

## 水稻多収性品種の生理生態的特徴について —アケノホシと日本晴の比較—

### 第2報 個葉光合成速度の相違とその要因\*

蔣 才 忠・平 沢 正・石 原 邦

(東京農工大学農学部)

昭和62年7月30日受理

**要 旨：**前報において、日本晴と最近育成された多収性品種アケノホシを用いて乾物生産過程を追跡し、日本晴にくらべてアケノホシの乾物生産量が多いことに葉身の光合成速度が関係していることを推察した。本研究はこの推察の妥当性を検討するために行った。その結果、展開完了直後の葉身の1日の最大の光合成速度にはアケノホシと日本晴の両品種でほとんど相違はなかったが、葉身の老化に伴う光合成速度の低下程度が異なった。すなわち、展開後日数が経過した葉身の光合成速度および日中の光合成速度はアケノホシで大きく、アケノホシは日本晴に比べて品種の光合成能力（展開完了直後の葉身の最大光合成速度）に近い高い光合成速度を維持していることが認められ、上述した推察が妥当であることが確かめられた。さらにアケノホシと日本晴のこのような光合成の相違の生ずる要因を根に着目して検討した結果、アケノホシは日本晴に比べて、蒸散に伴って生ずる受動的吸水能力の指標となる水の通導抵抗が小さく、また能動的吸水能力を表わし根の生理的活性の指標となる出液速度が大きく、とくに両品種の相違は老化した葉身や生育後期に大きいことが認められた。さらにアケノホシの地上部重/地下部重、葉面積/地下部重はいずれも日本晴に比べて小さく、アケノホシは根がよく発達していた。これらの結果からアケノホシでは根がよく発達するという性質が受動的、能動的吸水能力を高め、光合成速度を高く維持していると推察した。

**キーワード：**イネ、光合成速度、出液速度、純同化率、地上部/地下部比、水の通導抵抗、葉の老化。

**Physiological and Ecological Characteristics of High Yielding Varieties in Rice Plants** II. Leaf photosynthetic rates : Cai-Zhong JIANG, Tadashi HIRASAWA and Kuni ISHIHARA (*Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183, Japan*)

**Abstract :** This study was conducted to examine the hypothesis suggested in the previous paper that the difference in the net assimilation rate between the rice cultivars Nipponbare and Akenohoshi was probably caused by the difference in the photosynthetic rates of leaves in the canopy. The difference of the maximum photosynthetic rate of the uppermost expanded leaf in a day was very small between Nipponbare and Akenohoshi. However, the extent of the decrease in the photosynthetic rate during leaf senescence and in the afternoon with sufficient light intensity during diurnal course of the photosynthesis was smaller in Akenohoshi than that in Nipponbare. Thus the photosynthetic rates were maintained at higher level near the photosynthetic capacity in Akenohoshi compared with those in Nipponbare. Furthermore the cause why these differences existed in the photosynthesis between the two varieties was examined by measuring water absorption ability through roots. The resistance to water flow through plants was smaller and the exudation rate was larger in Akenohoshi than those in Nipponbare, which was probably related to smaller top-root and leaf area-root weight ratios in Akenohoshi. It can be concluded from these results that the higher photosynthetic rate in Akenohoshi was owing to its higher water absorption ability and physiological activity in roots.

**Key words :** Exudation rate, Leaf senescence, Net assimilation rate, Photosynthetic rate, Resistance to water flow, Rice plant, Top-root ratio.

前報<sup>16)</sup>において、日本晴と最近育成された多収性品種アケノホシとの収量、収量構成要素、乾物生産を比較し、アケノホシの収量が多いのは、①収量構成要素からみれば単位面積当りの穎花数が多く、これと関連して収穫指数が大きいこと、②乾物生産量が多いのは、生長解析によってとくに生育後期

の純同化率 (NAR) が高いこと、によることを明らかにした。さらにアケノホシの NAR の高い要因について検討し、個体群構造および受光態勢を量的に表わす吸光係数に両品種でほとんど相違がなかったことから、両品種の NAR の相違は NAR に影響するもう一つの要因である個体群における葉群を構成している個々の葉身の光合成速度にあると推察した。

本研究はこの推察の妥当性を検討するため、前

\* 大要は第179回講演会（昭和60年4月）および第180回講演会（昭和60年9月）において発表。本研究の一部は文部省科学研究費によった。

報<sup>16)</sup>と同様に水田に個体群として生育しているアケノホシと日本晴の個葉の光合成速度を生育段階、葉位、日変化に着目して測定し、さらにこの測定の結果認められた両品種の個葉光合成速度の相違が生ずる要因について、とくに根の吸水能力、生理的活性などに着目して追究したものである。

### 実験材料および方法

供試した材料は主として前報と同様に 1984 年に栽培した日本晴とアケノホシであった。

光合成速度は、エアシール型の差し込み式同化箱（アクリル製、60 cm×2 cm×0.5 cm）<sup>11)</sup>を用い、圃場に生育している水稻の主茎の葉身を着葉のままつぎのようにして測定した。すなわち、ソーダライムを通し CO<sub>2</sub> を除去した空気と 1% CO<sub>2</sub> とを混合して、CO<sub>2</sub> 濃度を約 350 ppm で一定とし、さらに露点制御装置を通して露点を約 14°C とした空気を用いた。葉身が差し込まれている同化箱の同化室内の空気の流量は 3 l/min で、同化箱から出た空気の一部を赤外線ガス分析計（富士電機 K.K.製、ZAP 型）によって CO<sub>2</sub> 濃度を測定し、同化箱に送り込んだ空気の CO<sub>2</sub> 濃度との差から光合成速度を求めた。なお光合成速度を測定する際には、測定 30 分前に測定する主茎の各葉身に光が充分当るようにしておき、測定の際の光強度は光量子センサー（LI-COR 社製）で測定した。葉身を同化箱に入れてから測定を完了するまでに要する時間は CO<sub>2</sub> 吸収量が早く一定となるので 1 分～1 分 30 秒であった。

気孔開度は、主茎あるいは低位の 1 次分げつ茎に着生する各葉位の葉身について改良浸潤法<sup>9)</sup>を用いて測定した。

蒸散している植物体の根の吸水能力を表わす指標となる水の通導抵抗 ( $R$ )<sup>6,17)</sup>は土壌—植物—大気の水の流れに Ohm の法則が適用できると仮定し、次式によって算出した。

$$R = \frac{\psi_{\text{soil}} - \psi_{\text{plant}}}{T} \dots\dots\dots (1)$$

ここで  $\psi_{\text{soil}}$  は土壌の水ポテンシャル、 $\psi_{\text{plant}}$  は植物体の水ポテンシャル、 $T$  は蒸散速度である。本実験では土壌から葉の基部までの水の通導抵抗を求めた。すなわち、測定中は常に湛水状態であるので、 $\psi_{\text{soil}} = 0$  とみなし、

$$R = -\frac{\psi_x}{T} \dots\dots\dots (2)$$

の式で水の通導抵抗を求めた。 $\psi_x$  は葉の基部の水ポテンシャルで、これによって植物体の水ポテンシ

ヤルを表わすことにした。

蒸散速度は、前述した差し込み式同化箱を用い、光合成速度を測定したと同様な方法で同化箱から出た空気と同化箱へ送り込んだ空気の露点を露点計（EG & G 社製）で測定し、それぞれを絶対湿度に換算してその差から求めた。測定条件は、同化箱へ送り込む空気の露点は 10°C、同化室を通る空気の流量は 4 l/min とし、この場合の測定時間は露点計の感度とも関係して H<sub>2</sub>O の放出量が一定として測定できるまでやや長くかかるので 3～4 分を要した。

葉の基部の水ポテンシャルは、pressure chamber（Soil Moisture Equipment 社製）を用い、蒸散速度を測定した葉身を同化箱から取り出すと同時にポリエチレン袋をかぶせ、ただちに葉身基部から約 2 cm の位置で葉鞘を切断し、内壁に湿ったろ紙を貼りつけてある chamber に入れて加圧速度 0.20～0.25 bar/sec で測定した。

根の生理的活性を表わすと考えられる出液速度<sup>7)</sup>は以下のようにして測定した<sup>2)</sup>。主茎の穂首節から 3 節下の節の 0.5 cm 下の部位の節間を切断し、その切断部に約 500 mg の脱脂綿をつめた約 30 mm×70 mm のポリエチレン袋（以下捕集袋という）をセロテープで固定し、約 2 時間出液を捕集袋で採取した。採取後捕集した出液が蒸発しないように直ちにセロテープで密封して秤量し、その重量から捕集前にあらかじめ測っておいた捕集袋の重量を差し引き捕集時間で割って 1 時間当りの出液速度を算出した<sup>7)</sup>。なお、測定は晴れた日で蒸散の著しく少なくなる夕刻の 19 時 30 分から開始した。

両品種の地上部と地下部の生育量などを比較するため農学部附属農場本町水田にある深さ 1 m の水田側溝に同農場の水田土壌を充填した直径 30 cm、深さ 100 cm の大型ポットに畑苗代で育苗した第 7 葉期の苗を 1 ポット 3 株、1 株 3 本の密度で移植し、湛水状態で生育させた。肥料は基肥として 1 ポット当たり化成肥料（14—14—14）を 7.0 g、追肥として 8 月 2 日と 8 月 30 日に化成肥料（16—0—16）を 2.5 g/ポット施用した。葉齢のすすみは両品種で相違がなく、出穂期は両品種とも 8 月 22 日であった。穂ばらみ期と登熟期に全個体を採取して葉面

注 1) 石原 邦・平沢 正 1983. 環境ストレス阻害機構とその制御に関する研究—作物の水分状態と光合成—。農水省グリーンエナジー計画報告書。

注 2) この測定のみ前報と同様な方法で 1985 年に栽培した水稻を用いた。

Table 1. Comparison of the maximum photosynthetic rate ( $\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ ) in a day between Nipponbare and Akenohoshi at different growth stages.

Leaf position	Variety	Maximum tillering stage	Panicle formation stage	Ripening stage		
				Early	Middle	Late
12 th	Nipponbare	$35.4 \pm 3.4$ (100)*	$21.8 \pm 2.9$ (61.6)	—	—	—
	Akenohoshi	$37.6 \pm 2.3$ (100)	$25.5 \pm 2.1$ (67.8)	—	—	—
14 th	Nipponbare	—	$32.7 \pm 2.9$ (100)	$20.4 \pm 3.2$ (62.4)	$14.6 \pm 2.0$ (44.6)	—
	Akenohoshi	—	$32.6 \pm 1.6$ (100)	$21.4 \pm 1.0$ (65.6)	$20.2 \pm 1.6$ (62.0)	—
16 th (flag leaf)	Nipponbare	—	—	$28.2 \pm 1.7$ (100)	$25.4 \pm 1.3$ (90.1)	$16.6 \pm 2.7$ (58.9)
	Akenohoshi	—	—	$31.7 \pm 1.8$ (100)	$31.5 \pm 2.5$ (99.4)	$21.1 \pm 2.0$ (66.6)

\* Values in parentheses show the percentage of the photosynthetic rates of 12th, 14th and 16th leaves to those at the maximum tillering, panicle formation and early ripening stages, respectively.

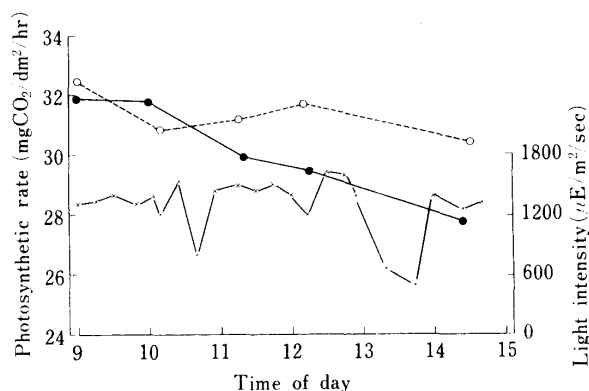


Fig. 1. Comparison of diurnal course of the photosynthetic rate in the 14th leaf between Nipponbare (closed circles) and Akenohoshi (open circles) at panicle formation stage. Solid line with crosses shows diurnal course of light intensity.

積を測定するとともに、葉身、茎+葉鞘+穂、根に分けて  $90^\circ\text{C}$  で通風乾燥し、それぞれ乾物重を測定した。

### 実験結果

まず各生育段階に測定した各葉位の葉身の光合成速度の日変化から得られた1日のうちの光合成速度の最大値(以下最大光合成速度という)をみる(第1表)。展開完了直後の最大光合成速度はアケノホシ、日本晴とも12葉から16葉になるに従って小さくなった。両品種を比較すると、第14葉はほぼ等しかったが、第12葉、第16葉は日本晴に比べてアケノホシで  $2.2 \sim 3.5 \text{ mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$  とやや大きか

った。さらに各葉位の葉身の最大光合成速度の生育に伴う推移をみると、アケノホシ、日本晴のいずれの葉位の葉身も展開完了後の日数の増加、いいかえると葉身の老化にしたがって低下したが、その低下の程度は両品種で異なった。すなわち、日本晴、アケノホシの第12葉では最高分げつ期の最大光合成速度を100とすると、幼穂形成期はそれぞれ61.6%、67.8%、同じく第14葉では、幼穂形成期を100とすると、登熟前期はそれぞれ62.4%、65.6%、登熟中期は44.6%、62.0%、同じく第16葉では登熟前期を100とすると、登熟中期はそれぞれ90.1%、99.4%、登熟後期は58.9%、66.6%であった。このことからアケノホシは日本晴に比べて、いずれの葉位においても、展開完了後の日数の経過に伴う最大光合成速度の低下の程度が小さく、この低下の程度の相違は展開完了後の日数が経過するほど大きくなることが認められた。

以上の結果から、アケノホシは日本晴に比べて展開完了直後の最大光合成速度がやや大きく、かつこの差は展開完了後の日数が増加し、葉身の老化がすすむにしたがって大きくなること、つまりアケノホシは日本晴に比べて高い光合成速度をより長く維持していることがわかった。

つぎに両品種の光合成速度の日変化を比較する。第1図は幼穂形成期における1日中ほぼ晴れていた日の第14葉の光合成速度の日変化である。光合成速度は両品種とも最初の測定の9時の値が最大で、その後低下した。すでに述べたように最大光合成速度はアケノホシでやや大きかったが、日中の低下の

Table 2. Comparison between the maximum rate in the morning and the minimum rate in the afternoon under sufficient light intensity above  $1200 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$  during diurnal change of photosynthetic rate ( $\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ ).

Growth stage	Leaf position	Variety	The maximum rate (a)	The minimum rate (b)	Declining percentage $(1-b/a) \times 100$
Maximum tillering	12 th	Nipponbare	35.4	24.3	31.4
		Akenohoshi	38.1	29.8	21.8
Panicle formation	12 th	Nipponbare	21.8	17.8	18.3
		Akenohoshi	24.7	23.8	3.6
	14 th	Nipponbare	30.6	27.7	9.5
		Akenohoshi	31.6	29.5	6.6
Early ripening	14 th	Nipponbare	20.1	15.0	25.4
		Akenohoshi	21.4	18.1	15.4
	16 th (flag leaf)	Nipponbare	28.1	23.5	16.4
		Akenohoshi	31.7	27.3	13.9

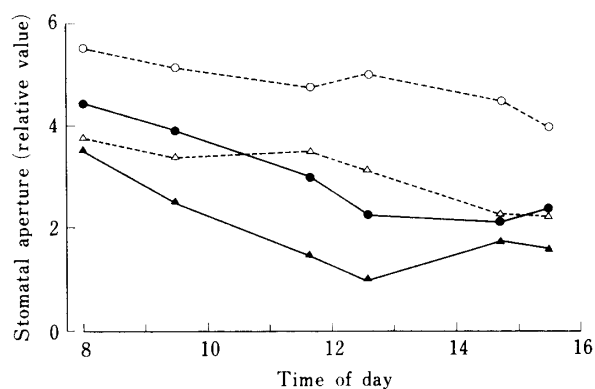


Fig. 2. Comparison of diurnal course of the stomatal aperture between Nipponbare (solid lines) and Akenohoshi (dotted lines) at panicle formation stage. Triangles and circles show the stomatal aperture of 12th and 14th leaves on the same stem, respectively.

程度は明らかに日本晴が大きく、日中の14時30分での光合成速度の低下率は日本晴の13.1%に対して、アケノホシが6.3%であった。

第2表は、種々の生育段階に測定した日変化の結果から各測定日における光合成速度の午前の最大値と午後の光強度が  $1200 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$  以上の条件下における最小値およびこれらから算出した光合成速度の日中の低下率を示したものである。光合成速度の日中の低下率は各測定日の気象条件によって左右されるが、測定した各生育段階におけるいずれの葉位においても、アケノホシの光合成速度の日中の低下率は日本晴に比べて小さかった。さらに両品種間の日中の低下率の相違は同一生育時期では下位の老化のすすんだ葉で、また同一葉位では生育段階がすす

みその葉身の老化がすすんだ状態で大きいことが認められた。

さらに光合成速度と密接な関係のある気孔開度の日変化を第12葉と第14葉について同時に測定した結果の例を第2図に示した。気孔開度は両品種ともすべての葉身で日中小さくなったが、第12葉、第14葉のいずれも、アケノホシは日本晴に比べて減少の程度が小さく、さらにこの減少程度の両品種間の違いは古い葉である第12葉で大きい傾向が認められた。

以上のことから、アケノホシは日本晴に比べて、日中高い光合成速度を維持し、最大光合成速度でみられた両品種の相違は1日の全光合成量についてみるとさらに大きくなり、その程度は老化のすすんだ葉で一層大きくなることがわかった。

光合成速度、気孔開度の日中の低下は根群の発達、根の吸水能力を含む根の生理的活性と関係することが考えられるので、前述したアケノホシと日本晴の水の通導抵抗と出液速度を測定比較した。

水の通導抵抗についてみると、日本晴、アケノホシのいずれの葉位の葉身においても水の通導抵抗は生育段階がすすみ、その葉身の老化がすすむに伴って大きくなることが認められた(第3表)。たとえば第14葉でみると、展開完了直後であった幼穂形成期に日本晴、アケノホシそれぞれ  $5.5, 4.0 \times 10^5 \text{ bar} \cdot \text{sec}/\text{cm}$  であった水の通導抵抗は、登熟中期にはそれぞれ  $12.1, 7.6 \times 10^5 \text{ bar} \cdot \text{sec}/\text{cm}$  となった。つぎに品種間で比較すると、アケノホシの水の通導抵抗は日本晴に比べてすべての葉位で、またいずれの生育時期においても常に小さかった。さらに、各葉位の葉身に注目してみると、生育段階がすすみ葉

Table 3. Comparison of resistance to water flow through the plant ( $10^5$  bar·sec/cm) between Nipponbare and Akenohoshi at different growth stages.

Leaf position	Variety	Maximum tillering stage	Panicle formation stage	Ripening stage		
				Early	Middle	Late
12 th	Nipponbare	$6.0 \pm 1.1$	$6.4 \pm 0.7$	—	—	—
	Akenohoshi	$5.0 \pm 0.9$	$5.2 \pm 0.3$	—	—	—
14 th	Nipponbare	—	$5.5 \pm 0.9$	$6.8 \pm 1.2$	$12.1 \pm 2.4$	—
	Akenohoshi	—	$4.0 \pm 1.0$	$4.7 \pm 0.6$	$7.6 \pm 2.1$	—
16 th (flag leaf)	Nipponbare	—	—	$6.8 \pm 1.6$	$9.7 \pm 2.0$	$15.9 \pm 2.1$
	Akenohoshi	—	—	$4.4 \pm 0.8$	$7.1 \pm 1.0$	$9.7 \pm 2.1$

Resistance to water flow was obtained by measuring xylem water potential in the leaves with the transpiration rate above  $2.0 \text{ gH}_2\text{O/dm}^2/\text{hr}$  before the early ripening stage and above  $1.0 \text{ gH}_2\text{O/dm}^2/\text{hr}$  after the middle ripening stage.

Table 4. Comparison of exudation rates (mg/hr) between Nipponbare and Akenohoshi at different growth stages.

Variety	Panicle formation	Heading	Early ripening	Middle ripening
Nipponbare	$592.8 \pm 97.4$	$570.5 \pm 87.5$	$133.3 \pm 65.1$	$25.3 \pm 28.9$
Akenohoshi	$940.0 \pm 185.9$	$945.4 \pm 98.1$	$547.3 \pm 57.2$	$209.2 \pm 38.0$

の老化がすすむほど両品種の差が大きくなる傾向が認められた。いいかえるとアケノホシは日本晴に比べて高い吸水能力をもち、しかもその吸水能力を長く持続していることが推察された。

出液速度をみると (第4表), 両品種とも出液速度は出穂期以後小さくなることが認められた。両品種の出液速度を比較すると, 幼穂形成期, 出穂期においても, アケノホシの出液速度は日本晴の約1.6倍と著しく大きかったが, 登熟に伴う出液速度の低下の程度は日本晴で著しく大きいので, 品種間の相違は登熟がすすむに伴ってさらに大きくなり, 登熟中期ではアケノホシの出液速度は日本晴の8倍以上になった。

このような水の通導抵抗および出液速度の両品種の相違の生じる要因を検討するため大型ポットに生育した水稻について, 地上部と地下部の相互の関係を比較した (第5表)。まず穂ばらみ期についてみると, 地上部重, 葉面積は両品種で大きな違いはなかったが, 地下部重はアケノホシが日本晴に比べて大きかった。その結果, 地上部重/地下部重は日本晴, アケノホシでそれぞれ7.71, 7.01 g/g, 葉面積/地下部重は日本晴, アケノホシでそれぞれ5.36, 4.59  $\text{dm}^2/\text{g}$  で, アケノホシは日本晴に比べて地上部に比較して地下部がより発達していることがわかった。この傾向は登熟期にはさらに明瞭に認められ, アケノホシの地下部重が日本晴に比べて著しく大きくなったため, 日本晴とアケノホシの地上

部重/地下部重はそれぞれ11.04, 8.01, 葉面積/地下部重はそれぞれ3.17, 1.65であった。このようにアケノホシは, 地上部に比べて地下部がよく発達しているという特徴をもっていることが明らかとなった。なお, 登熟期に水の通導抵抗を測定したところ, 地下部の発達のよいアケノホシで小さいことが認められた (第5表)。

## 考 察

本研究では, 前報<sup>16)</sup>において明らかにしたアケノホシと日本晴の乾物生産量の相違はNARの違いにあり, NARに影響する個体群構造と吸光係数には両品種でほとんど相違がない, という結果を基礎として, NARに影響するもう一つの要因である個葉光合成速度を測定し, つぎのような点が両品種で異なることを認めた。すなわち, アケノホシは日本晴に比べて, 展開完了直後の葉身の最大光合成速度はわずかに大きいだけであったが, 展開完了後の日数が増加し老化のすすんだ葉身の最大光合成速度はかなり大きく (第1表), さらにいずれの生育段階, 葉位においても光合成速度の日中の低下率が小さく, 日中高い光合成速度を維持している (第2表) ということであった。この結果はアケノホシと日本晴の乾物生産量が相違する要因には両品種の個葉光合成速度の違いが密接に関係していることを示している。

イネ, ダイズをはじめ種々の作物の光合成能力に

Table 5. Comparison of morphological characteristics and resistance to water flow through the plant between Nipponbare and Akenohoshi grown in the pots (30 cm in diameter, 100 cm in depth).

Growth stage	Variety	No. of panicles	Top weight (g)	Leaf area (dm <sup>2</sup> )	Root weight (g)	Top-root weight ratio (g/g)	Leaf area-root weight ratio (dm <sup>2</sup> /g)	Resistance to water flow (10 <sup>5</sup> bar·sec/cm)
Booting	Nipponbare	25.0	65.6	45.5	8.5	7.71	5.36	—
	Akenohoshi	20.3	68.4	44.9	9.8	7.01	4.59	—
Ripening	Nipponbare	25.0	121.8	38.3	11.0	11.04	3.17	11.5±1.7
	Akenohoshi	18.0	128.2	26.3*	16.0	8.01	1.65	8.6±1.0

\* The decrease in leaf area of Akenohoshi was partly due to the death of non-productive tillers at ripening stage.

品種間差異のあることが認められている<sup>1-4,15,18-21)</sup>。品種の光合成能力の大小と収量，乾物生産量の大小との関係を追究した研究をみると，両者に関係があるというものもあるが<sup>20,21)</sup>，両者の間には直接関係があるとはいえないという結果を得ているものが多い<sup>2-4,14,15,18)</sup>。本研究における展開完了直後の葉身の最大光合成速度は品種の光合成能力を表わしていると考えられるが，乾物生産量の多いアケノホシのその値は日本晴に比べてわずかに大きいだけであり，両品種の収量，乾物生産量に比べると両品種の光合成能力の相違は著しく小さいといえる。収量の成立過程，乾物生産過程は非常に複雑で，個葉光合成の他に葉面積，個体群構造，受光態勢，物質分配などの種々の影響を受けるので，収量，乾物生産量と光合成能力との間に直接的関係が見出されないのは当然かもしれない。アケノホシと日本晴との乾物生産量の相違はすでに述べたように主として NAR によってもたらされ，しかも受光態勢などに相違がないことから個葉光合成速度の違いが関係していると予測されたにもかかわらず，品種の光合成能力は両品種の乾物生産量の大小に直接関係しているということにはならなかったのである。

さらに，個葉光合成速度について考えてみると，個体群の葉群を構成している葉身がすべてその品種の光合成能力に近い光合成速度で光合成を行っているわけではない。葉群を構成している葉身は展開完了後経過している日数が異なり，老化の程度も異なり，それに伴って光合成速度も低下している<sup>15,19)</sup>。また各葉身は1日中その葉身の最大光合成速度で光合成を行っているのではなく，日中に低下する<sup>13)</sup>。本研究においてこの点を考慮し，葉身の老化に伴う光合成速度の低下および日中の光合成速度の低下に着目して追究してはじめて，両品種の光合成の相違を認め，両品種の乾物生産量の相違の基礎となっている NAR の違いが生ずる要因を明らかにするこ

とができたのである。

本研究の結果から，品種に着目して個葉光合成速度と収量あるいは乾物生産量との関係を追究するに当っては，収量の成立過程あるいは乾物生産過程に影響する要因の品種間の相違を検討することが前提であり，その要因の一つとして個葉光合成を位置づけることが必要であると考えられる。さらに個葉光合成についても品種の光合成能力だけでなく，少なくとも各葉身が品種の光合成能力に近い光合成速度をどの程度維持しているかに着目して検討することが重要であると考えられる。いいかえると，品種の光合成能力と収量あるいは乾物生産量とを直接関連づけることを通じて個葉光合成の収量，乾物生産に対する関係を論ずるのは問題を単純化し過ぎている<sup>18)</sup>ことを本研究の結果は示唆している。

つぎに，葉身の老化に伴う光合成速度の低下および日中の光合成速度の低下の程度が両品種で異なる要因について検討したい。水稻の光合成速度の日中の低下は根からの吸水が蒸散に追いつかず，水ストレスを生ずることによっておこり<sup>5,13)</sup>，この低下の程度は根群の発達，根の生理的活性によって影響を受けることが明らかにされている<sup>10,12)</sup>。また従来から葉の老化，下位葉の枯れ上がりは，根の生理的活性，根の老化と密接に関係していることが知られている<sup>8)</sup>。したがって葉の老化に伴うアケノホシの光合成速度の低下が日本晴に比べて小さいことに根が関連していると考えられる。そこで蒸散に伴って生ずる根の受動的吸水能力の指標となる水の通導抵抗<sup>6) (註1)</sup>と根の能動的吸水能力を表わし，根の生理的活性の指標となる出液速度<sup>7)</sup>を測定したところ，日本晴に比べてアケノホシの水の通導抵抗は小さく，出液速度は大きく，しかも日本晴との光合成速度の相違が大きくなる老化のすすんだ葉身あるいは生育後期にそれらの日本晴との相違は大きくなった。このことは，アケノホシでは日中盛んに蒸散を

行っている時の水ストレスが小さく<sup>注3)</sup>、また生理的活性も高いことを示している。この結果を基礎にしてポットに生育した水稻の地上部と地下部との関係を調べたところ、アケノホシの地上部重/地下部重、葉面積/地下部重は日本晴に比べて小さく、アケノホシでは根の発達がよく、このことと関連して、受動的吸水能力、能動的吸水能力も大きいことが考えられる。さらにいえばこのアケノホシの性質が葉身の老化に伴う光合成速度の低下あるいは日中の光合成速度の低下の小さい、いいかえると光合成速度を高く維持している要因となっているのではないかと推察される。

この推察については今後さらに検討を加えていかなければならない。すなわち、両吸水能力の機構は相互に関連しているものの本質的には異なるものであり、またこれらの能力と光合成速度を高く維持することとの間には多くの生理的過程が介在している。とくに葉身の老化に伴う光合成速度の低下については、光合成のいかなる過程の変化が両品種で異なるか、またこの問題と根との関連では根におけるサイトカイニンの形成、地上部への供給が両品種でどのように異なるかについて追究したいと考えている。

## 引用文献

1. 秋田重誠 1980. 作物の光合成, 光呼吸の種間差. 第1報 光合成, 光呼吸および生育の酸素濃度に対する反応の種間差. 農技研報 D31: 1—58.
2. Evans, G.C. and R.L. Dunstone 1970. Some physiological aspects of evolution in wheat. *Aust. J. Biol. Sci.* 23: 725—741.
3. Ford, D.M., R. Shibles and D.E. Green 1983. Growth and yield of soybean lines selected for divergent leaf photosynthetic ability. *Crop Sci.* 23: 517—520.
4. Hesketh, J.D., W.L. Ogren, M.E. Hageman and D. B. Peters 1981. Correlations among leaf  $\text{CO}_2$ -exchange rates, areas and enzyme activities among soybean cultivars. *Photosynthesis Research* 2: 21—30.
5. 平沢 正・石原 邦 1978. 水稻の体内水分と環境条件との関係. 第1報 葉身の水ポテンシャル・葉面積当り含水量・水欠差について. 日作紀 47: 655—663.
6. ———・後藤敏之・石原 邦 1983. 水稻における水の通導抵抗について—根の吸水能力の推定—. 日作紀 52(別1): 211—212.
7. ———・荒木俊光・松田永一・石原 邦 1983. 水稻葉身基部の出液速度について. 日作紀 52: 574—581.
8. 本谷耕一 1966. 稲作多収の基礎条件. 農山漁村文化協会, 東京. 15—36.
9. 石原 邦・平沢 正・飯田 修・小倉忠治 1979. 水稻葉身の小さい気孔開度の測定法—改良浸潤法について—. 日作紀 48: 319—320.
10. ———・———・———・木村昌久 1981. 水稻葉身の蒸散速度・気孔開度・気孔伝導度・木部の水ポテンシャルおよび葉の水ポテンシャルの日変化. 日作紀 50: 25—37.
11. ———・——— 1985. 蒸散と吸水の測定. 北條良夫・石塚潤爾編, 最新作物生理実験法. 農業技術協会, 東京. 101—106.
12. ———・黒田栄喜 1986. 水稻葉身の光合成速度に対する空気湿度の影響. 日作紀 55: 458—464.
13. ———・斎藤邦行 1987. 湛水状態の水田に生育する水稻の個葉光合成速度の日変化に影響する要因について. 日作紀 56: 8—17.
14. 石井龍一・松崎昭夫・李 万九・刈屋国男・町田寛康・中元朋実・玖村敦彦・角田公正 1986. 水稻収量の品種間差に関する比較作物学的研究. 第1報 収量の品種間差の年次による変動. 日作紀 55 (別2): 65—66.
15. ———・長尾明利・佐々木治人・玖村敦彦 1986. 水稻の個体群光合成に関する研究. 第1報 出穂期における品種間差. 日作紀 55 (別2): 81—82.
16. 蔣 才忠・平沢 正・石原 邦 1988. 水稻多収性品種の生理生態的特徴について—アケノホシと日本晴の比較. 第1報 収量および乾物生産. 日作紀 57: 132—138.
17. Kramer, P.J. 1983. *Water Relations of Plants*. Academic Press, New York and London. 187—234.
18. Kueneman, E.A., D.H. Wallace and P.M. Ludford 1979. Photosynthetic measurements of field-grown dry beans and their relation to selection for yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 480—482.
19. 村田吉男 1961. 水稻の光合成とその栽培学的意義に関する研究. 農技研報 D9: 1—169.
20. 小島睦男 1972. ダイズ品種における光合成能力の向上に関する研究. 農技研報 D23: 97—154.
21. 長田明夫 1966. 水稻品種の光合成能力と乾物生産との関係. 農技研報 D14: 117—188.

注3) 水の通導抵抗が小さいということは (1), (2) 式からもわかるように, 同一蒸散速度であれば葉の木部の水ポテンシャルが高く維持されていることを示す。