

学 位 論 文 題 名

テンサイの物質生産および炭水化物代謝に
関する生理生態学的研究

学位論文内容の要旨

砂糖を生産するために、テンサイが栽培されるようになってから200年にも満たない。テンサイは、1万年前に作物として確立したと言われるサトウキビと並ぶ2大糖料作物の一つである。現在、テンサイからの砂糖生産量は総砂糖生産量の約1/3を占めている。テンサイ収量は、近年、恒常的傾向にあり、テンサイ収量の一層の向上のため、品種改良や栽培技術の開発が待たれている。

テンサイの品種改良や栽培技術の開発は、世界的に見て、これまで民間企業が大きく貢献してきた。それらの成果は、実用的な見地から、大きな貢献を遂げているが、一方、テンサイの基礎的な研究が非常に遅れており、作物としての基本的知見が不足している。

一般に、テンサイの品種は、根部収量が多く、根中糖分が低い根重型、根部収量が小さく、根中糖分が高い糖分型および根重型と糖分型の中間型に分けられている。根部収量と根中糖分との間には、一般に負の相関関係があり、両者とも高くすることは困難である。栽培方法によって品種の潜在能力を十分に発揮させ、高い糖収量を獲得することが期待される。そのためには、各類型の品種の根部収量および根中糖分についての基本的な特徴を、収量の基礎としての乾物生産、および糖分の合成と蓄積の動態から明らかにする必要がある。

本研究は、テンサイの糖収量の向上に資するために、根部収量と根中糖分の成立過程に関する基礎的な知見を物質生産と炭水化物代謝の面から検討することを目的とした。第3章では、乾物生産の基本的特徴から糖収量の差異を生じる要因を検討した。第4章では、スクロース代謝と密接に関連するグルコース、フルクトースおよびデンプンの各器官における含量の生育に伴う変化を考察し、さらに、これらとスクロース合成酵素活性の生育に伴う変化との関連を追求し、スクロースの合成と蓄積の過程を考察した。

結果の概要は、以下のとおりである。

- 1) 糖収量は、根部収量と高い正の相関関係を示し、根中糖分とは負の相関関係を示した。

根重型は高い根部収量により、糖収量が高く、糖分型は高い根中糖分にもかかわらず、糖収量が低かった。施肥水準を上げることによって、根部収量が増加し、根中糖分が減少するが糖収量は顕著に増加した。根重型を用いた場合や施肥水準を上げた場合、根部収量の増加に比べて根中糖分の減少が小さいので、糖収量の向上が期待できる。

2) 根重型は糖分型より乾物生産能力が高かった。葉面積指数 (LAI) は、どの生育時期をとっても個体群生長速度 (CGR) と有意な正の相関関係を、生育前期および生育後期の純同化率 (NAR) と有意な正の相関関係を示した。群落状態で、乾物生産に係わる重要な形質は LAI であり、CGR や NAR は LAI と密接に関連した。

3) 根部生長速度 (CGR_r) と地上部生長速度 (CGR_s) の比 (CGR_r/s) の生育に伴う推移により、テンサイの糖収量を検討した。乾物の分配率は、LAI と CGR の十分な発達を基礎とした乾物生産と転流に係わる特性であり、CGR_r/s 比と密接に関連していた。十分な同化器官を発育させた上で、早く、 $CGR_r/s \geq 1$ を実現させることによって多収が得られる。根重型および多施肥水準は、この比が早期に 1 を越えることにより、根部への乾物分配の増加が導かれ、高い糖収量が得られたものと思われる。

4) クロロフィル含量および光合成速度には品種間差異が存在し、施肥水準を上げることによって上昇した。両特性間の相関関係は生育後期において認められ、他の生育時期には認められなかった。光エネルギー利用率 (Eu) は、施肥水準を上げることによって、顕著に上昇し、根重型で他の品種に比べて高かった。Eu と LAI および CGR との間には正の相関関係が観察された。

5) テンサイの各器官における炭水化物代謝を検討した。葉身と葉柄のグルコースやフルクトースの含有率は、生育前期にはスクロース含有率より高く、生育に伴いそれらの含有率が低下した。このことはスクロース合成が活発になったことを示す。それに対して、葉身のスクロース含有率は生育前期には低く、生育中期以後にやや上昇した。葉柄のスクロース含有率は生育中期に上昇し、グルコースやフルクトース含有率より高く、葉身から葉柄にスクロースが活発に転流されていることが判明した。デンプンはスクロースの蓄積が少ない生育前、中期には高い含有率を示し、スクロース蓄積が多い生育後期には低かった。

6) 葉身のグルコースとフルクトース含有率は、根重型では生育前期および生育後期で高く、糖分型では生育中期に高かった。葉身のスクロースとデンプン含有率は、糖分型では生育前中期で高く、根重型と中間型では生育中、後期で高かった。

葉柄のグルコースとフルクトース含有率は生育前期では根重型で高く、生育中、後期では

糖分型で高かった。根重型の葉柄のスクロース含有率は生育後期に顕著に高く、根部への転流速度が遅いことを示唆している。

根部では生育に伴って、グルコース、フルクトース、デンプンの含有率が低下し、スクロースの含有率が上昇した。糖分型は生育期間を通じて、スクロース含有率が高く、生育前期のグルコース、フルクトースおよびデンプンの含有率が低かった。

7) テンサイのスクロース合成は主にスクロースシンターゼとスクロースリン酸シンターゼの2つ酵素によって触媒される。生育期間を通して、葉身におけるスクロースリン酸シンターゼ活性はスクロースシンターゼ活性より著しく高かった。一方、根部におけるスクロースシンターゼ活性は、スクロースリン酸シンターゼ活性より高く、スクロース合成に重要な作用をすることが示された。生育期間を通して、葉身のスクロース合成酵素の活性は根部より高く、テンサイのスクロース合成は、主に葉身でおこなわれていることが推論できた。

8) 糖分型では、葉身においてスクロースリン酸シンターゼ活性が高く、根部においてはスクロースシンターゼとスクロースリン酸シンターゼ活性が高かった。特に根部におけるスクロースシンターゼ活性の品種間差異が顕著であった。高い根中糖分は高い合成酵素活性と密接に関連しているものと思われる。

9) 糖収量は、乾物生産を基礎として得られるものである。同時に各器官の炭水化物代謝およびスクロース合成酵素活性と密接に関連している。高い同化能力のある根重型は、単位同化産物当たりのスクロース合成活性は低い、同化器官が大きく、蓄積され同化産物が多いため、総スクロース蓄積量が糖分型より高い。

学位論文審査の要旨

主査	教授	島本義也
副査	教授	但野利秋
副査	教授	中世古公男
副査	助教授	中嶋博

本論文は、図45、表33、引用文献208を含み、5章からなる総頁数163の和文論文である。別に、参考論文11編が添えられている。

テンサイは、砂糖生産のために栽培されてから200年にも満たないが、1万年前に作物として確立したと言われるサトウキビと並ぶ糖料作物の一つである。現在、テンサイからの砂糖生産量は総砂糖生産量の約1/3を占めている。

テンサイにおける糖収量の構成要因は、根部収量と根中糖分であり、糖収量の向上には、両特性の増加を図ることであるが、両者間には負の相関関係が観察され、共に高くすることには困難が伴う。高い糖収量を獲得するための品種改良や栽培方法の開発は、根部収量と根中糖分を成立させる諸要因の基礎的知見が必要である。

本研究は、テンサイの糖収量の向上に資するために、根部収量と根中糖分の成立過程を物質生産と炭水化物代謝の面から生理・生態的に検討することを目的としている。

テンサイの品種は、根部収量が多く、根中糖分が低い根重型、根部収量が少なく、根中糖分が高い糖分型および根重型と糖分型の中間型に分けられている。根重型は高い根部収量を通し、糖収量が高く、糖分型は高い根中糖分にもかかわらず、糖収量が低かった。施肥水準を上げると、根部収量が増加し、根中糖分が低下するが、糖収量は増加した。

葉面積指数（LAI）は、どの生育時期でも個体群生長速度（CGR）と、また生育前期および生育後期の純同化率（NAR）と正の相関関係が認められた。群落状態で、乾物生産にとって重要な形質はLAIであり、CGRやNARはLAIと密接に関連した。乾物の根部への分配率は、LAIとCGRの十分な発達を基礎とした乾物生産と転流に関わる特性であり、根部生長速度と地上部生長速度の比（ CGR_r/s ）と密接に関連していた。十分な同化器官を発育させた上で、 $CGR_r/s \geq 1$ を早く実現させることによって多収が得られる。根重型および多施肥水準では、この比が早期に1を越え、根部への乾物分配が増加するため、高い糖収量がえられる。クロロフィル含量および光合成速度には品種間差異が存在し、多施肥水準で上昇した。両特性間の相関関係は生育後期においてのみ認められた。光エネルギー利用率は、多施肥水準で顕著に上昇し、根重型で高かった。

次に、テンサイの各器官における炭水化物代謝を検討した。葉身と葉柄のグルコースやフルクトースの含有率は、生育前期に高く、生育に伴い低下した。葉柄のスクロース含有率は生育中期に上昇し、グルコースやフルクトール含有率より高かった。これらのことから、スクロースは、主に葉身で合成され、葉柄へ転流すると考えられる。根重型の葉柄のスクロース含有率は生育後期に顕著に高く、根部へのスクロースの転流速度が遅いことを示唆している。根部では生育に伴い、グルコース、フルクトース、デンプンの含有率が低下し、スクロースの含有率が上昇した。

次に、テンサイのスクロース合成酵素活性について検討した。テンサイのスクロース合成は、

主にスクロースシンターゼとスクロースリン酸シンターゼの2つ酵素によって触媒される。生育期間を通して、葉身ではスクロースリン酸シンターゼ活性がスクロースシンターゼ活性より著しく高く、一方、根部ではスクロースシンターゼ活性がスクロースリン酸シンターゼ活性より高く、葉身と根部でスクロース合成において異なった酵素が重要な働きをしている。生育期間を通して、葉身のスクロース合成酵素の活性は根部における活性より高く、テンサイのスクロースは、主に葉身で合成されていると思われる。糖分型は、スクロースリン酸シンターゼ活性が葉身と根部の両方で高く、スクロースシンターゼ活性が根部で顕著に高かった。高い根中糖分は高い合成酵素活性と密接に関連している。

テンサイにおける糖収量は、乾物生産を基礎とした炭水化物代謝による過程を経た結果である。本研究は、テンサイの物質生産と炭水化物代謝について、作物栽培の基本的要因である品種や施肥水準による違いを詳細に検討し、根部収量と根中糖分の成立過程を明らかにした。これらの成果は、今後のテンサイ栽培に貢献するところが大きく、また、学術的に高く評価される。

よって、審査員一同は、別に行った学力認定試験の結果と合わせて、本論文提出者祖 偉は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格があるものと認定した。