, 10月28日に来襲した台風12号のためとも考えられるが, 詳細は不明である。

最後に, Fig.1の塊根乾物重が11月に低下するという異常な現象についてふれておきたい。この低下の原因は, イモゾウ虫による食害とその部分の腐敗の為, 調査の時点で該当部分を切除したことによっているものと考えられる。Bouwkamp⁽³⁾は, 緯度的にみると赤道をはさむ南北10度以内の地域で甘藷の平均収量は著しく低下することを示している。このことは, 本実験の生育後期に観察された塊根の腐敗とあわせ, 開発されたエネルギー自給型アルコール生産プラントが亜熱帯・熱帯での稼働を前提にしていることから, 甘藷の基本的な生産性自体も合せ今後検討することの必要性を示唆している。

要 約

エネルギー自給型アルコール生産プラントの原料として用いる甘藷について, 備えるべき品種特性と栽培特性を明らかにしようとして試験を行なった。供試品種は, 塊根肥大性品種としてナンゴク, 蔓性品種としてツルセンガン, 高デンプン性品種としてオキユタカ, 甘味・高澱粉性品種としてナカムラサキ, 低澱粉性品種としてヨギムラサキである。得られた結果の概要は以下のとうりである。

地上部と塊根乾物重の比(T/R比)が1となる生育時期と, その時のアルコール生産に関連するパラメータは, 品種間で明らかな変異を示した。T/R=1となる最短日はナカムラサキの植付後71日目で, その時の塊根乾物収量とデンプン収量は, 各々230と184 kg/10aであった。T/R=1となる日の最大塊根乾物収量及びデンプン収量は, ツルセンガンの729と466 kg/10aで, 植付173日目に得られた。さらに, T/R=1となる

ときの収量効率では, ヨギムラサキの5.4 kg/10a /日が最も高く, 植付後108日目に得られた。

謝 辞

本研究の実施にあたり, 琉球大学農学部学生中江裕司君の協力を頂いた。記して感謝の念を表わしたい。

なお, 本研究の費用の一部は昭和59年度文部省科学研究費補助金エネルギー特別研究(課題書号, 59040059)によったものである。記して感謝したい。

引用文献

- (1) Agata, W.(1981) The characteristics of dry matter and yield production in sweet potato under field condition. Sweet Potato, Proceedings of the First International Symposium: 119-127.
- (2) Agata, W. and T. Takeda (1982). Studies on matter production in sweet potato plants. 1. The characteristics of dry matter and yield production under field condition. J. Fac. Agri. Kyushu Univ., 27: 65-73.
- (3) Bouwkamp J. C.(1985) Production. Sweet Potato Products: A natural resource for the tropics. CRC Press, Boca Raton, Florida: 3-7.
- (4) 藤瀬一馬(1983) 高エネルギー植物の研究-世界のいも類作物のエネルギー生産力調査-(2)サツマイモの収量性について: 1-144 (文部省科学研究報告書)
- (5) 沖縄開発庁沖縄総合事務局農林水産部(1985). 第13次沖縄農林水産統計年報: p 57
- (6) 沖縄県施肥合理化協議会(1963). カンシヨ栽培指針, 施肥合理化資料1号主要作物の栽培指針: pp 31-33.
- (7) 当山清善, 宮里清松(1983). 甘藷いもの無蒸煮仕込みアルコール発酵, 甘藷産業のメタン発酵及びメタン発酵汚泥の肥効試験. 文部省科学研究費, エネルギー特別研究「生物エネルギーの利用と開発」昭和57年度研究成果報告: pp 171-174.
- (8) 新船保(1981). エネルギー源としてのバイオマス(4)-その現状と問題点, 農及園, 56巻, pp 873-878.
- (9) 山本武彦(1981). 肥料の再利用, エネルギー自給の甘藷を原料とするエタノール発酵についての一案. 文部省科学研究費「エネルギー特別研究」NEWS 1巻, pp 61-62.