

近縁属植物を利用したサトウキビ改良の取り組み

(独) 国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点 寺島 義文

1. はじめに

サトウキビは南西諸島の基幹作物であるが、台風や干ばつの常発、痩せた土壌、冬季の低温などの影響を受けるため単位収量は世界的にも低い(世界平均は7 t/10a程度、日本は6 t/10a程度)。また、生産コストは海外の8倍~10倍と高いが、現状の高糖品種を利用した砂糖生産だけではその克服は困難である。将来に渡りサトウキビ産業が存続していくためには、限られた畑からより多くの糖質や繊維質を生産し、砂糖生産とともに、生成するバガスや糖蜜等の副産物を有効に利用(多用途利用)することで、今より多くの利益を地域に生み出していくことが必要である。そのため育種には、自然環境の厳しい南西諸島において、安定して多収となる品種の育成が求められている。

サトウキビは、多様な近縁種および近縁属植物と交配が可能であるとされている。その代表がサトウキビ野生種であり、収量性や不良環境適応性、耐病性等の改良の素材として世界のサトウキビ育成地で利用されている。九州沖縄農業研究センターにおいても野生種を利用した種間交雑に取り組み、現在までに、「砂糖・エタノール複合生産」で利用可能なKY01-2044を育成している¹⁾。

サトウキビの近縁属植物には、乾燥地への適応性が高いエリアンサスや寒冷地への適応性が高いススキ、初期生育が良好なソルガムなど野生種には無い多様な有用特性を具える遺伝資源が存在している。それら近縁遺伝資源の持つ有用特性を集積することで、厳しい自然環境下でより高い生産力を発揮するサトウキビの開発が期待できる。本稿では、その中でも乾燥地への適応性が高いエリアンサス

を利用したサトウキビ改良の取り組みについて報告する。

2. エリアンサスを利用したサトウキビの改良にむけた取り組み

エリアンサス(*Erianthus* spp.)は東南アジア~地中海にかけて7種が分布している。サトウキビと同じC4植物であり、茎の中心部はスポンジ状で糖分は蓄積しないが、株の再生力や乾物生産力が高く、根系が発達するため干ばつや痩せ地等への適応性は高い。干ばつの厳しい南大東島での試験では、製糖品種や種間雑種多収系統が乾物収量で2 t~3 t/10aのところ、エリアンサスは8 t/10a程度(図1-a,c)、乾季の干ばつが厳しい東北タイでも、製糖品種が乾物収量で1~2 t/10a程度のところ、エリアンサスは6 t/10a以上となるデータが得られている(図1-b,d)。そのため、エリアンサス自体をセルロースの原料として利用する研究も近年注目されている。

エリアンサスは、多収性や耐干性、耐病性等の

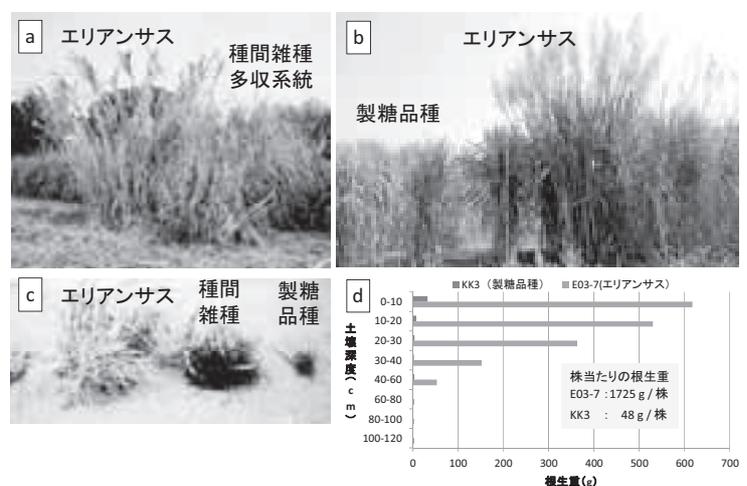


図1 エリアンサスの写真

a: 南大東島でのエリアンサスと多収性種間雑種系統、b: 東北タイでのエリアンサスと製糖品種、c: 南大東島での根系、d: 東北タイでの株当たり根生重データ

導入を目的としてサトウキビの育種に古くから利用されてきたが、野生種ほどの成功を収めるには至っていない。近年の遺伝子解析技術の進歩により、サトウキビとエリアンサスは予想されていたよりも遺伝的に遠いことから²⁾、属間雑種を獲得することは容易ではないこと、特に製糖用品種とエリアンサスの雑種獲得は難しいこと等が明らかになってきた³⁾。近年、中国とオーストラリアのグループが精力的にエリアンサスの利用に向けた研究を進めており、雑種に製糖品種の再交配を繰り返した場合の染色体の挙動等についての解析を行っている⁴⁾。また、インドではサトウキビ (*S. officinarum*) とエリアンサスの雑種を製糖品種に再交配して品種が開発されている。

日本では、国際農林水産業研究センター (JIRCAS)、沖縄県農業研究センター、九州沖縄農業研究センターが協力してサトウキビの耐干性改良に向けたエリアンサスの育種利用、特に「エリアンサスの根系特性のサトウキビへの導入」に注目して研究開発を開始している。

1) サトウキビとエリアンサスの効率的な交配に向けた技術開発

日本で利用可能なエリアンサスには、サトウキビより出穂が早い系統が多く、効率的に交配を実施するためには出穂の同期化が必要である。そこで、JIRCASでは、圃場での電照処理（長日処理）によりエリアンサスの出穂を遅延させることで、サトウキビと出穂を同期化させる手法の開発を行っている（図2）。その結果、エリアンサスの出穂を遅延させることに成功し、自然条件下ではサトウキビとの交配が困難であったエリアンサス系



図2 エリアンサスへの圃場での電照処理の様子 (JIRCAS 熱帯・島嶼研究拠点圃場)

統との交配が可能となってきた⁵⁾。

また、沖縄県農業研究センターでは、日長処理施設を利用してサトウキビの出穂を早期化する技術を開発しており、それを利用することでもサトウキビとエリアンサスの交配が実施できるようになってきている。

2) 属間交配と雑種の選抜

世界的には、現在利用されている製糖品種とエリアンサスの交配による雑種作出は難しいとされており、製糖品種の起源種である高貴種 (*S. officinarum*) との交配が行われ、雑種が作出されている³⁾。しかし、日本は高緯度に位置することから、熱帯原産である高貴種は稀にしか出穂しないうえ、生育は低温の影響を受けやすく悪い。そのため、高貴種との交配では、目標とする品種の開発までに多くの交配を経る必要があると考えられることから、製糖品種とエリアンサスの交配に取り組んできた。

製糖品種とエリアンサスとの交配種子から得られた実生は、母本としたサトウキビの自殖個体等が紛れている可能性がある。そのため、5SrDNA 遺伝子を DNA マーカーとした選抜を実施している。これまでに、製糖品種とエリアンサスの雑種作出が可能であることを明らかにしたが、雑種の獲得率は数%程度と低く、自殖や花粉のコンタミによる個体が多く紛れ込んでいるものと考えられる。今後は、母本の除雄法や外部からの花粉コンタミの防止等の措置をしっかりと実施するとともに、雄性不稔母本の利用等も積極的に行う必要がある。今年度、除雄処理や花粉のコンタミに注意して交配を行ったところ、雑種の獲得率は30~40%に向上したことから、今後の改善の余地が大きいものと考えている。

3) 属間雑種の特性

製糖品種とエリアンサスとの属間雑種は、高貴種 (*S. officinarum*) とエリアンサスの雑種での報告と同様に³⁾、弱性個体が多く出現した。しかし、その中から、母本とした製糖品種 (NiF8) と同程度の生育を示す雑種 (系統名08T-12) が作出されている。

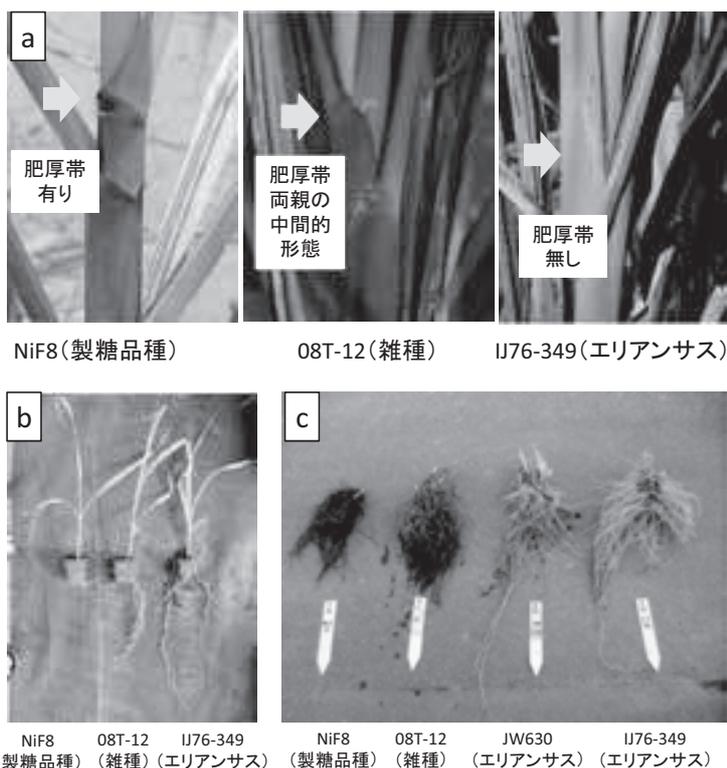


図3 属間雑種08T-12の根系特性

a: 08T-12の肥厚帯の特徴
b: 植えつけ約1か月後、c: 収穫期

08T-12は、NiF8より茎長は長い、細茎であり1茎重は小さい。しかし、分げつが旺盛で茎数が多いため原料茎重や地上部全乾物重はNiF8と同程度となる。蔗汁ブリックスや繊維分は、NiF8より低く、繊維分は高い。また、形態的には、肥厚帯が両親の中間的な形態になる特徴が確認された。エリアンサスを交配に利用する最大の目的は根系特性の改良であるが、08T-12は、生育初期から根の発達にNiF8より旺盛であり(図3)、収穫期においてもNiF8より株当たり根量が多く、NiF8より土壌深層の根量が有意に多かった(図3)。今後の更なる解析が必要ではあるが、08T-12はエリアンサスとの交配により、根系が改良されている可能性があると考えている。

サトウキビとエリアンサスの雑種は自然条件下では出穂しない系統が多いが、08T-12は出穂するため、後代を作出することも可能である。同系統はサトウキビ改良の育種素材として今後の活用が期待される。

4) エリアンサス利用での今後の展望

これまでの研究で作出した08T-12は、母本とした製糖品種より根系が優れるものの、エリアンサスと比較すると十分とは言えない。今後は、高効率・高精度な交配法を開発し、新たな雑種を数多く作出するとともに、エリアンサスにより近い根系を具える系統を選抜していく必要がある。また、雑種の根系特性が後代にどのように遺伝していくかについても検討していく必要がある。

もう一つの大きな問題として、日本で保有しているエリアンサス遺伝資源の数や変異(種は*E. arundinaceus*のみ)が少ないことが挙げられる。JIRCASでは、タイ国のコンケン畑作物研究センターと共同でタイ全土からエリアンサス遺伝資源を150系統以上収集している(図4)。その中には*E. arundinaceus*とともに、日本にはない*E. procerus*も含まれており、

多様な変異が存在している⁶⁾。今後は海外からの遺伝資源の導入を積極的に実施し、利用できる遺伝資源を拡大していくことも必要である。

エリアンサスの根系をサトウキビに導入することで、現在は利用できない土壌深層の養水分を利用できるようになるため、南西諸島の干ばつや痩せ地への適応性を飛躍的に向上できる可能性が高い。また、タイにおける研究で、エリアンサスの旺盛な根系の発達に土壌改良効果があることが示されている⁷⁾。エリアンサスの根系を導入したサトウキビを栽培することで土壌を耕起(生物的耕起)、未利用部分等を飼料として利用するこ

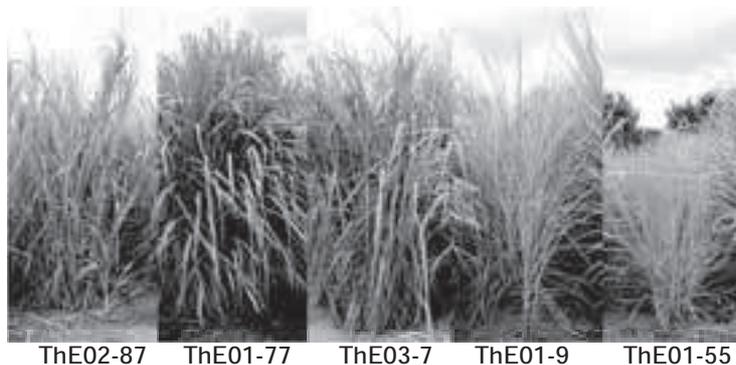


図4 東北タイで保存中のエリアンサス



図5 タイで保存中の *S. fusca* (左) と *S. longesetosum* (右)

とで畜産と連携し、有機物を圃場に還元していくことで、土壌改良をしながらサトウキビを生産する（土壌改良型作物生産）ことも可能になるのではないかと考えている。これらは日本だけでなく、世界の不良環境地域で利用していける技術になる可能性がある。

3. おわりに

サトウキビと交配可能とされる近縁属植物には、エリアンサス以外にも多くの有用な遺伝資源が存在する。ススキは日本にも多く自生しており、寒冷地への適応性改良に向けた重要な遺伝資源である。古くは台湾でサトウキビの改良に利用されており、近年はアメリカでサトウキビとの属間雑種を「Miscane」と呼び、バイオ燃料生産への利用が検討されている。旺盛な初期生育・早熟性等の導入が期待できるソルガムも重要な素材である。また、日本には保存していないが耐湿性の導入が期待できる *Sclerostachya fusca* や脊薄な土壌への適応性が高い *Saccharum longesetosum* (図5) など今まであまり利用されてこなかった遺伝資源も数多く存在する。それらを利用することで、サトウキビは今後更に飛躍的改良できる作物であると考えている。

これまでのサトウキビ品種開発は、砂糖を効率的に生産するために、優良農地への資源の多投入を前提として、不良環境適応性よりも高糖性を重

視した品種開発が行われてきた。しかし、世界的に優良農地の減少が危惧されている現在、サトウキビには新しい役割が求められていると考えている。近縁遺伝資源の有用特性を理解して集積し、不良環境条件下における食料やエネルギーの増産を可能とする新しいタイプのサトウキビを開発することで、日本だけではなく世界の食料・エネルギー問題に貢献することも可能である。

【引用文献】

- 1) 寺島義文ら2009. 砂糖とエネルギーの複合生産が可能なサトウキビ新品種「KY01-2044」. 九州沖縄農業研究センター成果情報 (<http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/karc/2009/konarc09-14.html>)
- 2) Hodkinson TR, et al. 2002. Phylogenetics of *Miscanthus*, *Saccharum* and related genera (Saccharinae, Andropogoneae, Poaceae) based on DNA sequences from ITS nuclear ribosomal DNA and plastid trnL intron and trnL-F intergeneric spacers. *J Plant Res* 115: 381-392
- 3) Piperidis G, et al. 2000. Molecular contribution to selection of intergeneric hybrids between sugarcane and the wild species *Erianthus arundinaceus*. *Genome* 43: 1033-1037
- 4) Piperidis N, et al. 2010. GISH characterization of *Erianthus arundinaceus* chromosomes in three generations of sugarcane intergeneric hybrids. *Genome* 53 (5):331-336.
- 5) Tagane S, et al. 2011. Effects of the day-length treatment and the different time-of-harvesting on flowering in *Erianthus arundinaceus* on Ishigaki Island, Japan. *Trp. Agr. Develop.* 55(1): 44-50.
- 6) 田金秀一郎ら2010. タイ国で収集したエリアンサス属植物遺伝資源の特性評価と分類. 国際農林水産業研究センター成果情報 (<http://www.jircas.affrc.go.jp/kankoubutsu/seika/seika2010/pdf/2010-20.pdf>)
- 7) 松尾和之ら 2001. エリアンサス属植物の飼料作物育種素材としての生育特性. 国際農林水産業研究センター成果情報 (http://www.affrc.go.jp/OLD/ja/research/seika/data_jircas/h13/13-6.pdf)