水稻に於ける炭水化物の生産及び行動に関する研究*

第1報 生育に伴う諸器官中の主要成分含量の推移

戸 莉 義 次・岡 本 嘉・玖 村 敦 彦

(東大農学部) (山梨大学学芸部) (東大農学部)

Studies on the production and behavior of carbohydrates in rice plant

I. Changes of principal constituents in each organ accompanied with its development

Yoshiji TOGARI, Yoshimi OKAMOTO and Atsuhiko KUMURA

緒言 水稻栽培に於て、目的物たる子実の生産様式及び之と環境条件との関係を究明することは、作物学の重要な課題である。子実は大部分炭水化物及び之を原料として生成する物質から構成せられ、この炭水化物の生産を行う栄養器官も畢竟前の段階に於て、炭水化物を原料として作り出されたものである。故に水稻子実の生産に関する問題を明らかにするためには、種々の发育段階、種々の環境条件下で炭水化物がいかに生産され、その後いかに行動してゆくかという問題についての体系的な知識を必要とする。このような見地に立つて筆者等は本研究に着手した。第一段階として、普通の方法でポット栽培した水稻を、生育を追つて各器官の主要構成成分を化学分析し、发育に伴う体内成分の消長の大略を明らかにすることとした。

材料及び方法 供試品種—水稻農林8号。1951年6月25日に1/2万反ワグナーポットに4個体づつ移植。肥料—1鉢当り硫安6.5g, 塩化カリ2.9g, 過磷酸石灰13g, いずれも基肥。サンプリングの時刻—午前10時。Killingの方法—熱乾燥法。分析方法の要点は次の如くである。全糖—ソックスレー装置によりアルコール抽出を行い中性酢酸鉛によるClearing後、酸加水分解し、還元力を測定して求めた。澱粉—糖抽出の残渣をタカジアスターゼでDigestし、さらに塩酸で加水分解を完成し、還元力を測定して求めた。ヘミセルローズ—澱粉をDigestした残渣を酸加水分解し(25% HCl 1:10, 沸騰湯せん上2.5時間)、還元力を測定して求めた。上記の還元力測定はいずれもBESTRAND氏法に依つた。リグニン+セルローズ—ヘミセルローズ加水分解の残渣を秤量後灰化し、灰分重要を求めて之を差引いた。この残渣中には、もとの試料中の蛋白質がかなりの割合で随伴してくるため、蛋白含量の高い若い時期には値が過大にでている。全窒素—KJELDAHL氏法に依つた。

結果並に考察

I) 生育上の各時期が、乾物重及び体内成分の消長という点からみてどのような特徴を有し、従つて子実生産に対し、如何なる意義を持つかという点に関し、まず実験結果を検討してみることにする。

a. 活着期 N%が比較的少く、葉鞘、稈中の澱粉%が高い。この時期には、新根の伸長が未だ充分でなく、窒素の吸収が比較的少ないので、蛋白合成の余剰炭水化物が、澱粉として蓄積するものと考えられる(Fig. 2, 3)。

b. 分けつ最盛期 乾物の面からみると、個体中稈の占める割合が少く、大部分が根、葉等の生産器官である。即ち、同化生産物の大部分は生産器官の再生産に使用され、この結果甚だ高い乾物増加率を示す。一方体内成分をみると、この時期には各部とも最高のN%を示し、澱粉含量はきわめて少ない(Fig. 1, 2, 3)。ここには掲げなかつたが、ヘミセルローズ、リグニン+セルローズの値も低い。これは旺盛な栄養生長により蛋白含量の高い若い葉や根が盛につくられ、この蛋白質の合成のために光合成産物の多くの部分がふりむけられるため、余剰炭水化物の少いことを示すものと考えられる。

c. 幼穂形成期—稔実開始期 この時期に入ると同化生産物中、根、葉等にふりむけられる割合は漸次減少し、稈、ついで穂の構成に使用される割合が増加する。8月下旬以後は、葉、根の生産は殆んど行われず、ここに栄養体の大きさが決定する(Fig. 1)。各成分の含量をみると、まずN%が急減し、稈、葉鞘中に澱粉が蓄積してくる。特に稈に於ける蓄積は顕著である。稈中の澱粉含量は9月中旬の稔実の盛んとなるころまで上昇を続けるが、葉鞘中の含量は8月下旬を頂点として減じ始める(Fig. 3, 6)。葉身、葉鞘中の窒素の絶対量も8月下旬を頂点として減少し始める。とくに葉身に於ける減少は著しい。この窒素の減少開始の時期と、穂の急生長の始まる時期と一致していること、個体当りの窒素の総量の増加に比べ、穂中の窒素の増加量の著しいこと、等から考えて、この時期には葉身、葉鞘から穂に窒素の移行が行われるものと思われる。なほ、葉中の窒素含量減少開始と無効分けつ枯死開始とは时期的に一致した(Fig. 7, 1)。

d. 稔実期 穂中の澱粉含量の高まり始める9月中旬を頂点として稈中の澱粉含量は減少する。葉鞘中の澱粉含量も引つづき減少する。これらは穂への移行を示すものと思われる。この時期には穂の乾物重は急増する

* 昭和28年2月14日 日本作物学会第98回講演会に於て発表 同日受理
日本作物学会紀事 第22巻 第3~4号 (昭和29年6月)

が、他のどの部分の乾物重も増加しないこと、個体当りの各成分の絶対量が、9月20日以後は澱粉以外はほとんどみるべき変化を示さないこと、等から考えて、この時期に生産された炭水化物は、ほとんど全部が澱粉として穂に蓄積されたものと考えられる (Fig. 1, 5)。茎葉から穂への窒素の転流は前期に引き続き行われる。従来、しばしば穂中に蓄積される炭水化物のある部分は、稔実開始前稈その他に蓄積した炭水化物の移行したものであることがとなえられて来た。本実験に於ても、上述の如くこの事実を裏書きするような結果が得られた。しかし、穂の全量に比べて、それは決して大きな割合を占めるものではないことは、稔実開始期の茎葉中の澱粉の総量と、成熟期における穂中の澱粉の総量を比較すれば明らかである (Fig. 6)。このことから、子実生産に直接に関係するのは主として稔実期における光合成であることがわかる。

以上に於て炭水化物の貯蔵、転流等を考える際、炭水化物の純粋な貯蔵形態としての澱粉のみを対象として論じて来たが、之に糖を加えて考えても結論は略同様である。又全生育期間を通じてみた稈その他に於ける澱粉増減の傾向と天候の晴曇の間には何等関係に認められなかつた。即ち、最も澱粉含量の低い7月中下旬、8月上旬は晴天が続いており、

稈中の澱粉含量の着々としてたかまる8月下旬~9月上旬は曇雨天の連続であつた。

II) 作物体の各器官は直接、間接に、子実生産に対しそれぞれ何等かの関係を有し、それら各器官の有機的協働の下に子実の生産が行われることはいうまでもない。従つて、子実の生産を個体としての生活作用から考えてゆこうとするならば、これら各器官が子実生産の上でどのような役割を果しているかについて、種々の面から出来るだけ明らかにしておくことは、今後の研究にとつて必要なことと考える。以下ここでは主として生育後期に於ける穂への窒素の転流及び出穂前後の澱粉の貯蔵と転流という点から各器官を特徴づけてみることにする。

a. 葉身 生育後期における穂への窒素の転流量はもつとも多い。又 N % が高い。全生育期間を通じ常に澱粉 % が低く、澱粉の貯蔵、転流という面での寄与はないようである (Fig. 7, 2, 3, 6)。

b. 葉鞘 穂への窒素の供給という点では、それほど大きい意義はもたない。N % は葉身の半分程度にすぎない。時期によつては相当高い澱粉 % を示すことから考え、かなりの澱粉貯蔵能を有し、澱粉の一時的貯蔵器官としての役割をもつと思われる (Fig. 7, 2, 3, 6)。

c. 稈 多量の澱粉や糖を蓄積する能力をもっており、稔実開始前には作物体中の大部分の澱粉を貯え、稔実開始とともに穂に送り込む。穂への窒素の供給という点では大した寄与はしない (Fig. 3, 6, 7)。

d. 根 常に澱粉含量は低く、炭水化物の貯蔵、穂への窒素の供給という面での子実生産への寄与はほとんどないと思われる (Fig. 3, 6, 7)。

III) 作物体に含まれる各成分が子実生産に対しどのような意義をもつかを明らかにすることは、今後の化学分析的な研究方法の基礎を与えるものであるから、この点にも考察を加える。ヘミセルローズは従来、半構成、半貯蔵物質的な性格をもつ成分とされているが、本実験結果ではこの成分の含量の曲線はあらゆる場合に大体リグニン+セルローズのそれと平行的であり、澱粉の曲線とは全く異なる。Fig. 4 はその1例である。本研究に於て採用した分析法によりえられた「ヘミセルローズ」の値は、化学的にいくらかづつ異なる、従つておそらく生理的にも亦異つた意義を有する高級炭水化物類の総和である故、軽々しく判断は下せないけれども、上述の点からみて普通の条件下では構成物質的な性格が強いと考えられる。いずれにせよ澱粉とは甚だ異なる生理的意義をもつものであることは明らかであるから、生理的研究に於て両者を合して定量することは現象を著るしく不明瞭にする筈である。従つて、従来しばしば採られた、糖抽出残渣を直ちに酸加水分解にかけるような分析法は、この種の研究では避けるべきであると考えられる。

Résumé (1) Paddy rice, Norin No. 8 was pot-cultured in usual method, and the principal constituents of its each organ were analysed.

(2) Immediately after transplanting, nitrogen percentage of each organ was comparatively low, but much starch was accumulated in leaf sheath and culm.

(3) At the time of vigorous tillering, nitrogen percentage was the highest in each organ and starch percentage in culm and leaf sheath was very low.

(4) From the panicle primordia forming to the beginning of ripening, nitrogen percentage of each organ reduced rapidly, and starch was accumulated in culm and leaf sheath. About 2 weeks before heading, the panicle began its rapid development, while the nitrogen content (absolute amount) of leaf reduced. This might be caused by nitrogen translocation to panicle.

(5) With the progress of ripening, perhaps by translocation to panicle starch content in culm and leaf sheath reduced.

Although starch content of panicle increased rapidly, the amount of all other constituents were nearly constant at this stage. Therefore, almost all photosynthesised carbohydrates were seemed to be accumulated in panicle in the form of starch.

文 献 省 略