

水稻あきたこまちの登熟期における葉身および茎の炭水化物代謝*

村田 孝雄・保坂 優子**

平野 貢・黒田 栄喜

(岩手大学農学部)

1996年6月17日受理

要 旨 : 水稻あきたこまちを圃場で栽培し、出穂前に葉身摘除処理、出穂直後に穂の部分摘除処理を行い、登熟期におけるソース・シンク関係の変化が出穂前に蓄積した炭水化物の転流や出穂後の光合成産物の蓄積・転流に及ぼす影響について検討した。水稻葉身では、デンプンの蓄積が極めて小さく、炭水化物含有率が大きくなるほどショ糖の占める比率が大きくなった。茎（葉鞘を含む）においても基本的には同様の傾向がみられたが、デンプンの蓄積も著しかった。穂重が急激に増加する登熟初期には、葉身、茎とも炭水化物、とくに、ショ糖の含有率が低下したが、茎での低下が一層著しかった。この時期は、シンク能が非常に高く、貯蔵炭水化物や新生光合成産物によるソースの供給能力が、登熟歩合や子実収量を決定する重要要因と考えられた。また、穂重の増加が緩やかになる登熟中期から後期にかけては、穂への転流が停滞し光合成産物のソース器官での再蓄積が観察された。とくに、転流型のショ糖の蓄積が非常に大きいことから、この時期には、ソース能よりもシンク能の大きさや活性が、光合成産物の転流を制限していると考えられた。葉身におけるショ糖の転流・蓄積と関係の深いショ糖リン酸合成酵素の登熟期止葉における活性は、葉身の老化とほぼ平行して低下した。

キーワード : あきたこまち、ショ糖の蓄積、ショ糖リン酸合成酵素、炭水化物代謝、登熟期、穂摘除処理、葉身摘除処理。

Carbohydrate Metabolism in Leaf Blades and Stems of Rice Cultivar Akitakomachi at the Ripening Stage : Takao MURATA, Yuko HOSAKA, Mitsugu HIRANO and Eiki KURODA (*Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka 020, Japan*)

Abstract : Akitakomachi was cultivated in a paddy field, and the lower leaves and about 1/3 of an ear were clipped off before and immediately after heading, respectively. The effect of the treatments on the carbohydrate metabolism in the leaf blades and stems including leaf sheaths at the ripening stage was analyzed. The leaf blades accumulated the photosynthate mainly as sucrose but a little as starch. With the increase of carbohydrate content in the leaf blades, the ratio of sucrose in the carbohydrate increased. The accumulation of carbohydrate in the stems was principally similar to that in the leaf blades except that starch largely accumulated when a large accumulation of carbohydrate occurred. At early ripening stage with a vigorous increase of ear weight, the content of carbohydrate, especially sucrose, decreased in the leaf blades and more remarkably in the stems. At middle to late ripening stage, the rate of increase in ear weight gradually decreased. After ear weight reached its maximum, photosynthate began to reaccumulate in the leaf blades and stems; especially, the accumulation of sucrose was remarkable. The activity of sucrose phosphate synthetase in the flag leaves at the ripening stage gradually decreased as leaf senescence proceeded.

Key words : Akitakomachi, Carbohydrate metabolism, Ear clipping treatment, Leaf blade clipping treatment, Ripening stage, Sucrose accumulation, Sucrose phosphate synthase.

イネなどの種子作物の子実収量は、収量キャパシティと収量内容生産量との積で表されている¹⁴⁾。収量キャパシティは、単位面積当たりの穎花数と玄米を包む内・外穎の大きさとの積であるが、穎花数や内・外穎の大きさは出穂前1~2週間までに決定してしまう要素であり、出穂期までの肥培管理と密接に関係している¹¹⁾。一方、収量内容生産量は出穂前の

蓄積分と出穂後の光合成分の2つからなり、登熟歩合や1粒重を決定する要因となる¹⁴⁾。

一般に、同一条件のもとでは、収量キャパシティの大きい品種ほど登熟歩合の低い傾向がみられるが、これはソース器官にシンク器官の大きさに見合うだけの炭水化物を生産し配分する能力が不足するためと考えられている。そこで、出穂後の光合成能力の低下を窒素追肥によって軽減し登熟歩合の向上を図ることで収量を増大させることが行われている¹²⁾。一方、冷害年の場合、少窒素栽培の水稻ほど登熟歩合が低下し難く、冷害が軽減されることが知

* 本研究費の一部は、文部省科学研究費補助金 (No 06660013) および農水省バイオテクノロジー育種 (課題番号 2906) によった。

** 現在: 北奥羽スパー株式会社, 秋田市。

られている。これは、光合成によって生産された炭水化物が、少窒素栽培では、新たな葉や茎の形成に消費されることがなく体内に蓄積し、呼吸および浸透圧の上昇に貢献し耐冷性を高めたためと理解される¹³⁾。また、少窒素栽培では、出穂前の炭水化物蓄積分が大きく出穂後に速やかに穂へ転流することによって、穎花の発達および養分蓄積を促進し登熟歩合の向上に貢献することが考えられる。

東北地方のように、秋冷が早く登熟期間が制限される上に冷害に見舞われる地域では、耐冷一多収稲作技術を実現することが不可欠である。しかしながら、前述のように、収量キャパシティを一定水準以上に増大すると登熟歩合が低下する。この低下を出穂前蓄積分でどの程度カバーできるのか、あるいは、出穂後4週間までと言われている収量生産期間¹⁴⁾をさらに延長することが可能なのか明らかではない。水稻の登熟後期には、穂への転流が停滞し光合成産物の葉身や葉鞘での再蓄積が観察される。この場合、転流を妨げているのはソース機能かシンク機能か不明な点の一つである。

水稻では、日の出とともに光合成速度が増し、転流速度を上回るようになると、光合成産物を主としてショ糖と少量のデンプンで蓄積する。ショ糖は唯一の転流可能な糖であり⁹⁾、ショ糖の蓄積は物質転流の面から見るとソース機能に有利であると考えられる。葉身に蓄積したショ糖やデンプンは夜間にシンク器官へ転流する。その転流の速度や程度は、穂の登熟程度や転流の通路である葉鞘や稈の炭水化物蓄積量によってどのように影響されるのか不明な点が少なくない。本研究では、止葉完全展開期に下位葉身摘除（ソース器官制限）処理、出穂直後に穂の部分摘除（シンク器官制限）処理を行い、ソース・シンク関係の違いが水稻の葉身と茎（葉鞘および稈）における炭水化物の合成と蓄積に及ぼす影響について検討した。

材料と方法

1. 供試材料の栽培と葉身および穂の摘除処理

水稻品種あきたこまちを供試し、岩手大学構内の圃場において栽培した。平成7年4月11日に播種して、常法により育苗した4.5葉程度の苗を5月15日に22.2株/m² (30 cm×15 cm)、1株3本植えで本田に移植した。本田においては、基肥としてN、P₂O₅、K₂Oを各6.5、13.65、9.75 g/m²を施用し、追肥として幼穂形成期（7月12日）と減数

分裂期（7月26日）にそれぞれNを2 g/m²施用した。なお、試験水田の水稻の生育は収量600 g/m²以上、登熟歩合80%程度でおおむね順調な経過であった²⁾。

葉身および穂の摘除処理の影響は、穂ばらみ期（8月2日）に止葉のみを残し他の葉身を摘除した区（FLB）と、登熟初期（8月17日）に穂軸のほぼ中央付近を切断して粒数の1/3程度を摘除した区（ERC）を設け、無処理区（CON）と比較した。

乾物重測定および分析用試料は、各株の主稈ないしそれに匹敵する大きさの分けつ1茎を5株から採取し、直ちに各器官に切断・分離し、水中に保存して持ち帰り100℃にて乾燥し、秤量後、デシケーター内に保存した。登熟期間にわたって一定期間ごとに行ったサンプリングは午後2時に、日変化をおった経時的サンプリングは8月23日～24日に行った。いずれのサンプリングも2反復とし、結果はその平均値で示した。

2. 炭水化物の分析

乾燥微粉末試料から60℃、70%エタノールで可溶性炭水化物を抽出し、その残渣から水冷した30%過塩素酸によってデンプンを可溶化し抽出した。

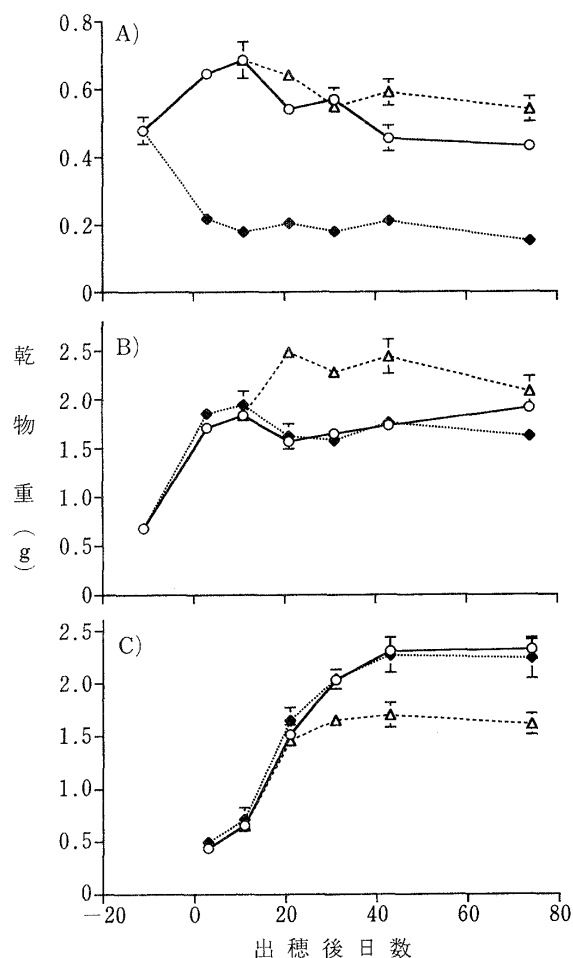
ショ糖（Suc）の定量は、アンスロンー硫酸法をSuc定量用に改変したHuberらの方法⁷⁾により、エタノール抽出液について行った。可溶性全糖（TSC）およびデンプン（Sta）は、それぞれエタノール抽出液および過塩素酸抽出液についてフェノールー硫酸法²⁾によって定量した。なお、アンスロンー硫酸法、フェノールー硫酸法とも試料中に含まれるエタノールは沸とう水中で加熱除去することにより、また過塩素酸による妨害はないことを確認した。

3. ショ糖リン酸合成酵素（SPS）活性の測定

Huberらの方法⁷⁾にしたがって、止葉葉身から抽出した粗酵素液について基質飽和条件と基質制限条件で測定した。なお、酵素活性の1単位は、この実験条件（30℃10分間）でショ糖リン酸1μmolを生成する活性とした。粗酵素液中の可溶性全蛋白質の定量はBradfordの方法¹⁾によった。

4. SPSの光活性化に伴う暗黒処理

注) Truong Tac Hop 1996. Effect of Difference in Nitrogen Application Regime on Growth, Cold Tolerance and Yield of Rice Plants. 岩手大学大学院農学研究科修士論文。



第1図 登熟期における葉身、茎および穂の乾物重の推移

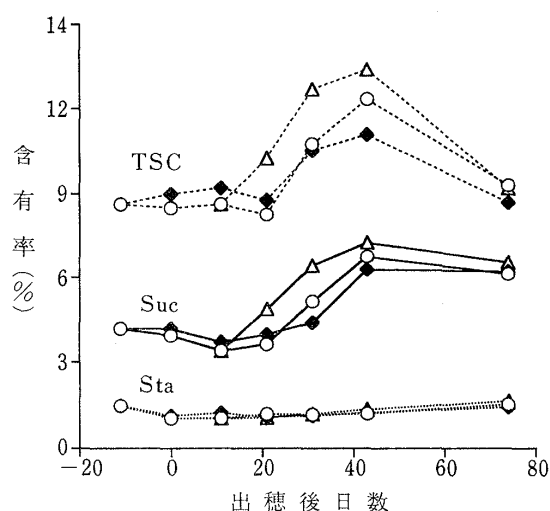
A): 葉身重 B): 茎重 (葉鞘を含む) C): 穂重。
○: 対照区 (CON), ◆: 下位葉身摘除区 (FLB), △: 穂部分摘除区 (ERC)。棒線は標準誤差でシンボル内に隠れたものがある。

70 cm×70 cm×95 cm の木枠に黒ビニールを二重に張り、この木枠を活性測定の前日の夕方に圃場栽培の水稻にかけて暗黒条件とし翌日の早朝に木枠を除去した時点を明処理開始とし、この木枠を再びかけて暗黒とした時点を暗処理再開とした。

結 果

1. 登熟期における乾物重の推移

第1図に、登熟期における葉身 (A)、茎 (B) および穂 (C) の乾物重の推移を示す。測定を始めた7月27日は13.7葉期に相当し止葉は70%程度出葉していた。葉身重は、CONでは止葉完全展開期・出穂期を経て子実の養分蓄積が始まる出穂10日頃まで増加し、以後登熟の進行とともに減少して刈り取り時には最大時に比べ約40%減少していた。こ



第2図 登熟期の葉身における炭水化物含有率の推移

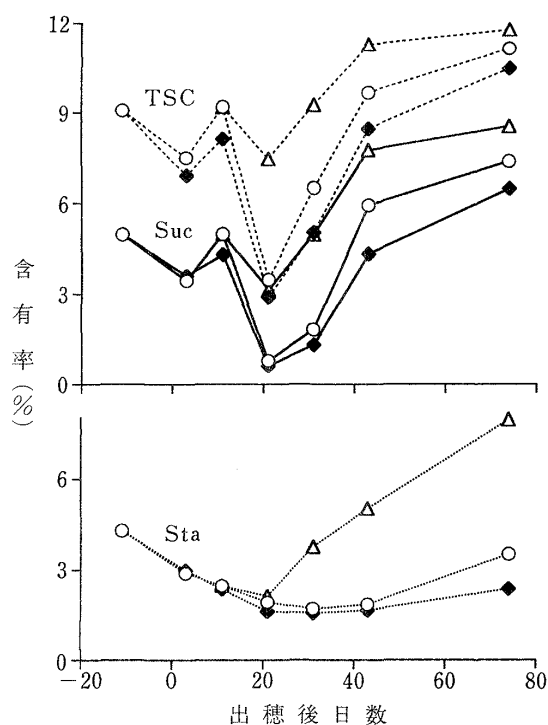
TSC (破線): 可溶性全糖, Suc (実線): ショ糖, Sta (点線): デンプン. ○: 対照区 (CON), ◆: 下位葉身摘除区 (FLB), △: 穂部分摘除区 (ERC)。

れに対して、FLBでは、止葉以外の葉は摘除されているので事実上止葉のみであり、その乾物重は出穂期以後ほとんど変化しなかった。ERCでは、登熟後期の葉身重の減少が緩慢な傾向がみられた。

茎 (葉鞘と稈) の乾物重は、FLBが止葉のみにもかかわらずCONとほとんど差がなく、出穂後10日をピークとして以後登熟中期にかけて低下し、登熟後期には多少増加する傾向がみられた。ERCの乾物重は登熟全期を通じてCONおよびFLBよりもかなり大きく最大50%近くも大きかった。

穂の乾物重は、CONとFLBではソース器官である着生葉数に差があるにもかかわらず同様に推移した。出穂後10日頃から30日頃まで急激に乾物重が増加し40日頃にほぼ最大値に達し以後刈り取り時までわずかに増加した。すなわち、穂重の大部分は出穂後10~30日の間に決定し、この期間に光合成産物が急激に蓄積したと考えられる。ERCでは穂の先端1/3が摘除されているにもかかわらず、出穂後10~20日の登熟初期の乾物重増加は、CONおよびFLBと差がなく急激に増大し出穂後20~30日に最大値に達した。

以上、登熟期における各器官の乾物重の推移をみると、葉身重および茎重の推移は穂重増加の経過とよく対応していた。そこで、本論文では、出穂以後刈り取り収穫までの登熟期を次の4期に分け記述することにする。すなわち、出穂後10日頃までの穂重



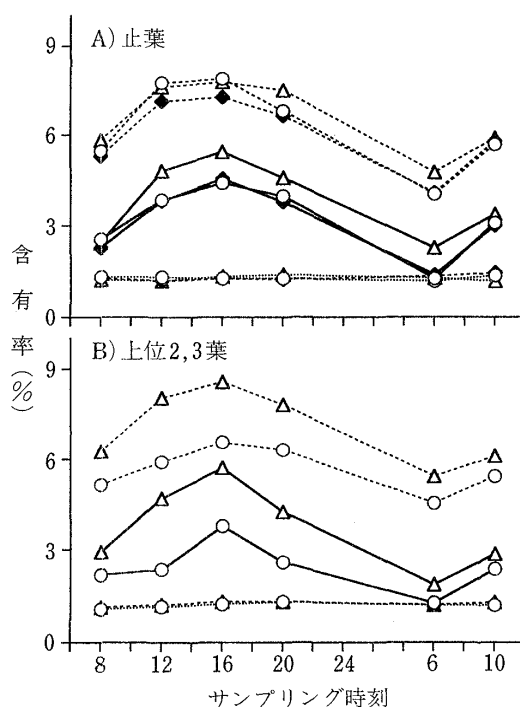
第3図 登熟期の茎における炭水化物含有率の推移
記号は第2図と同じ。

増加がまだ緩やかな時期を登熟開始期、出穂後10日から20日すぎまでの穂重増加が最も著しい時期を登熟初期、出穂後20日すぎから30~40日までの穂重増加がやや緩慢になる時期を登熟中期、それ以降刈取りまでを登熟後期とする。

2. 登熟期における炭水化物含有率の推移

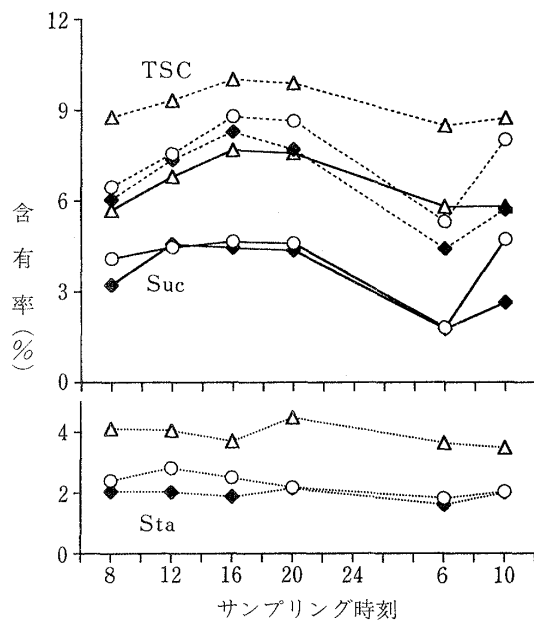
第2図に、葉身の炭水化物含有率の推移を示す。TSCの葉身における含有率は、登熟初期の穂重増加が著しい時期にはやや低めに経過し、登熟中期の穂重増加がゆるやかになる時期に増大し登熟後期にまた減少した。FLBでは登熟中期以降に低かったが、ERCでは登熟全期でCONやFLBよりも大きな含有率で推移した。

Sucは、TSCの推移とほぼ同様の傾向がみられたが、TSCを構成するSuc以外の糖は生育全期を通じてほぼ一定であり、TSCの変動の大部分はSucの変動に原因することが明らかである。このために、TSC含有率が大きくなるほどSucの比率が大きくなる傾向がみられた。Staは、水稻葉身では登熟全期を通じて1%程度と小さくFLBおよびERCにおいても大きな変動がなく、水稻葉身では光合成産物はStaとしてほとんど蓄積しなかった。茎の炭水化物含有率の推移を第3図に示す。



第4図 登熟初期の葉身における炭水化物含有率の日変化 (8月23~24日)
A) 止葉, B) 第2葉身と第3葉身, 他の記号は第2図に同じ。

TSCとSucの推移は、TSC含有率が葉身に比べて大きいことを除けばほぼ同様であった。穂ばらみ期から出穂期にかけて茎が伸長したのに伴ってSucが減少し、その減少に相当する分だけTSCも減少した。出穂以後、登熟開始期にはTSC、Sucとも再び増加した。出穂10日以後の登熟初期には茎のTSCおよびSucはともに急激に減少した。とくに、Sucは0.5%以下に低下した。出穂30日以後の登熟中期になると、再びTSCおよびSucの急激な増加がみられた。処理間では、FLBにおける含有率はCONより常に小さく、登熟中期から後期にかけての再蓄積は遅れる傾向があった。ERCでは登熟初期におけるTSCおよびSucの減少が明らかに小さく再蓄積も著しかった。また、茎におけるTSC含有率とSuc含有率の関係は、登熟にともなう推移やCON、FLBおよびERCの処理間で比較してみると明らかのように、茎のTSCおよびSuc含有率が大きくなるほど、TSCに占めるSucの割合が大きくなる傾向が認められた。Sta含有率は、CONおよびFLBでは穂ばらみ期から登熟中期まで減少し続け登熟後期にわずかに増加したが、FLBでの再蓄積は小さかった。これに対して、ERCでは登熟中期から急激な蓄積が始まり刈取り



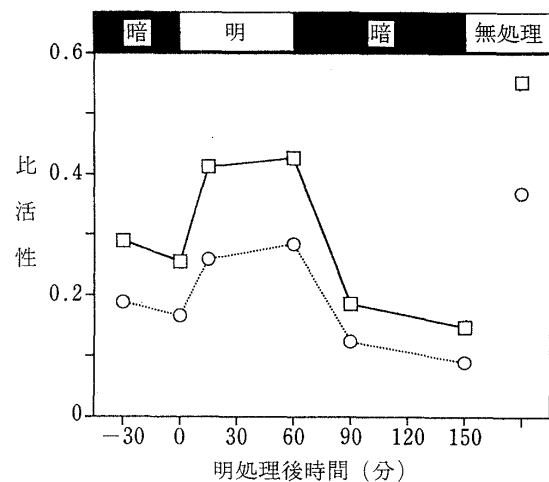
第5図 登熟初期の第2節間における炭水化物含有率の日変化 (8月23~24日)
記号は第2図と同じ。

時には8%に達した。

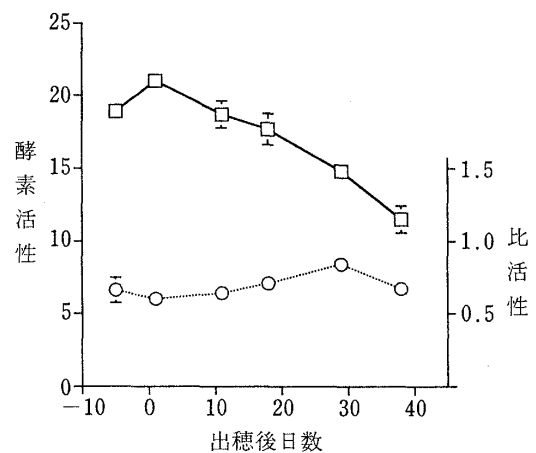
3. 登熟期における炭水化物含有率の日変化

第4図に、止葉 (A) と上位2, 3葉 (B) における炭水化物含有率の日変化を示す。TSCとSucは早朝から夕刻にかけて含有率が上昇し、夜間に減少する傾向がみられた。止葉においては、TSCおよびSuc含有率がERCで大きい傾向がみられたが、日変化のパターンは処理間で大差がなかった。Staは1%程度で推移し、TSCやSucに比べ含有率が小さく日変化はほとんどなかった。上位2, 3葉においては、TSCおよびSuc含有率は、ともにERCの方がCONに比べ1~3%大きく経過していた。また、Staは止葉の場合と同様に1%程度の含有率で日変化も小さかった。

第5図に、第2節間 (第2葉鞘を含む) における炭水化物含有率の日変化を示す。止葉と比べると、TSCおよびSucの日変化は日中において緩慢で含有率も大きかった。とくに、ERCでその傾向が顕著であった。また、TSCに占めるSucの比率は、20時においてCONで40%、FLBで35%、ERCで60%程度であり、ソースに対してシンクが小さいものほど、TSC含有率が大きくSucの比率も大きかった。Sta含有率は、日変化が明瞭ではなかったけれども、CONとFLBで2%前後、ERCでは約4%と止葉より大きかった。なお、第1節間の炭水化物含有率の日変化 (データ省略) は止葉と第2節



第6図 ショ糖リン酸合成酵素 (SPS) の光による活性化
明, 暗: 明 (晴天の自然光) または暗黒処理した水稻の止葉から抽出した酵素の活性, 無処理: 明・暗無処理水稻の止葉の活性。
□: 基質飽和条件での活性, ○: 基質不飽和条件での活性。酵素の活性は比活性 (酵素単位 mg^{-1} 蛋白質) で示す。



第7図 ショ糖リン酸合成酵素 (SPS) 活性の止葉における推移
□: 酵素活性 (生体重1g当たりの基質飽和活性), ○: 比活性。棒線は標準偏差。

間における日変化のほぼ中間であった。

4. SPS 活性

第6図は、SPS活性が明・暗処理によって調節されることを示している。基質飽和濃度における最大活性 (V_{max}) と基質制限濃度での活性は、暗黒下ではともに小さかったが、光照射後15分程度ではほぼ完全に回復し、再び暗処理を行うと低下した。すなわち、水稻のSPSは、暗黒下で基質親和性に变化がないものの V_{max} が減少する性質をもつこと

が明らかになった。登熟期の止葉葉身の SPS 活性 (第7図) は、生体重当たり活性では出穂期頃に最大に達し以後登熟の進行 (葉の老化) にともなって徐々に低下したが、登熟後期においてもなお最大活性時の 70% 程度の活性がみられた。蛋白質当たり活性 (比活性) は登熟全期を通じてほぼ同程度で推移した。なお、CON、FLB および ERC の処理間では一定の傾向はみられなかった。

考 察

1. 水稻葉身における炭水化物代謝

Suc 合成に関係する酵素、SPS の性質や活性は光合成産物の輸送・分配と密接な関係があることが知られている^{8,15)}。Huber ら⁶⁾ は、多数の植物の SPS の酵素化学的性質を調べた結果、3 グループに分けられることを明らかにした。すなわち、グループ I はトウモロコシ葉などの SPS で明所から暗所に移すと基質飽和活性、基質制限活性ともに低下する型であり、グループ II はハウレンソウ葉などの SPS で明所から暗所への移行に伴い基質飽和活性は変わらないが基質制限活性が低下する型であり、グループ III はダイズ葉などの SPS で明・暗両条件で活性に変化がない型である。光合成産物は、転流速度よりも光合成速度が上回ってくると葉身の細胞質に Suc、葉緑体中に Sta として蓄積する。Suc は転流型の炭水化物であるが、Sta は夜間においていったん分解した後に Suc に再合成されて転流する。したがって、Sta を多量に蓄積する植物では、上述の SPS についていえばグループ III 型であることが有利であり、逆に Sta をほとんど蓄積せず Suc を蓄積する植物ではグループ I または II 型で対応し得る。多くの植物の葉身について SPS の性質と Sta および Suc の合成が調べられた結果、グループ I とグループ II の SPS を持つ植物は葉身に Sta をほとんど蓄積せず Suc を蓄積する「Sucrose former」であり、グループ III の SPS を持つ植物は葉身に Suc よりも Sta を多量に蓄積する「Starch former」であることが明らかにされた^{4,8)}。

水稻葉身の SPS について、Majorowsky と大杉¹⁰⁾ は、この酵素の活性が昼間に高く夜間に低くなることを示し、葉身における Suc 代謝との関係を検討した。彼らの結果と本研究の結果から、水稻葉身の酵素はトウモロコシやコムギの SPS と同じグループ I に属することが明らかになった。このことから、水稻葉身は Sta をほとんど蓄積しないで

Suc を蓄積する Sucrose former であると推定されたが、このことは実験結果で示した多くの葉身炭水化物の分析結果で実証された。すなわち、葉身において Suc の含有率は光合成速度に応じてかなり大きく変動したが、Sta は約 1% 程度でほとんど変動しなかった。

Rocher ら¹⁵⁾ は、光合成速度をはじめ光合成や炭水化物代謝に関係するいくつかの鍵酵素の活性とトウモロコシ幼苗の生長速度との関係について研究し、SPS 活性のみが生長速度と高い正の相関をもつことを明らかにした。本体実験においてもこの観点から、止葉の SPS 活性を測定した。生体重当たり活性は葉身の老化が進むにしたがって低下したが、比活性は登熟全期を通じてほぼ一定した活性を示したことから、SPS の消長は葉身の主要な蛋白質の挙動と大差ないものと推定された。

2. ソース・シンク関係

出穂後 10 日頃までの登熟開始期は、胚乳細胞の分裂と生長を行っており物質の転流・蓄積はまだ小さい。葉身の炭水化物含有率は出穂前後を通して大差がなく、茎の炭水化物含有率は、出穂前から出穂直後にかけて最大に達した。この時期に茎に貯蔵された炭水化物は、単に水稻の子実収量の 14~38% を占めるだけでなく、登熟のごく初期、穂が養分蓄積能力を確立する段階に貢献する³⁾。すなわち、この時期の貯蔵炭水化物のレベルが低いと受精しても登熟しない穎花数が増加し登熟歩合が低下する。茎におけるこのような貯蔵炭水化物の役割は、ヤマセのように日射不良を伴う冷害年には一層重要性を増すと考えられる¹³⁾。本実験において、茎の炭水化物含有率は、出穂前から出穂直後にかけて、TSC が 7~10%、Suc が 3~5%、Sta が 2~4% 程度にまで増加したが、上記のような役割に十分対応できるか否かは今後の検討課題である。

登熟初期は、穂重が指数関数的に増加し貯蔵炭水化物が子実へ急速に転流した。葉身および茎の乾物重は、CON および FLB ではともに減少したが、ERC においては、この時期の終わり頃に穂重がほぼ最大に達し、むしろ増加した。穂重の増加速度は FLB および ERC において CON とほとんど差がなかった。一方、炭水化物含有率は葉身、茎とも減少した。とくに、茎の CON および FLB において著しく減少した。この時期の穂重増加は、新生光合成産物と登熟開始期までに茎に蓄積した貯蔵炭水化物の子実への転流に依存しており、茎における炭水化

物の急激な減少は穂への貯蔵炭水化物の転流によるものである。シンク器官が制限された ERC では、茎における炭水化物含有率の減少が小さく、現象的には、新生光合成産物が主に利用され、貯蔵炭水化物の利用が CON および FLB に比べて小さかったように観察された。ERC との比較から、CON と FLB では、この時期の穂重増加の約半分が貯蔵炭水化物に依存したと考えられる。しかも、CON と FLB では、TSC で 3%、Suc では 0.5% 以下の含有率まで低下しており、貯蔵炭水化物がきわめて効率的に子実へ転流したと考えられる。しかし、上述したように、登熟初期における炭水化物の穂への速やかな転流が登熟歩合に影響することや冷害時における Suc の重要性を考慮すると、シンク能に比べてソース能の不足が示唆された。本実験での登熟歩合は約 80% で収量を規制する大きな要因であったと考えられる。したがって、この時期のソース能をどのように確保するか、貯蔵炭水化物に頼るのか光合成能力に依存するのか、耐冷—多収稲作技術確立のポイントであろう。速水⁵⁾ は穂前期の窒素追肥がこの時期の光合成能力を 2 倍以上に増大させることを報告しているが、窒素追肥は冷害年にはむしろ被害を助長することが知られている。

FLB は下位葉が摘除されているにもかかわらず穂重が CON と同程度の速度で増加した。茎の炭水化物含有率の減少程度は CON とほぼ同じで貯蔵炭水化物の利用においては差がなかった。FLB では、下葉が摘除されたことにより残された止葉葉身の窒素含有率が增大する（データ省略）などの補償作用がおこるとともに、茎の受光が有利になり止葉や葉鞘部分の光合成能力が増大したため穂重が CON とほぼ一致して増加したと考えられる。

登熟期を通じて葉身および茎における TSC および Suc 含有率、TSC に占める Suc の比率が CON、FLB および ERC の処理間で異なって変化した。8 月 23～24 日に行った炭水化物含有率の日変化に関する実験結果でもこのことが観察された。とくに、茎や節間においては、CON に比べて、ERC で Suc 含有率および TSC に占める Suc の比率がかなり大きく、FLB では小さかった。すなわち、ソース/シンク比が大きいもののほど Suc の含有率および比率が大きかった。シンク能が相対的に小さい ERC では、葉身の光合成量が子実への転流量を上回り Suc は転流が制限され茎や節間に蓄積したのに対して、ソース能が小さい FLB では、光合

成量が小さく Suc は効率よく子実へ転流され茎や節間での蓄積が少なかったためと理解される。

登熟中期は、穂重増加がやや緩慢になる時期で葉身および茎の乾物重はほとんど変化しなかったが、葉身および茎における炭水化物含有率は再び急激に増加した。子実生産の観点からは、この炭水化物が子実へ転流され収量に結びつくことが望ましい。登熟中期において、光合成産物の子実への転流が減少し葉身や茎に炭水化物が著しく蓄積するのは、葉身や茎に Suc の蓄積が大きいことからソース能よりもシンク能に制限があるためと考えられる。すなわち、水稻では転流可能な炭水化物は Suc のみであり、転流型である Suc はシンク能に制限がなければ速やかに転流すると考えられるからであるが、この点に関しては実験的証明が必要である。シンク能の制限要因は、シンクの大きさと活性が考えられるが、東北のように秋冷が早い地方では気温もまた重要な要因であろう。したがって、気温が低下する登熟後半のシンク機能をいかに維持するかが東北稲作における多収要因の一つと考える。

引用文献

1. Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72: 248—254.
2. Dubois, Y., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.* 28: 350—356.
3. 江幡守衛・石井龍一 1988. イネ. 玖村敦彦 他共著, 新版食用作物学. II イネ科作物. 文永堂出版, 東京. 34—89.
4. Goldschmidt, E.E. and S.C. Huber 1992. Regulation of photosynthesis by end-product accumulation in leaves of plants storing starch, sucrose, and hexose sugars. *Plant Physiol.* 99: 1443—1448.
5. 速水彦彦 1982. 水稻多肥多収性品種の生理生態的特性の解明. 第 1 報 多肥多収性品種の光合成特性に対する窒素施肥の影響. *東北農試研報* 67: 43—75.
6. Huber, S.C., T.H. Nielsen, J.H.A. Huber and D.M. Pharn 1989. Variation among species in light activation of sucrose phosphate synthase. *Plant Cell Physiol.* 30: 277—285.
7. ——— and J.L. Huber 1990. Activation of sucrose phosphate synthase from darkened spinach leaves by an endogenous protein phosphatase. *Arch. Biochem. Biophys.* 282: 421—426.
8. ——— and ——— 1992. Role of sucrose phosphate synthase in sucrose metabolism in

- leaves. *Plant Physiol.* 99:1275—1278.
9. 石井龍一 1976. 物質生産の基礎としての光合成. 村田吉男 他共著, 作物の光合成と生態. 農文協, 東京. 45—96.
 10. Majorowsky, M.・大杉 立 1996. イネの葉身および葉鞘におけるショ糖含量および関連酵素活性の日変化. *日作紀* 65(別号 1):106—107.
 11. 松島省三 1957. 水稻収量成立と予察に関する作物学的研究. *農技研報告* A5:1—271.
 12. ——— 1965. 稲作の理論と技術. 養賢堂, 東京. 201—206.
 13. 村田孝雄 1994. 冷害を乗り越えるイネ作り. 石川武男 編, 検証平成コメ凶作. 家の光協会, 東京. 45—58.
 14. 村田吉男 1976. 作物生産と栽培環境. 村田吉男 他共著, 作物の光合成と生態. 農文協, 東京. 147—196.
 15. Rocher, J.P., J.L. Prioul, A. Lechamy, A. Reyss and M. Joussaume 1989. Genetic variability in carbon fixation, sucrose-P synthase and ADP glucose pyrophosphorylase in maize plant of differing growth rate. *Plant Physiol.* 89:416—420.
-