

サトウキビ高糖性品種育成のための 生理・生態・分子生物学的解析

学位論文内容の要旨

サトウキビ (*Saccharum* sp.) のスクロース含有率は、砂糖収量と製糖コストに影響する重要な形質である。本研究は高スクロース含有率品種の開発に資することを目的として実施した。第1章では、国内外における生産・栽培上の問題点、遺伝資源と育種の現状、および、糖蓄積生理研究の現状をまとめた。第2章から第5章では、スクロース蓄積に関する生理生態的特性を検討し、遺伝資源における変異、環境要因との関係、早期高糖性品種の特徴、および関連諸酵素の活性との関係を明らかにした。さらに、第6章では、スクロース含有率に関係が深いと考えられたスクロースフォスフェートシンターゼ (SPS) について分子生物学的手法を用いて検討し、遺伝子を単離するとともに遺伝子変異について解析した。以下、その概要を述べる。

スクロース蓄積に関する生理生態的特性について、国際農林水産業研究センター沖縄支所に保存されている遺伝資源および南西諸島の普及品種を材料として、同支所の圃場および温度制御の可能な温室内で実験を実施した。第2章では、登熟期から収穫期にかけて遺伝資源のスクロース含有率を調査し、その変異を解析した。第3章では、温室内で温度処理区および施肥処理区を設定し、環境要因がスクロース蓄積に及ぼす影響を検討した。第4章では、スクロース蓄積パターンの異なる5品種について2年次にわたり圃場で栽培し、栄養生長とスクロース含有率の関係について検討した。登熟期におけるスクロース含有率の上昇は茎上部で顕著であり、特に、早期性品種で早期から上昇率が高いことが特徴であった。スクロース含有率は低温条件下で上昇するが、早期性には栄養条件がより密接に関係していることが推察された。典型的な早期高糖性品種NiF4の特徴は、生育旺盛期の比較的高いスクロース含有率、高温条件下での高いスクロース蓄積能力、および、栄養条件に反応した早期性の発現であった。スクロース蓄積には節間形成後徐々に進行するものと、環境要因に反応して急速に進行するものがあり、早期性には後者が関係していると考えられた。NiF4でみられた栄養条件に反応したスクロース蓄積は、自然環境に依存しない制御を可能とするこ

とから、広域でスクロース含有率の安定に貢献できる特性と考えられた。このような特性を生かし、好適条件下では旺盛な栄養生長と着実なスクロース蓄積、肥料分の消耗した登熟期には栄養生長の停止と急速なスクロース蓄積を可能とする品種を開発し、これに適した条件で栽培することで、スクロース含有率の向上に貢献できると考えられた。早期性は登熟期における茎上部のBrix値を指標とすることで簡便かつより高い精度で評価が可能であり、一方、徐々に進行するスクロース蓄積の評価には、早期性の影響のない生育旺盛期の調査が必要であると考えられた。

第5章では、圃場および温室内において、茎内の酸性インベルターゼ(AI)、中性インベルターゼ(NI)およびSPSなどの諸酵素の活性とスクロース含有率の関係を検討した。その結果、スクロース含有率とAI活性およびNI活性との間に必ずしも一定した関係は見られなかったが、SPS活性は品種間や環境要因に対する反応でスクロース含有率と一致した変化を示したことから、スクロース蓄積に深く関係していることが推察された。そこで、第6章では、ノーザンブロット法やサザンブロット法などの分子生物学的手法を用いて、SPS遺伝子の発現解析、cDNAライブラリの作成とSPS遺伝子の単離、および遺伝資源におけるSPS遺伝子変異の解析を実施した。SPS遺伝子は茎貯蔵組織での発現が認められたが、その発現量は葉身に比べ低かった。完全長ではないが、3kbp以上の2種類のSPS遺伝子が葉身組織から単離された。遺伝資源からは12種類のSPS遺伝子座の変異がみられ、現行の品種にはないものが2つ含まれていた。各品種・系統の持つ遺伝子座の最低数には1から6と大きな変異が存在し、この数の多いグループほどスクロース含有率が高い傾向を示すことから、スクロース含有率に関しSPS遺伝子の量的効果が考えられた。遺伝子供給源として遺伝資源を活用しながらSPS遺伝子の集積をはかることで、サトウキビのスクロース含有率を向上させることができると推察された。

以上、スクロース蓄積には二つのタイプが存在し、個々に評価すべきこと、および、その具体的な評価法について言及した。また、栄養条件反応型のスクロース蓄積特性を活用すべきことを示した。これらの結果をふまえて品種を育成することによって、より高糖性に優れた品種が開発できると期待される。一方、スクロース蓄積に茎組織のSPS活性が関与していること、および、SPS遺伝子の集積を通じてスクロース含有率の向上が期待できること指摘した。高糖性のさらなる向上には遺伝資源の活用を通じた遺伝変異の拡大が不可欠であり、その一つの方向としてSPS遺伝子による遺伝資源評価の活用が期待される。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 岩 間 和 人
副 査 教 授 山 口 淳 一
副 査 教 授 幸 田 泰 則
副 査 教 授 佐 野 芳 雄

学 位 論 文 題 名

サトウキビ高糖性品種育成のための 生理・生態・分子生物学的解析

本論文は図 29、表 14 を含み、7 章からなる総頁数 133 の和文論文であり、別に参考文献 6 編が添えられている。

サトウキビのスクロース含有率は、糖収量と製糖コストに影響する重要な形質である。特に、我が国の南西諸島では、収穫時期の早い早期性とスクロース含有率の高い高糖性を兼ね備えた早期高糖性品種の育成が求められている。そのためには早晩性およびスクロース含有率に関わるメカニズムを解明し育種材料の選定や選抜過程に活用することが重要であるが、この分野の研究は十分に進められていなかった。本研究は、サトウキビのスクロース蓄積に関して、遺伝資源における変異、環境要因との関係、早期高糖性品種の特徴、関連諸酵素の作用を解析し、早期高糖性品種育成の方向性を生理学、生態学および分子生物学の面から明らかにした。

1. スクロース蓄積のタイプ

サトウキビのスクロース蓄積は、茎の伸長旺盛期から徐々に進行する基本スクロース蓄積と、登熟期において気温や土壌栄養などの環境条件に反応して急速に進行する環境反応型スクロース蓄積に分類できることを示した。前者は収穫適期に至るまでスクロース含有率に影響し、後者は早期性に関係していることを明らかにした。

2. スクロース蓄積機能の評価

登熟期におけるスクロース含有率の上昇は茎上部で顕著であり、特に早期性品種では早期から上昇率が高いことを見だし、早期性は登熟期における茎上部のBrix値（糖含有率）を指標にすることで簡便かつ高い精度で評価が可能であり、一方、徐々に進行する基本スクロース蓄積の評価には、早期性の影響がない生育旺盛期の調査が必要であることを示した。

3. 日本の早期高糖性品種の特徴と育種の方向性

早期高糖性品種Nif4の特徴は、比較的高い基本スクロース蓄積能、土壤栄養の低下によって高まる環境反応型スクロース蓄積能にあることを明らかにした。Nif4に見られる土壤栄養条件に反応するタイプの環境反応型スクロース蓄積は、気温や土壤水分に影響されない糖蓄積制御を可能とすることから、気象条件の異なる広い地域でスクロース含有率の向上と安定に貢献できる特性であると考察した。この特性を生かし、好適な土壤栄養条件下では旺盛な栄養生長と着実なスクロース蓄積、肥料分の消耗した登熟期には栄養生長の停止と急速なスクロース蓄積を可能とする品種を開発し、その特性に適した栽培をすることで安定的にスクロース含有率の向上が達成できることを提唱した。

4. スクロース含有率を決定する酵素

圃場条件および温室内において、茎内の酸性インベルターゼ (AI)、中性インベルターゼ (NI) およびスクロースリン酸合成酵素 (SPS) などの諸酵素の活性とスクロース含有率の関係を検討した結果、スクロース含有率とAI活性やNI活性との間に必ずしも一定した関係は認められなかったが、SPS活性は品種間差異や環境要因に対する反応でスクロース含有率と一致した変化を示すことを認め、SPSがスクロース含有率に深く関係していることを明らかにした。

5. SPS遺伝子の発現解析と単離、および遺伝資源における変異

発現量は低いもののSPS遺伝子が茎貯蔵組織で発現することを確認した。また、葉身組織から2種類のSPS遺伝子の単離に成功した。さらに、SPS遺伝子の遺伝子座に関して、遺伝資源に12種類の遺伝子座の変異があることを認め、その中に既存品種には無いものを2つ発見した。既存品種・系統が有する遺伝子座の最低数には1から6と大きな変異が存在すること、この数が多い品種・系統グループほどスクロース含有率が高い傾向を示すことを認め、スクロース含有率に関しSPS遺伝子の量的効果を明らかにした。これらのことから、遺伝子供給源として遺伝資源を活用しながらSPS遺伝子の集積をはかることで、サトウキビのスクロース含有率を向上できることを提唱した。

以上の研究成果は、サトウキビ高糖性品種育成のために寄与する知見として学術的に高く評価できる。よって審査員一同は、寺内方克が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。