

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 上原直子

サトウキビは世界の原料糖生産の 60%を占めており、また近年はバイオエタノールの原料としても注目されている。世界の収量はここ 30 年余りで 40%上昇したが、日本では逆に 13%ほど低下している。また、国内の主要産地である沖縄県や鹿児島県では台風襲来などの気象災害や降雨量などの気象条件の影響を受けるため収穫量の年次変動が大きい。

サトウキビの糖収量は、バイオマス量と茎のショ糖濃度の積で決定されるが、沖縄県では高い茎中ショ糖濃度が求められている。また、気象災害への対策として収穫早期化・栽培期間短縮が可能な早期高糖性品種（茎中のショ糖濃度が早く最大値に達する）が求められている。しかし、サトウキビの茎中ショ糖濃度の決定機構については不明な点が多い。

本研究は、サトウキビの収量や品質を構成するバイオマス量と茎中ショ糖濃度およびそれらを決定する要因であるソース・シンク機能について、栽培環境要因の及ぼす影響を炭素収支、炭素分配及び炭素代謝・糖蓄積関連酵素活性等の面から解析したものである。

1. 過剰なカリウム施肥が成長および糖含量に及ぼす影響。

沖縄では過去の施肥履歴による土壤中へのカリウム蓄積、またその過剰カリウムに起因したサトウキビの糖収量低下が危惧されている。そこで過剰なカリウムがサトウキビの糖収量およびソース機能に及ぼす影響について解析した。その結果、標準区である 1K 区（ $3\text{mMK}_2\text{SO}_4$  施肥）では、生育時期を通して茎中のカリウム濃度が 2000ppm 程度、葉内のカリウム含量が  $10\text{ mg g DW}^{-1}$  程度であったのに対し、施肥カリウム濃度を増加した 10K、50K 区では、1K 区よりも茎中のカリウム濃度、葉内のカリウム含量ともに増加していた。一方、施肥カリウム濃度上昇により葉内のマグネシウムやカルシウム含量は低下していた。

糖収量は過剰なカリウム施肥により減少したが、茎中のショ糖濃度には大きな変化は無く、主にバイオマス量にあたる茎長や茎生重が減少した結果であった。過剰なカリウム施肥により、ソース器官である葉身における光合成速度が低下しており、茎長や茎生重の減少の原因と考えられた。

光合成低下の原因としては、RubisCO 含量および気孔伝導度が低下していたことから、過剰なカリウム施肥が葉内のマグネシウムやカルシウム含量を低下させ、それらに起因して RubisCO 含量、気孔伝導度が低下した可能性が考えられた。

2. 低温処理が成長および糖含量に及ぼす影響。

生育中の温度条件は糖収量に大きく影響している。そのため昼間または夜間の低温処理を 4 週間行い、サトウキビ糖蓄積への低温による影響を炭素収支に着目して解析した。低温処理を行った植物は、処理の昼夜を問わず茎長および茎生重の増加が対照区に比べて有

意に抑えられたが、反対に茎中のショ糖濃度は有意に上昇した。その結果、低夜温区では糖収量は対照区と変わらなかったが、低昼温区では糖収量が20%有意に高くなった。

低夜温区では、昼間における光合成速度が低下し、その一方で夜間の呼吸速度が抑制されなかった。一方、低昼温区では、夜間の呼吸速度が上昇した。これらのことから、昼、夜間に関わらず、低温処理は炭素収支の悪化をもたらすことが明らかとなった。

新たに固定された炭素 ( $^{13}\text{C}$ ) は、温度処理に関わらず約26%が茎の可溶性糖画分に分配されていた。その画分には、対照区では成長の基質である単糖（ブドウ糖および果糖）が多かったが、低温処理区ではショ糖がより多かった。

以上の結果から、昼・夜問わず低温によってサトウキビの茎中ショ糖濃度が上昇したが、その原因は個体における炭素収支の改善ではなく、同化産物のショ糖への分配促進であることが示唆された

### 3. 低温処理が茎中の糖代謝関連酵素活性に及ぼす影響。

低温処理に伴う茎中ショ糖濃度の上昇の原因を探るため、シンク活性に当たる糖蓄積関連の酵素活性へ及ぼす低温処理の影響について解析した。

ショ糖合成の鍵酵素である Sucrose Phosphate Synthase 活性および Sucrose Synthase のショ糖合成活性は上昇せず、低温処理による茎中のショ糖濃度上昇にショ糖合成系の酵素は積極的には関与していないと考えられた。

一方、ショ糖分解に関連する invertase のうち、Cell Wall bound Invertase、Neutral Invertase、Soluble Acid Invertase (SAI) は反応温度による活性低下が見られた。特に、SAI は酵素活性の温度反応曲線自体が大きく低下していた。更に、SAI 活性は茎中のショ糖濃度と高い負の相関関係、また、単糖濃度と高い正の相関関係が認められた。ショ糖は SAI の局在する液胞に蓄積されるため、茎中ショ糖濃度上昇は主に SAI の活性低下によるショ糖分解抑制によることが示唆された。

以上より、土壌中のカリウム過剰は、サトウキビ植物体内のカリウム過剰だけでなく、ソース機能の低下、糖収量低下を招くことが明らかとなった。また、生育中の低温処理によって茎中のショ糖濃度向上が見られるが、それはソース・シンクのバランスにからみた炭素収支の改善から生じるものではなく、シンク活性の変化によるものであり、特に SAI 活性の低下に伴う糖代謝機能の変化によることが明らかとなった。

以上本論文は、サトウキビの収量、バイオマス量と茎中ショ糖濃度およびそれらを決定する要因であるソース・シンク機能について、カリウムおよび低温の及ぼす影響を炭素収支、炭素分配及び糖蓄積関連酵素活性等の面から解析したものである。これらの影響を生理的に解明して新たな知見を得、また、その結果がサトウキビ生産に関わる今後の肥培管理や新たな早期高糖性品種の育成に資するものと期待されることから、学術上、応用上貢献することが少なくない。よって審査委員一同は、本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。