

琉球大学学術リポジトリ

窒素処理がサトウキビの葉および茎のイオン含有量に及ぼす影響

メタデータ	言語: 出版者: 沖縄農業研究会 公開日: 2009-01-29 キーワード (Ja): 窒素, サトウキビ, Saccahram spp., 農林8号, アニオン, カチオン, イオン キーワード (En): Saccahram sinense 作成者: 玉城, 雄一, 川満, 芳信 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002015493

窒素処理がサトウキビの葉および茎のイオン含有量に及ぼす影響

玉 城 雄 一 ・ 川 満 芳 信

(琉球大学農学部)

Yuichi TAMAKI and Yoshinobu KAWAMITSU: Effects of soil nitrogen treatments on ion contents in stem and leaves of sugarcane.

はじめに

窒素施肥が甘蔗糖度に与える影響に関しては様々な研究で明らかにされてきた。また、肥料の他に気象、灌漑、品種、病害虫等も甘蔗糖度に影響を与える。実際のサトウキビ栽培においては窒素、リン酸、カリウムの3成分配合肥料を基肥、追肥として施肥し、微量元素については土壌任せで注目されていないのが実状である。窒素成分が過多になると、他の多量要素や微量元素の吸収はどのような変化を示すであろうか。葉身に吸収された窒素含量の変動に伴い、サトウキビ体内の元素やイオンバランスに変化が生じると言われる。また、サトウキビにおいては、葉身のカリウム含量と光合成速度および糖含量とは負の相関関係にあること(川満ら, 1995, 1997; 永江ら, 1997)が明らかにされ、窒素成分の糖蓄積に与える影響を検討する場合他の元素との関連もみる必要がある。

本稿では、土壌への窒素施肥量の違いが窒素やイオン吸収特性への影響を調べ、窒素と糖含量との関連について全イオンの変化を見ながら検討した。

材料及び方法

供試材料は *Saccharum* spp. hybrid. cv. NiF8 (農林8号)、*S. sinense* Roxb. cv. Yomitanzan (読谷山)の2種を用いた。栽培は、1節苗をベンレートT水和剤(デュボン社製)の200倍希釈液で、24時間浸漬消毒し、パーミキュライトを敷き詰めたパットに置床した。約1ヶ月後の1996年5月12日に、赤色土壌(島尻マージ):砂:ピートモス=1:1:1(v/v)の割合で混合し、1/5000aワグネルポットに定植育成した。施肥として液体肥料を週1回、250ml与えた。肥料成分の組成は、

6mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 12mM KNO_3 , 2mM KH_2PO_4 , 2mM $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 25 μM H_3BO_3 , 10 μM $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 2 μM $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.5 μM $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.5 μM H_2MoO_4 , 0.1mM $\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7$ であった。灌水は、土壌の乾き具合を見て適宜行った。植物体は、無効分けつ苗を適宜切除し、1本仕立てとした。また、枯葉は適宜剥離した。

窒素処理は、上述の液体肥料の組成を標準区とし、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ と KNO_3 の濃度を変えた8処理区設けた。処理は、両品種とも植え付け後2ヶ月目に開始し、イオン測定までの13週間窒素処理を行った。NiF8は1996年9月12日、読谷山は10月8日に、各部位のサンプリングを実施した。

イオンの抽出は、0.25gの乾燥粉末に、カチオンは50mlの0.5% HNO_3 、アニオンは50mlの超純水を加え、80°Cで24時間インキュベートし抽出した。その抽出液をろ過後、イオンクロマトグラフィ(DIONEX社、DX-Q)を用いて分析した。カチオンの分析は、ガードカラム(IonPac CG12)、分離カラム(IonPac CS12)、サプレッサー(CSRS-I)を用いて行い、溶離液には20mMメタンスルホン酸を使用した。アニオンの分析は、ガードカラム(IonPac AG4A-SC)、分離カラム(IonPac AS4A-SC)、サプレッサー(ASRC-I)を用いて行い、溶離液には4mM Na_2CO_3 と1.5mM NaHCO_3 を使用した。

葉身糖含量の測定は、4 cm^2 の葉片を採取し生重を測った後、反応を停止させるため10分間煮沸した。その後、乳鉢に海砂、超純水を10ml加え十分に磨砕し、ミラクロスでろ過した液を3000rpmで10分間遠心分離した。その上澄み液を3mlとり、0.75gのアンバーライト

(MB-3)に約60分間反応させ、孔径 $0.45\ \mu\text{m}$ のメンブレンフィルターで濾過後、HPLCで定量した。

結果

図1に窒素処理に伴う茎中アニオン含量の変動を示した。1Nをコントロール区とし、高窒素区の2.5N区から全く窒素を与えない0N区までの8処理区設けた。結果は、各処理区とも2反復の平均値である。両品種とも概して SO_4^{2-} 、 HPO_4^{2-} は高窒素条件下で低下する傾向にあり、逆に Cl^- 、 F^- は増加した。 NO_3^- は他のイオンに比べ僅かではあるが窒素施与に伴い増加した。また、読谷山はNiF8に比べ全てのイオンにおいて半分の含量であった。図2には茎中カチオン含量を示した。カリウム以外の全カチオンの中で多いイオンは NH_4^+ であり、NiF8では処理に伴い指数関数的に増加した。サトウキ

ビ茎中には、僅かに NO_3^- が含まれるものの、 NH_4^+ の方が圧倒的に多く、窒素は主に NH_4^+ の形で存在していると考えられる。また、窒素を全く与えていない0N区においても NO_3^- 、 NH_4^+ が検出され、1/12N区、1/6N区の NO_3^- 、 NH_4^+ の含量とはほぼ同じであった。アニオンと同様に読谷山のカチオン含量はNiF8の半分量であった。他のカチオンについては処理区による明確な差異は認められなかった。カリウムは茎の中で最も含量の多いイオンであるが、処理及び品種による変化は見られなかった(図3)。

次に、葉のアニオン含量については、 F^- 、 SO_4^{2-} は処理区による差は認められず、 HPO_4^{2-} は茎中とは逆に高窒素条件下で高い値を示した(図4)。 Cl^- は両品種で傾向が異なり、NiF8では窒素施与の増大とともに増加したが、読谷山では一定であった。 NO_3^- はNiF8では検

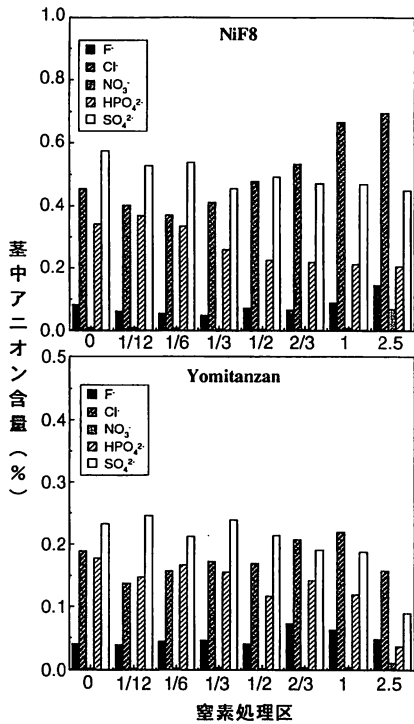


図1. 窒素処理がサトウキビ茎のアニオン含量に与える影響。

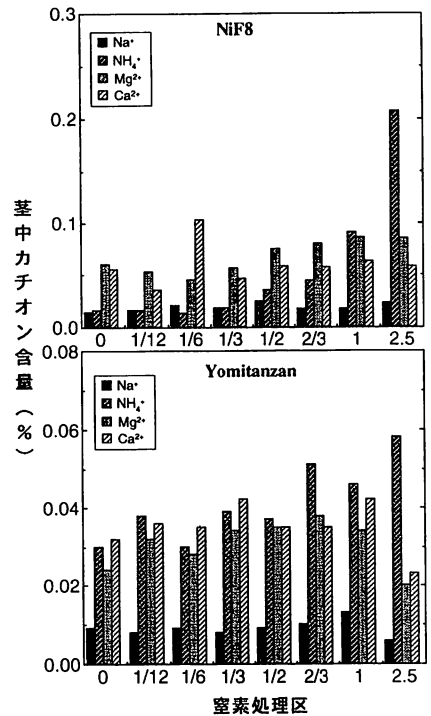


図2. 窒素処理がサトウキビ茎のカチオン含量に与える影響。

出されず、読谷山の2.5N区で僅かに認められた。葉身カチオン含量は、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} で1/3N区において高くなる傾向にあった（図5）。 NH_4^+ は、窒素施与によって増加したが、増加の仕方は処理区とは関連しなかった。図6には葉身カリウム含量を示した。読谷山では窒素施与によりカリウム含量も増加したが、NiF8では処理による差は認められず、両品種で蓄積傾向が異なった。また、茎で認められた様なイオン含量における差はなくなり、両品種とも葉にはほぼ同量含まれていた。

図7には茎葉別に窒素含量と糖度との関係をプロットした。なお、NiF8は1996年9月12日に、読谷山は約1カ月後の10月8日にサンプリングを行ったが、9、10月は生育旺盛な栄養成長期に当たり、糖は蓄積途中のものであった。NiF8において葉身の窒素含量と糖含

量の間には正の相関関係が認められた。読谷山においては有意な相関関係は得られなかったが、NiF8とほぼ同様な傾向にあった。これらの結果から、葉身窒素含量の増加に伴って光合成速度が高まり、光合成産物である糖が増加したことが窺える。ところで、葉身糖含量は午後4時頃にピークに達し、その後、徐々に低下する日変化をとる（図省略）。本研究では糖含量が最大となる4時にサンプリングを実施した。茎中の窒素含量と茎中糖含量との関係を検討した結果、葉身の結果とは異なり、NiF8は窒素含量の増加とともに糖度が低下した（図7-B）。特に、高窒素区では低窒素区の約半分の糖含量であった。一方、読谷山は茎中の窒素含量に関係なく、糖度11%前後で推移した。

以上、土壌への窒素処理に伴う茎葉のイオン含量の変化を検討した。サトウキビ体内の窒素形態は主に

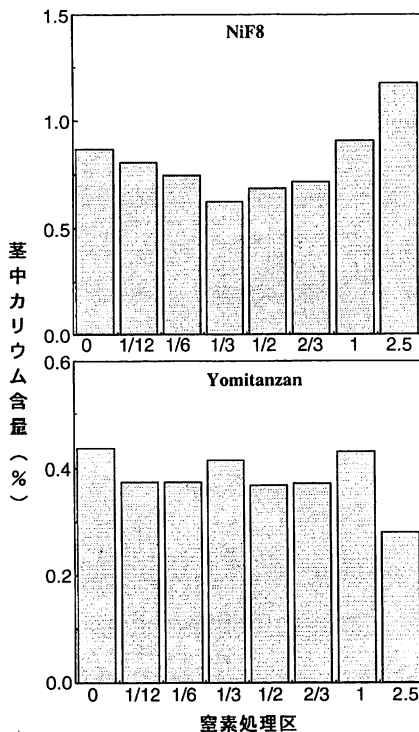


図3. 窒素処理がサトウキビ茎のカリウム含量に与える影響。

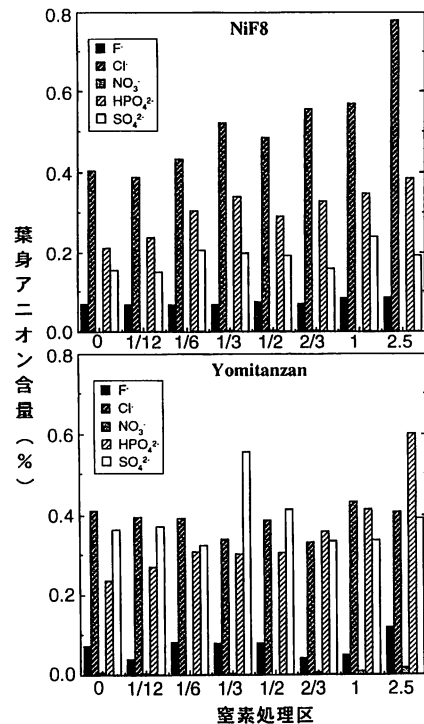


図4. 窒素処理がサトウキビ葉身のアニオン含量に与える影響。

NH₄⁺であることが明らかになった。また、窒素施肥に伴いイオンの種類によって増減が異なった。表1には茎中糖度とイオン含量との重回帰分析の結果を示した。単相関において茎中全窒素、NO₃⁻及びNH₄⁺は糖度と負の相関関係にあり、逆に、HPO₄²⁻は正の相関関係にあった。重回帰分析を行った結果、NO₃⁻、Na⁺、NH₄⁺以外のイオンは変数増減法により除外され、また、糖度とNH₄⁺の間に1%レベルで有意な関係が認められた。

次に、葉身糖含量と窒素含量との重回帰分析を行った結果、単相関では葉身全窒素、Cl⁻及びNH₄⁺は糖含量と正の相関関係にあったが、糖度とイオン含量との間に統計的に有意な関係は認められなかった(表2)。

考察

久貝(1979)は土壌pHが低くなるとBrixや可製糖率

が低下することを報告している。その要因として、土壌が酸性になるとリン酸の効果が低下し、石灰や苦土等のアルカリ分が流亡するほかカリ分が溶脱することを上げ、これらの養分の不足がBrixに悪い影響を与えていると述べている。本研究では窒素分を硝酸態窒素として与えたため土壌のpHの低下が生じ、その結果、窒素施与に伴いHPO₄²⁻含量の低下があったとも考えられる(図1)。通常リン酸は糖度を高めると言われ、本研究では高窒素区でHPO₄²⁻の低下が生じたが糖度を下げた要因の一つとも考えられる。HPO₄²⁻及び他の茎中アニオン含量は、読谷山、NiF8の両品種で同様な傾向を示し、多少の差異は認められるものの窒素施与によりCl⁻含量は増加したがSO₄²⁻、HPO₄²⁻は逆に低下した。宮里(1986)はCl⁻が梢頭部及び根の成長を促進させるとともに糖の合成を助けると述べ、本実験の高窒素下

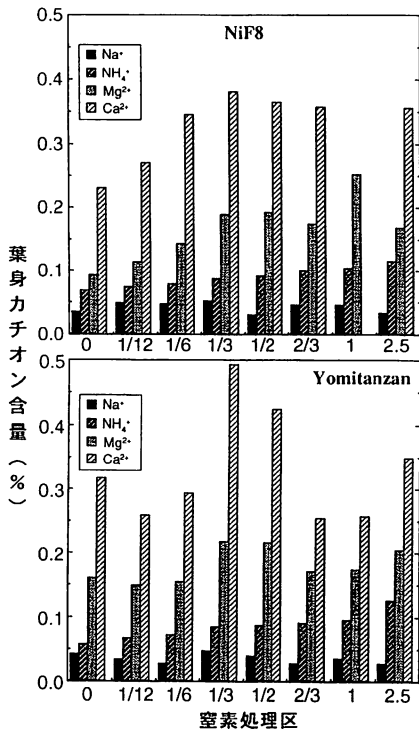


図5. 窒素処理がサトウキビ葉身のカチオン含量に与える影響。

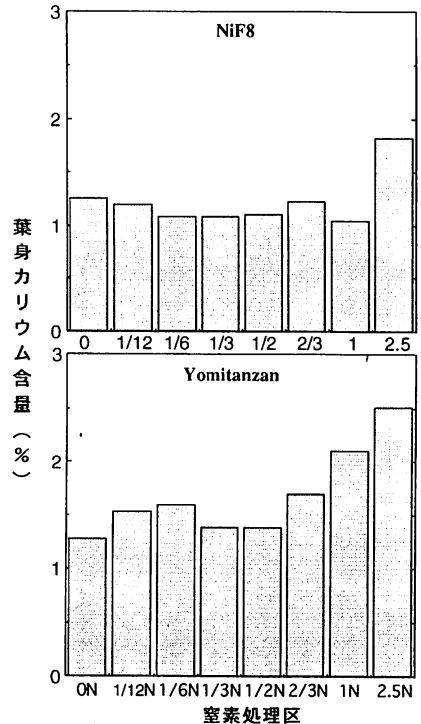


図6. 窒素処理がサトウキビ葉身のカリウム含量に与える影響。

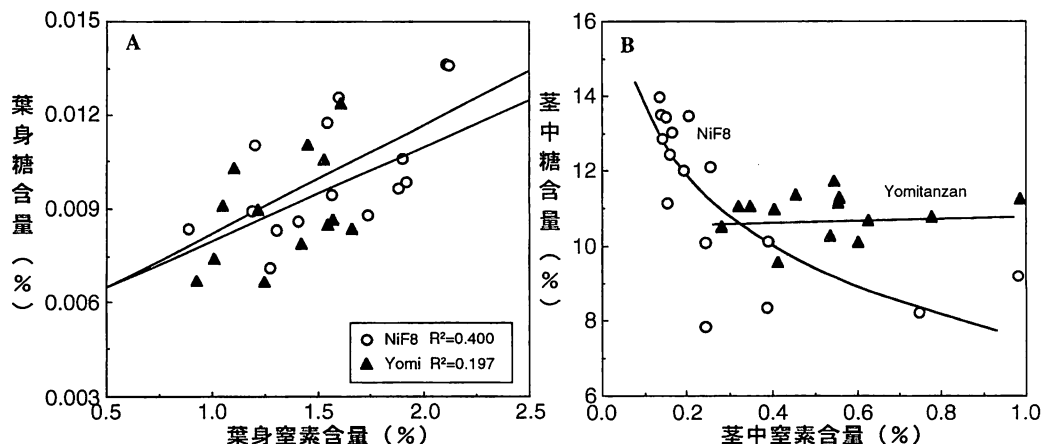


図7. 葉身窒素含量と糖含量 (A) および、茎中窒素含量と茎中糖含量 (B) との関係

でCl⁻が上昇したが糖合成の面からみるとプラスに作用したとも考えられる。また、茎中アニオン含量の中でNO₃⁻は最も少なく、低窒素区では検出が困難であったが、NH₄⁺は処理に伴って増加し、茎ではカリウムに次いで2番目に多いイオンであった(図2)。窒素分を硝酸態窒素で与えたのにも関わらず茎中での窒素形態はNH₄⁺で存在していた。宮里(1986)は、窒素は硝酸態及びアンモニア態の両方で吸収されるが、硝酸態で吸収された窒素は根で還元されてアンモニア態に変えら

れ、細胞内ではアンモニア態で存在し、硝酸、亜硝酸態は認められないこと述べ、本研究の結果と一致する。茎中カリウム含量は、含量の最も多いイオンであるが、NiF8では0Nと2.5N区で高くなる傾向が示されたものの、読谷山では一定の傾向は認められなかった。

次に、葉身アニオン含量について検討する。まず、NO₃⁻はNiF8で検出されず読谷山では窒素施与に連動して増加する傾向にあった。Wang(1981)は、窒素使用量が増加すると甘蔗糖度が減少する要因として、葉部

表1. 糖度対茎中イオンの独立変数による重回帰分析結果。

変数名	偏回帰係数	標準回帰係数	F値	T値	P値	判定	標準誤差	偏相関	単相関
F ⁻	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.356
Cl ⁻	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.227
NO ₃ ⁻	49.83	0.495	2.361	1.537	0.137	-	32.4	0.289	-0.401
HPO ₄ ²⁻	-	-	-	-	-	-	-	-	0.424
SO ₄ ²⁻	-	-	-	-	-	-	-	-	0.238
Na ⁺	72.17	0.259	2.827	1.681	0.105	-	42.9	0.313	0.131
NH ₄ ⁺	-37.40	-1.136	14.058	3.749	0.0009	**	9.97	-0.592	-0.615
K ⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.112
Mg ²⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.230
Ca ²⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.033
N	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.504
定数項	11.51	-	267.59	16.36	0	**	0.7	-	-

注意：n=30, 重相関係数=0.730**, 修正決定係数=0.479。
 独立変数の変数選択操作は判定基準のF値を2とし、変数増減法により行った。
 なお、係数が表記されていないイオンは変数増減法により除外された。
 判定の**は1%水準で有意である。

表2. 糖度対葉身イオンの独立変数による重回帰分析結果.

変数名	偏回帰係数	標準回帰係数	F値	T値	P値	判定	標準誤差	偏相関	単相関
F ⁻	—	—	—	—	—	—	—	—	0.103
Cl ⁻	0.0117	0.378	4.200	2.050	0.0506	—	0.006	0.373	0.613
NO ₃ ⁻	—	—	—	—	—	—	—	—	-0.023
HPO ₄ ²⁻	—	—	—	—	—	—	—	—	0.390
SO ₄ ²⁻	—	—	—	—	—	—	—	—	-0.153
Na ⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	-0.128
NH ₄ ⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	-0.427
K ⁺	0.0024	0.248	3.195	1.788	0.0855	—	0.001	0.331	0.258
Mg ²⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	0.204
Ca ²⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	0.022
N	-0.0039	0.346	3.525	1.878	0.0717	—	0.002	0.346	0.591
定数項	-0.004	—	1.633	1.278	0.212	—	0.003	—	—

注意: n=30, 重相関係数=0.707**, 修正決定係数=0.442.
 独立変数の変数選択操作は判定基準のF値を2とし、変数増減法により行った。
 なお、係数が表記されていないイオンは変数増減法により除外された。
 判定の**は1%水準で有意である。

にNO₃⁻が蓄積され、蔗糖中の蔗糖分の形成が抑制されるためであると報告している。このことは逆に、NO₃⁻を吸収蓄積しないNiF8においては窒素施与に伴って蔗糖分の形成が抑制されないことを意味しており、両品種間で窒素肥料に対する反応に差異があると予想される。葉身カチオン含量は両品種ともほぼ同様な傾向を示し、特に、窒素施与によりNH₄⁺の増加が認められた。カリウム含量は2.5N区で高い傾向にあるものの、その他の区では明確な処理間差は認められなかった。

次に、窒素処理による糖蓄積への影響について考察する。葉身では窒素含量が高い場合、光合成速度も高くなり、産物として作り出されるショ糖含量も並行して高くなる傾向にあった。茎の窒素含量と糖含量との関係において、読谷山では処理に伴う糖含量への影響はなく、両者に有意な関係はなかった。しかし、NiF8の茎中糖含量は窒素含量の増加に伴い低下する傾向にあった。NiF8は9月に、読谷山は10月にサンプリングを実施し糖分析を行ったが、その時期は両品種とも栄養成長期に当たり、糖度は低い状態であった。サトウキビの生育適温は24-25°Cで20°C以下になると生育が抑制され、12°C以下ではほとんど生育せず、気温が低下して成長が衰えるに伴って成熟が促進され糖度が高ま

ると言われている。また、窒素不足の時は栄養成長が緩やかになり糖の蓄積は増加することが知られている。大城・島袋(1994)はNiF8における糖蓄積の経時的変化を調べたところ、8月のBrixは8.9であったが10月には16.0、12月には19.2、2月には20.8であったと報告しており、同様の実験を糖度の高い12~2月期に実施し検討する必要がある。本研究は栄養成長期に照準を当てて窒素の影響を比較したもので、最終的な糖度に関する影響については続報(玉城・川満, 1998)で詳述する。

次に、茎中糖度に対する茎中イオンの影響に関しては重回帰分析を用いて解析した(表1)。その結果、重回帰式の判定は1%レベルで有意であったが、NO₃⁻、Na⁺、NH₄⁺以外のイオンは変数増減法により除外された。また、NH₄⁺は糖度と1%レベルで有意な関係が認められ、糖度に最も影響を及ぼしているイオンであることが示唆された。川満ら(1997)および永江ら(1997)は、南大東島と石垣島の圃場におけるサトウキビ茎中糖度と搾汁液中の各種元素との関係を調べたところ、窒素に比べカリウム、リン酸含量が甘蔗糖度に影響を及ぼしていることを指摘している。しかし、本実験では窒素成分だけを变化させており、他の元素の吸収が

影響されたか否かを考察する場合、本稿の方法が有効な手法であると考え。また、同様に葉身糖含量と葉身イオンによる重回帰分析を行ったところ、1%レベルで有意な重回帰式の判定が得られた(表2)。しかし、茎での結果とは異なり、 Cl^- 、 K^+ 、窒素含量以外のイオンは変数増減法により除外され、残った3変数も糖度との間に有意な関係は認められなかった。

参考文献

1. 川満芳信・上野正美・渡嘉敷義浩・永江哲也・大見のりこ・孫麗亜・浅沼康清・入嵩西正治 1996. サトウキビ茎中の糖度と各種元素との関係。—南大東島および石垣島の場合—。沖繩農業 31: 2-10.
2. 川満芳信・永江哲也・大見のりこ・上野正実・孫麗亜・渡嘉敷義浩 1997. サトウキビの糖度向上に関する作物, 土壌, 生産システム学的研究. 第1報. 南大東島, 石垣島における甘蔗糖度と各種元素との関係. 日作紀 66(別1): 262-263.
3. 久貝晃尋 1979. サトウキビのブリックスに影響する要因について. 沖繩甘蔗糖年報 19: 55-72.
4. 宮里清松 1986. サトウキビとその栽培. 日本分蜜糖工業会.
5. 永江哲也・川満芳信・大見のりこ・川中岳志・上野正実・渡嘉敷義浩 1997. サトウキビの糖度向上に関する作物, 土壌, 生産システム学的研究. 第2報. カリ処理がサトウキビ茎の糖度に及ぼす影響. 日作紀 66(別1): 264-265.
6. 玉城雄一・川満芳信 1998. 窒素処理がサトウキビ茎の糖蓄積に及ぼす影響. 沖繩農業 33: 9-14.
7. Wang, Chwan-Chaw 1981. 甘蔗糖分に及ぼす施肥の影響 (垣花 郁夫訳). 沖繩甘蔗糖年報. 20: 106.