

日 作 九 支 報
54: 111-118, 1987

スクロース濃度及びインペルターゼの季節的推移からみた 宮古島のサトウキビの特性調査

野瀬 昭博・仲間 操*・平良 正彦**・伊志嶺 正人**・村山 盛一
(琉球大学農学部・*琉球大学農学部附属農場・**沖縄県農業試験場宮古支場)

Seasonal changes of growth characteristics concerning to sugar content of sugar cane stalk in
Miyako island and Itoman

Akihiro NOSE, Misao NAKAMA*, Masahiko TAIRA**, Masato ISHIMINE**,
and Seiichi MURAYAMA

(Col. of Agr. Univ. of the Ryukyus, *Exp. Farm Col. Agr. Univ. of the Ryukyus,
**Okinawa Agr. Exp. Sta. Miyako Branch)

宮古島のサトウキビ栽培は、1984/1985年期及び1985/86年期と2期連続して低ブリックス現象が生じ¹⁾、同島の糖業に深刻な影響を与えた。このような現象の原因を解明すべく、沖縄県内の関係機関でプロジェクトが1986年に設立された。本研究は、そのプロジェクトの一部として行ったものである。

サトウキビの生長と糖蓄積には、2種類のインペルターゼが密接に係わりあっていることが知られており^{1,4,5,6,12)}、pH5.4に活性の至適域を持つ酸性インペルターゼは、梢頭部のような未成熟の組織に局在し、その活性の程度は節間伸長と密接な関係にある。また pH7.0に活性の至適域を持つ中性インペルターゼは、成熟茎に存在し、その活性の程度はスクロース濃度と密接な関係にある。つまり、酸性インペルターゼは未熟茎に局在し、栄養成長と深い関係にあり、中性インペルターゼは成熟茎に局在し糖蓄積に深い係わりあいを持つといわれている。

1985/86年期の宮古島におけるサトウキビの低ブリックス現象は、原料茎収量の大幅な増大とともに生じている¹⁰⁾。従って、前述したような2種類のインペルターゼの挙動は特に興味がある。また、上述したようなインペルターゼの働きは、精密な制御環境下で得られた結果であることから、そのような現象は実際圃場レベルにおいても検討を要する点であろう。

今までの沖縄におけるサトウキビの糖収量については、分析の困難さから殆どがブリックスを指標に調査、議論がなされてきた。糖濃度の低下という問題はブリックスよりむしろスクロースそのものについて解析される必要がある。

以上のようなことから本研究においては、2種類のインペルターゼ及びスクロースやグルコース・フラクトース濃度、さらには蔗茎の形質についてその季節変化を調査した。宮古島の結果と比較検討するために、沖縄本島南部の糸満市においても同様な調査を行った。

材料及び方法

供試植物は、サトウキビ品種 NCo310である。材料は1985年8～9月に夏植えされたものを用いた。土壌は琉球石灰岩土壌で、圃場によっては、泥灰岩客土が実施されていた。客土については第1表を参照。また、第1表には採集圃場の概要を要約して示した。

調査は、第1表に示した各圃場より各調査日に平均的な蔗茎3本を選び行った。宮古島の材料については調査日の前日の午前中に採集し、午後那覇まで空輸し、刈取りからほぼ1日を経た植物について調査を行った。糸満の材料についても、刈取りから調査までの時間を宮古島のものと同様になるように調整した。調査期間は、1986年5月より1987年1月である。

蔗茎は、止め葉（旗葉）の着生したものは、止め葉から数えて8枚目の葉鞘のつく節までを、その他の茎については、最上位完全展開葉から数えて5枚目の葉鞘のつく節までを梢頭部（未成熟茎）として、それよりも下の茎部を成熟茎（原料茎）として取り扱った。

調査は、茎を縦方向に2等分し、一方を含水率と乾物重測定のために用い、残りをロール式電動圧搾機で絞り蔗汁分析に供試した。

蔗汁ブリックスは圧搾直後に屈折計（アタゴ100形）で測定した。2種類のインペルターゼは、圧搾後2昼夜燐

キーワード：サトウキビ、スクロース、インペルターゼ、含水率

第1表 サトウキビ調査圃場の概要

圃場 番号	予想 ブリックス	最終施肥 時 期	畦 幅 (cm)	培土高 (cm)	所 在 地	備 考
1	低	年内*	98	18	宮古・上野村野原	
2	低	年内	105	14	宮古・平良市大浦田原	泥灰岩客土
3	低	'86年4月	97	17	宮古・平良市大浦田原	泥灰岩客土
4	低	'86年4月	100	12	宮古・城辺町下北	
5	高	年内	115	15	宮古・上野村新里	
6	高	年内	102	10	宮古・平良市細竹底原	
7	高	'86年4月	106	15	宮古・下地町入江	
8	高	'86年4月	105	12	宮古・城辺町新城	
11	高	年内	110	—	糸満市伊原	
12	高	年内	102	—	糸満夜米須	
13	高	'86年4月	117	—	糸満市米須	泥灰岩客土
14	高	年内	113	—	糸満市大渡	泥灰岩大量客土

* 植え付けた年(1985年)に最終施肥を終えた。

酸バッファー(0.05M KH_2PO_4 , NaOH pH7.0)中で透析した。その後、酸性型は、0.5M 酢酸緩衝液 pH5.5³⁾, 0.3 ml, 0.1M スクロース 0.3ml, 及び抽出液0.1mlを含む酵素反応液 1 ml⁸⁾で、中性型は、0.5M 磷酸緩衝液 pH7.0, 0.3ml, 0.1M スクロース 0.3ml, 抽出液0.1mlを含む反応液 1 ml⁸⁾で30°C, 1時間インキュベートした。生成した還元糖をソモギ・ネルソン (Somogi-Nelson) 法で定量し活性値とした。

蔗汁中のスクロース・グルコース・フラクトース濃度は高速液体クロマトグラフ(島津 LC-5A, 検出部 RID-2 A, カラム SCR-101N) で定量した。

茎乾物重は90°Cで1週間以上熱風乾燥した後に秤量した。含水率は、熱風乾燥する前の生重と乾物重の差より対生重として評価した。

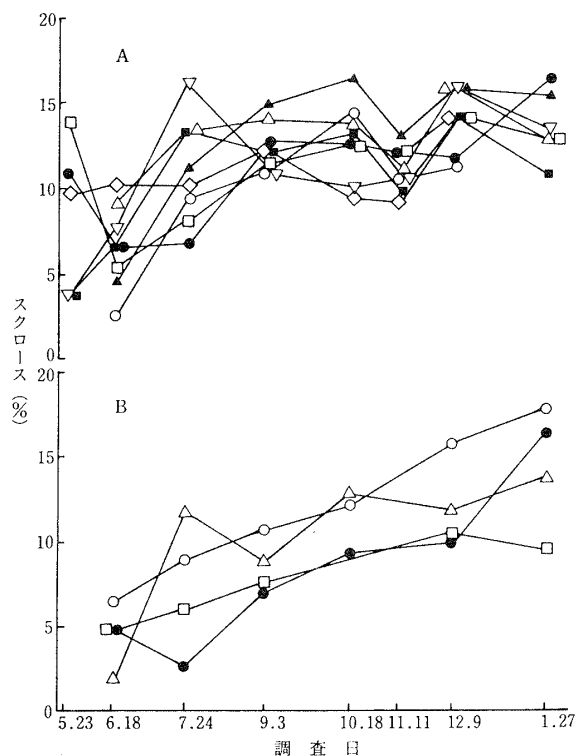
結 果

蔗汁中のスクロース濃度の推移を第1図に示した。第1図-Aに示した宮古島についてみると、蔗汁中のスクロース濃度はいずれの圃場においても6月から9月にかけて上昇し、その後一定した値を維持している。圃場ごとにとみると、5番圃場で9月以後いつも高いスクロース濃度が観察され、12月以後になると8番あるいは3番圃場が高いスクロース濃度を示すようになる。宮古島での調査圃場は高ブリックス(5～8番)と低ブリックス(1～4番)を予想して選定されたものである。結果として、予想高ブリックス区に属する5区で高いスクロース濃度を示した以外、その他の圃場では予想された現象が実現されなかった。

第1図に示したスクロース濃度で特に注目したいのは、11月に宮古島のいずれの圃場でもスクロース濃度の一時

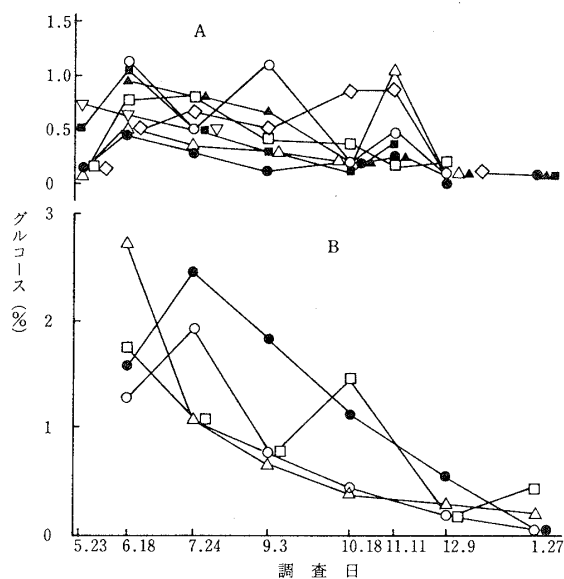
的な減少が認められることである。この点については、以後他の要因との現象の平行性を検討してみたい。

糸満におけるスクロース濃度(第1図-B)の上昇の仕方は、宮古島の場合とはいくぶん異なっている。つまり、糸満におけるスクロースの推移は、11区に典型的に示されるように6月から1月にかけてスクロース濃度は漸増していく。更に、9月でのスクロース濃度は宮古島



第1図 宮古島(A)及び糸満(B)における蔗汁のスクロース濃度の推移

○: 1・11区, ●: 2・12区, △: 3・13区, □: 4・14区, ▲: 5区, ◇: 6区, ■: 7区, ▽: 8区



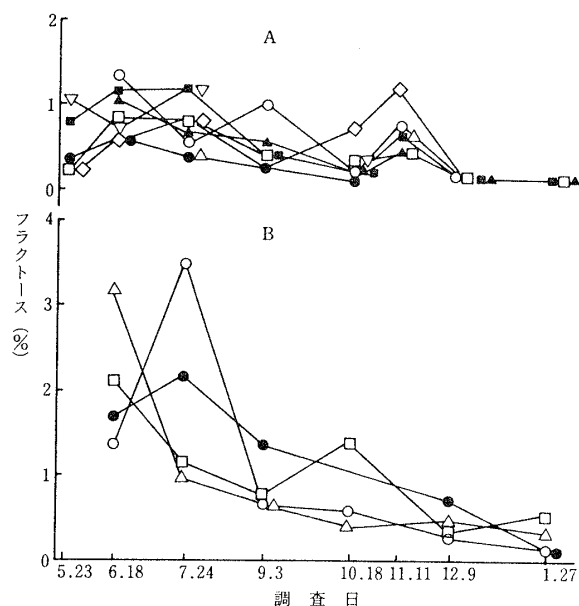
第2図 宮古島 (A) 及び糸満 (B) における蔗汁のグルコース濃度の推移
(図中の記号は第1図と同じ)

に比べ低いものの、その後の連続的な上昇のため収穫期に至っては宮古島より高くなる。

つまり、宮古島では6～9月にスクロース濃度の上昇が著しいが、その後は余り上昇しない。糸満では、6～9月のスクロース濃度の上昇は思わしくないが、その後収穫期にかけてスクロース濃度は上昇し、結果として高いスクロース濃度が得られるようになる。

次に、蔗汁中のグルコースの推移についてみたものが、第2図である。宮古島について(第2図-A)みるとグルコース濃度は5月から6月にかけて上昇し、その後漸減の傾向を示し、11月に僅かに上昇し、収穫期には極めて低い値となってしまう。グルコース濃度についても、2区で低い値を示し1区或は5、6区で高い値を示すなど、その濃度は圃場ごとに異なった推移を示し、予想ブリックスによる分類はできなかった。ここで、高いスクロース濃度を示した5区についてみると、7月から10月のスクロース濃度の上昇にともないグルコース濃度の低下が認められる。そして、この間のグルコース濃度は他の区にくらべ高い。更に、9月から11月にかけてグルコース濃度が上昇した6区では、スクロース濃度が同じ時期に減少している(第1図)。

糸満での蔗汁中のグルコース濃度の推移を第2図-Bに示した。推移の仕方に2つの形が認められる。まず、11区と12区では6月から7月にかけてグルコース濃度が一旦上昇し、その後直線的あるいは指数関数的に減少する。いっぽう、13区と14区では6月以後、グルコース含量は指数関数的に減少していく。宮古島の例と比較した

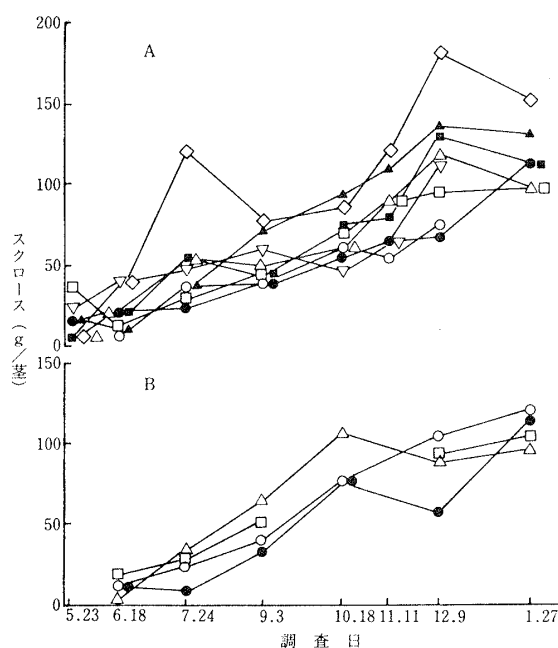


第3図 宮古島 (A) 及び糸満 (B) における蔗汁のフラクトース濃度の推移
(図中の記号は第1図と同じ)

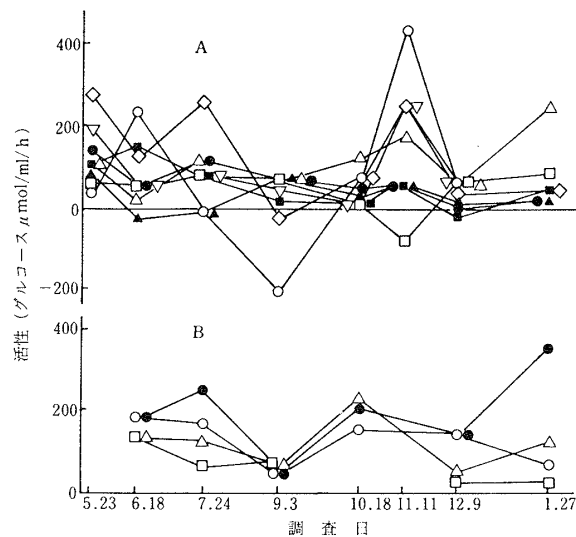
場合、6月から10月のグルコース濃度は糸満で明らかに高い。

蔗汁中のフラクトースの推移を第3図に示した。値の大小はグルコースの場合と少々異なるものの推移の仕方としてはグルコース濃度と同様である。

蔗糖収量をとらえるとき、糖濃度も重要ではあるが、生産される糖の総量についてみることも重要である。第4図には一茎当りのスクロース含量の推移を示した。算



第4図 宮古島 (A) 及び糸満 (B) における蔗茎のスクロース含量の推移
(図中の記号は第1図と同じ)



第5図 宮古島 (A) 及び糸満 (B) における蔗汁の酸性インペルターゼの推移
(図中の記号は第1図と同じ)

出方法は、含水率と茎生重から蔗汁量を計算で求め、それに蔗汁のスクロース濃度を掛けて求めた。

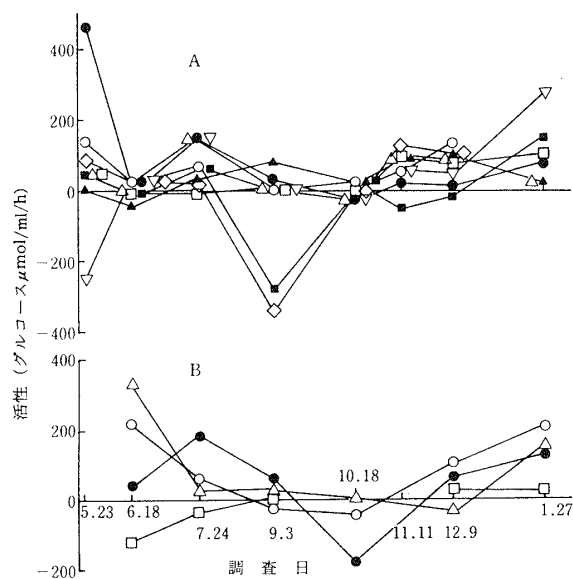
宮古島に於て (第4図-A), 茎当りスクロース含量は、6月以後12月まで漸増しその後定常値に達する。中でも8区及び5区のスクロース含量は9月以後高く推移している。更に12月以後は7区も高いグループに加わり、高ブリックス予想区で茎当りのスクロース含量が高くなる。ここで、11月の値をみると、スクロース濃度でみたような値の一次的な減少は認められない。糸満の例 (第

4図-B) をみるとスクロース含量の推移の仕方は、6月以後1月まで漸増するというスクロース濃度でみたときと同様な傾向を示している。しかし、スクロース含量の圃場間差は濃度でみたときに比べより小さいものとなっている。更に、13区では9月から10月にかけてスクロース濃度では11区と変わらなかった (第1図) のに比べ、その含量では明らかに高い推移を示している。

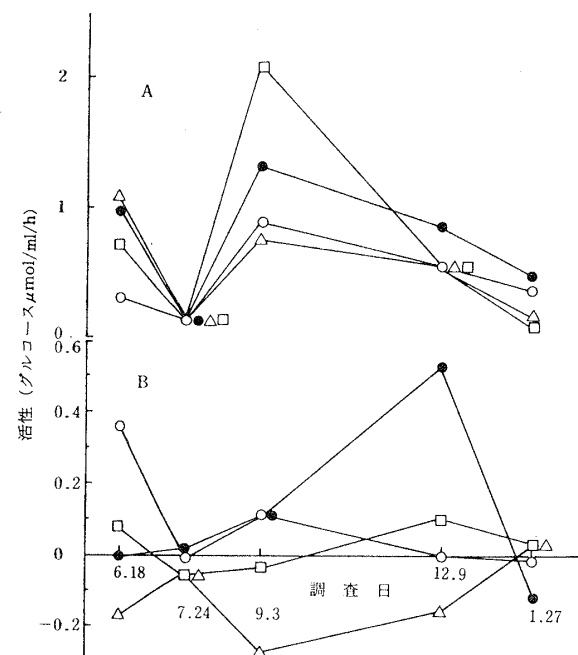
以上は、サトウキビの収穫対象となる糖推移の特徴についてみてきた。次には、このような糖合成・蓄積に関与すると予想される要因についてみてみたい。まず、酸性インペルターゼの推移を第5図に示した。宮古島についてみると (第5図-A), 茎蔗汁の酸性インペルターゼの活性は5月以後10月まで値の高低を示しながらも漸減する。その後11月に活性が一次的に増大し、12月以後の収穫期には活性は低下する。活性の推移を比較すると、スクロース濃度や含量の多少との一定した対応性は認められない。

糸満についてみると (第5図-B), 茎の酸性インペルターゼ活性は6月以後9月まで漸減する。その後、10月に活性の増大を示し収穫期にかけて再度低下していく。宮古島のものに比べ糸満での酸性インペルターゼの活性は安定して高い。

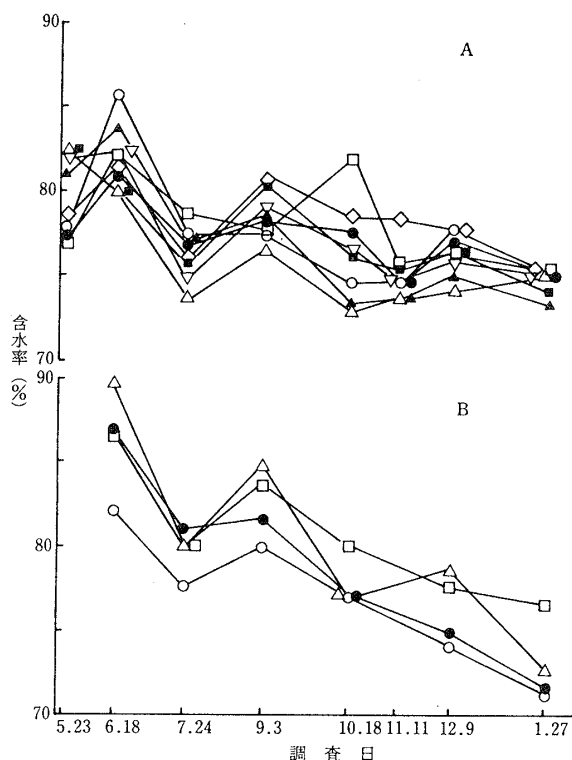
中性インペルターゼ活性の推移を第6図に示した。第6図-Aに示した宮古島についてみると、5月には圃場間で活性の大きな変異を示すものの、その後10月までは低い値で推移する。11月以後中性インペルターゼは収穫



第6図 宮古島 (A) 及び糸満 (B) における蔗汁の中性インペルターゼの推移
(図中の記号は第1図と同じ)



第7図 糸満における梢頭部汁の酸性 (A), 中性 (B) インペルターゼの推移
(図中の記号は第1図と同じ)



第8図 宮古島 (A) 及び糸満 (B) における茎含水率の推移
(図中の記号は第1図と同じ)

期にかけて僅かに増大する傾向にある。

第6図-Bには糸満における茎の中性インペルターゼ活性を示した。推移の仕方は宮古島のものとほぼ同様で11月以後に活性の増大が認められる。12月と1月での中性インペルターゼ活性は、スクロース濃度の高かった11、12区で高くなっている。

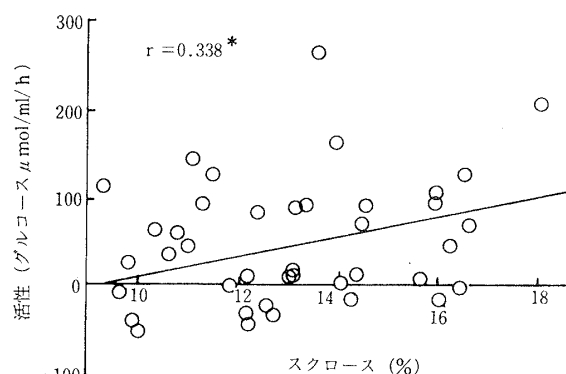
第7図に糸満のサトウキビの梢頭部における酸性インペルターゼ (A) 及び中性インペルターゼ (B) の活性の推移を示した。梢頭部の酸性インペルターゼ活性は茎部に比べ明らかに高い活性を示しながら推移する。梢頭部の活性は、7月に一時的に低下を示しその後9月から収穫期にかけて低下していく。梢頭部における中性インペルターゼ活性 (第7図-B) には一定の傾向が認められなかった。

サトウキビのスクロース濃度の上昇には含水率の低下が重要であるといわれている²⁾。第8図に茎の含水率の推移を示した。宮古島における茎含水率 (第8図-A) は、6月に一旦上昇し、その後7月には低下、9月に再度上昇しその後収穫期に掛けて漸減していく。糸満 (第8図-B) の推移は、概ね宮古島の推移と同様である。ただ糸満における茎含水率は6月から9月の夏季に宮古島のものに比べて高い。そして収穫期においては14区で76%の宮古島のものと同等な値を示すものの、他の3区においては、71から72%と含水率は宮古島のものに比べ

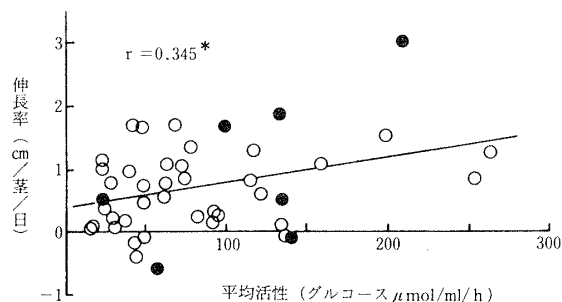
明らかに低くなっている。

以上は、糖収量に係わる要因の季節的推移について結果を述べてきた。以下には各要因の相互の関係について結果を整理してみたい。従来から、酸性インペルターゼは生長点近くに存在し^{4,6)}、栄養生長期に活性が高い^{5,7,9)}といわれてきた。つまり酸性インペルターゼの活性は、茎の栄養成長と関係する。第9図は、茎の伸長率と酸性インペルターゼ活性の平均値との関係を調査期間・調査地点を込みにしたときの関係を示している。両者に相関係数 $r = 0.345$ という相関の程度は低いものの5%水準で有意な関係が認められる。両者の関係を季節的にみした場合、5-6月の生育旺盛期の初めに宮古島で $r = 0.669$ という相関 (図中の黒丸) が認められた。しかし、生育の進展にともない相関の程度が小さくなった。

中性インペルターゼは、蔗糖蓄積に於て働く酵素といわれている^{1,6)} ことから、10月から1月にかけての蔗糖濃度と中性インペルターゼ活性の関係を図10に示した。結果は宮古島と糸満を込みにして示してある。両者に $r = 0.338$ と5%水準で有意な正の相関がみとめられた。



第9図 10月から1月にかけての蔗汁スクロース濃度と中性インペルターゼ活性との関係
(宮古島と糸満の両地域を含む * : 5%水準で有意)



第10図 調査地点及び調査期間を込みにしたときの酸性インペルターゼの平均活性と茎伸長率との関係
(* : 5%水準で有意 ● : 5月23日から6月18日にかけての関係を示している)

第2表 9月及び1月におけるスクロース濃度に関する単相関表

調査日		中性インペ ルターゼ	酸性インペ ルターゼ	茎 重	含水率
9月3日	スクロース 濃度	0.037	-0.144	-0.527	-0.767**
1月27日	〃	0.235	0.209	-0.653*	-0.678*

*, **: 各々5%, 1%水準で有意。

第2表は、9月と1月の調査でのスクロース濃度と関連要因の単相関表である。収穫期の蔗汁スクロース濃度は含水率と茎重に対し5%水準で有意な負の相関を示した。中性及び酸性インペルターゼは蔗汁スクロース濃度と正の相関を示すもののその程度は小さかった。生育旺盛期後半(9月)に於て、スクロース濃度は含水率と1%水準で有意な負の相関を示し、茎重とは $r = -0.527$ とある程度の相関を示すものの有意ではない。この時期においても、2種類のインペルターゼとスクロース濃度は無関係である。

考 察

本研究における調査地点は、1985/86年期に生じた宮古島の低ブリックス現象を再現できるように、種々の耕作条件の予備調査から低ブリックス圃場と高ブリックス圃場として選定したものである(第1表)。12月或は1月におけるブリックス調査では、糸満地区のサトウキビが、14区を除き3試験区ともブリックス・スクロース濃度共に高いという、予想どおりの結果であった。しかし、宮古島の調査地においては、特に1月の調査で認められるように何れの地点のブリックスも16度以上で、予想した結果が得られなかった。つまり、宮古島における調査においては、当初の想定とは異なったブリックスの現象を追跡したことになる。しかし、当初の予想が異なったとはいえ、宮古島の内部、或は糸満地区との比較では、ブリックス或はスクロース濃度の推移が異なるという現象が認められた。従って、以下には、予想ブリックスを無視してスクロース濃度の成立と推移に焦点を当てながら考察を加えることにしたい。

まず、本研究においては、2種類のインペルターゼとスクロース等の糖濃度を中心に調査を行った。その結果、蔗汁中のスクロース濃度の推移に、宮古島と糸満のサト

ウキビでは違いが認められた(第1図)。つまり、宮古島のサトウキビでは、6月から9月の夏場にスクロース濃度の上昇が著しく、その後あまり濃度の上昇が認められなかった。糸満においては、スクロース濃度は6月以後収穫期にかけて漸増し、特に12月以後の収穫期にもスクロース濃度の上昇が認められ、1月には宮古島を凌ぐ高い値となった。

HATCH and GLASZIOU⁶⁾は、pH7.0に至適域を持つ中性インペルターゼは、成熟茎に局在しスクロース蓄積に深く関わっていることを示した。そこで9月における成熟茎に於てスクロース濃度と調査した形質の関係を求めたところ、スクロース濃度は茎の含水率と $r = -0.767$ で1%水準で有意な負の相関を示し、茎重とは有意ではないものの $r = -0.527$ という相関を示した。しかし、中性インペルターゼ活性とは $r = 0.037$ と無相関であった。収穫期における同様な解析では(第2表)、スクロース濃度と含水率及び茎重については負の有意な相関が認められ、中性インペルターゼとは統計的有意性はないものの正の相関が認められた。そこで、10月から1月にかけての中性インペルターゼとスクロース濃度の関係をみると(第9図)、 $r = 0.338$ と値は低いながらも正の有意な相関が認められた。

9月及び1月のスクロース濃度と調査した要因の間の重相関が求めた結果を表3に示した。目的変数をスクロース濃度とした場合、9月においては説明変数として茎含水率と2種類のインペルターゼを選択したときが最も高い重相関係数が得られ、その寄与率は $\bar{R}^2 = 0.515$ であった。1月の収穫期においては、説明変数として茎含水率と茎生重を用いたときが最も高い重相関係数が得られ、そのときの寄与率は $\bar{R}^2 = 0.519$ であった。

以上のように、単相関及び重相関の結果から、本研究における蔗茎のスクロース濃度は、おもに茎の含水率によって大きな影響を受けていることが明らかになった。しかし、本研究の範囲では $\bar{R}^2$ で表される寄与率はスクロース濃度の約50%しか説明できず、この点については、HATCHら^{5,6)}のインペルターゼ測定法の違いも含めながら、今後の検討を要する。

次には、茎の伸長生長とかかわり合いを持つと考えられる酸性インペルターゼについて考察を加えることにし

第3表 9月及び1月におけるスクロース濃度に関する変数減少法を用いた時の重回帰分析**

調査日	X1	β_1	X2	β_2	X3	β_3	定数	$\bar{R}^2$	F値
9月3日	含水率	-0.79135	酸性	0.00923	中性	-0.00416	73.9378	0.515	4.89*
1月27日	含水率	-0.70969	茎重	-0.00550	—	—	72.8381	0.519	5.87*

** : 説明変数として含水率、茎重、酸性インペルターゼ(酸性)活性、中性インペルターゼ(中性)活性を使用した。

$\bar{R}^2$: 自由度調整済みの重相関係数で寄与率を表す。* : 5%水準で任意。

たい。HATCH ら⁵⁾らは、サトウキビにおいて酸性インペルターゼは未熟な茎に局在し、成熟茎には殆ど認められなかったと報告している。本研究においては、酸性インペルターゼが成熟茎にもかなりの量存在し、前述のように（第3図）夏季においては糖の蓄積に関与していることが認められた。

当酵素は、従来からサトウキビの茎の伸長つまりは栄養生長に係わる酵素として注目されてきたものである⁶⁾。本研究においても、調査地点・調査時期を込みにした場合に茎の伸長率と平均酸性インペルターゼ活性とは有意な正の関係にあることが認められた（第10図）。しかし、その相関の程度は $r=0.345$ と小さく、HATCH らが示したような当酵素と茎の伸長率の密接な関係は認められなかった。また、酸性インペルターゼは、茎の生長に深くかかわり合い、かつその活性は高温期に高く、季節変化をすることが知られている^{6,9)}。本研究においては、糸満で採集したサトウキビの酸性インペルターゼについて明らかな季節変化が認められた（第7図）。しかし、その季節変化のしかたは必ずしも高温期に高い活性が現れるとは限らなかった。また、成熟茎では9月上旬に、未成熟茎では7月下旬に活性の低下が観察された。更に、宮古島で採集したサトウキビにおいては、糸満地区で採集したもののような明確な季節変化は認められなかった。

以上のように、本研究においては、宮古島産サトウキビと糸満産サトウキビでその糖濃度の推移が異なっていたことを認めながらも、その原因については、十分に明らかにすることができなかった。しかし、蔗汁の糖濃度には、含水率が密接にかかわり合い、調査圃場の土壌が同様であるにもかかわらず、一方は夏に含水率が高く収穫期に低い、そして他方はその逆という現象を認めたことは興味深い。更に、従来から定説化されたかに見えた、2種類のインペルターゼの局在性や季節変化、或は栄養生長や糖蓄積とのかかわり合いについても、圃場レベルではかなり異なった現象が認められ、制御環境下の結果とは異なっていたことは今の課題として興味深い。

摘 要

宮古島8圃場、糸満市4圃場より得たサトウキビについて、スクロースに係わると予想されるいくつかの要因について、生育旺盛期の5月から収穫期の1月にかけて追跡調査をこころみた。得られた結果の概要は以下の通りである。

1. 取り上げた殆どの要因の季節変化について、宮古島と糸満の間に違いが認められた。特に、スクロース濃度は、宮古島においては6月から9月という夏季に上昇が著しく、その後余り上昇しなかった（第1図）。糸満に

於て、スクロース濃度は6月から収穫期にかけて漸増し、1月には宮古島を凌ぐ値となった（第1図）。

2. 茎当りスクロース含量は、宮古・糸満とも12月まで同様に漸増した。しかし、その後、宮古島における増大は停止し糸満では漸増した（第4図）。

3. 酸性インペルターゼは茎伸長率と有意な正の相関を示すものの、その程度は $r=0.345$ と低かった（第10図）。

4. 中性インペルターゼについてもスクロース濃度と生育の後期で正の有意な関係が認められるもののその程度は、 $r=0.338$ と低かった（第9図）。

5. 高いスクロース濃度が宮古では夏季に、糸満では収穫期に認められた。この現象と最も良く相関を示したのは、茎の含水率で、宮古島においては糸満に比べ相対的に夏季に含水率が低く、収穫期に高くなっていた（第2表、第3表、第8図）。しかし、スクロース濃度について本研究で取り上げた範囲では約50%しか説明できなかった（第3表）。今後は、2種類のインペルターゼ活性測定法の検討も含めた、更なる生理的な検討が必要である。

引用文献

- 1) ALEXANDER, A. G. 1973. Mechanism of sugar storage in mature stalk tissue. In Sugarcane Physiology (Ed.) Elsevier Scientific Publishing Co. 402—407.
- 2) ———— 1973. Moisture. ————. 410—415.
- 3) 知念 功・江川義和・外間宏一・四方治五郎 1977. 甘蔗幹酸性インペルターゼに関する研究. 琉大農学報 24: 217—229.
- 4) ————・松下洋一・福田亘博 1979. 甘蔗茎のインペルターゼと α -ガラクトシダーゼに関する研究. 琉大農学報 26: 91—104.
- 5) HATCH, M. M., J. A. SACHER, and K. T. GLASZIOU 1964. Sugar accumulation cycle in sugar cane. I. Studies on enzymes of the cycle. Plant Physiol. 38: 338—343.
- 6) ———— and K. T. GLASZIOU 1964. ————. II. Relationship of invertase activity to sugar content & growth rate in storage tissue of plants grown in controlled environments. Plant Physiol. 38: 344—348.
- 7) MADAN, V. K., K. SING, H. P. PANDE and Y. P. SAXENA 1981. Foliar enzyme of sugar cane. Part 1. Seasonal variation of invertases. Int. Sugar J. 83: 163.

- 8) 仲宗根洋子・安井 勝 1982. くわずいも葉のインベルターゼ. 琉大農学報 29: 73—78.
- 9) 野瀬昭博・小橋川嘉一・仲間 操・宮里清松・村山盛一 1986. サトウキビにおけるソースとシンクとの相互作用による物質生産の制御. (2)熟成の異なるサトウキビにおけるシンク能の推移. 日作紀 55 (別2): 119—120.
- 10) 沖縄県農林水産部 1987. 市町村別さとうきび生産高. 糖業年報 27: 39.
- 11) ————— 1987. 年別・地域別平均ブリックス. 糖業年報 27: 47.
- 12) PAYNE, J. H. 1986. Sugar and energy losses in burned cane. Int. Sugar. J. 88: 191—192.