

草高の異なる水稻品種の乾物生産の相違とその要因の解析, とくに個体群内におけるガス拡散に着目して*

黒田 栄喜**・大川 泰一郎・石原 邦

(東京農工大学農学部)

平成元年1月31日受理

要 旨：台湾で育成された長稈穂重型の多収性品種台農 67 号とわが国の代表的品種で短稈穂数型の日本晴を用いて、両品種の収量および乾物生産過程とその違いをもたらし生理生態的要因について検討した。

台農 67 号は日本晴に比べて、1 穂穎花数が著しく多いので収量は多く、乾物生産量も大きかった。台農 67 号の乾物生産量が大きい要因を生長解析により検討した結果、草丈が高くなり始める出穂期以降、平均葉面積指数 (LAI) および純同化率 (NAR) がともに大きいという特徴をもつことがわかった。この違いが生じる要因を両品種の個体群構造から検討したところ、出穂期以降、台農 67 号は日本晴に比べて、1) LAI が大きいにもかかわらず草丈が高いため葉面積密度 (LAD) が小さいこと、2) 吸光係数はやや小さく、登熟期には長稈の割に上位葉が直立し受光態勢が良いこと、3) 葉面積指数が大きいにもかかわらず個体群内の蒸発量が大きいこと、4) 葉面積指数が大きく、各葉位の個葉光合成速度がほぼ同じか高いにもかかわらず、個体群内の CO₂ 濃度が日中高く推移することがわかった。これらのことから、台農 67 号は、受光態勢がよいことに加えて、LAD が小さいことと関係して個体群の光合成、物質生産に大きな影響を及ぼす CO₂ 拡散効率が大きいという特徴を備えていることがわかった。

以上の結果を基礎に、多収性品種育成に当って、物質生産からみて長稈穂重型の有利な性質を利用することを考えると同時に、耐倒伏性の問題を稈の物理的、生理的、形態学的性質の面から研究する必要があることを指摘した。

キーワード：イネ、ガス拡散、乾物生産、草型、光合成、個体群構造、葉面積密度。

Analysis on Difference of Dry Matter Production between Rice Cultivars with Different Plant Height in Relation to Gas Diffusion inside Stands : Eiki KURODA**, Taiichiro OKAWA and Kuni ISHIHARA (*Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183, Japan*)

Abstract : The difference in yield, dry matter production, and physiological and ecological characters were studied between Tainung 67, a high-yielding cultivar (long-culm and ear-weight type) in Taiwan, and Nipponbare, a Japanese standard cultivar (short-culm and ear-number type).

The yield and dry matter production were higher in Tainung 67 than those in Nipponbare. Both net assimilation rates and mean leaf area indices were higher in Tainung 67 than those in Nipponbare, after heading time when the plant length was much higher in Tainung 67 than that in Nipponbare. The causes of the difference in net assimilation rates between two cultivars were examined by measuring canopy structure. The characteristics of canopy structure related to an increase in dry matter production in Tainung 67 were compared with those of Nipponbare. (1) smaller leaf area density in spite of larger leaf area index owing to larger plant height, (2) good light-intercepting characteristics indicated by a little smaller light extinction coefficient and larger leaf angles against horizontal, (3) higher evaporation rate inside stands in spite of larger leaf area index, (4) higher CO₂-concentration inside the stands during daytime in spite of larger leaf area index and the same or higher leaf photosynthetic rate.

On the basis of these results, we pointed out that it was necessary for the breeding of high-yielding rice cultivars to give full consideration to the use of these characteristics in long-culm and ear-weight type cultivar when an increase in dry matter production is attempted on condition that physical, physiological and morphological characteristics of the culm and sheath must be studied to improve lodging resistance in cultivars with large plant height.

Key words : Canopy structure, Dry matter production, Gas diffusion, Leaf area density, Photosynthesis, Plant type, Rice.

* 大要は、第 185 回講演会 (昭和 63 年 4 月) において発表。本研究費の一部は文部省科学研究費によった。

** 現在、岩手大学農学部。

Present address; Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka, Iwate 020, Japan.

水稻の品種改良は、多肥条件下で耐倒伏性が高く、受光態勢の良い品種を育成することを目的とした結果、長稈穂重型品種は姿を消し、現在ではほとんど短稈穂数型品種となった。武田らは¹²⁾、長稈穂重型品種と短稈穂数型品種を比較し、暖地における

収量停滞要因を物質生産面より解析した。その結果、短稈穂数型品種は草丈が低くなることと関係して出穂前の乾物生産力が低く、このことが収量停滞の一要因となっていることを示し、草高と乾物生産との関係について再検討の必要があることを指摘した。今後の育種方向として、さらに短稈化することも考えられるが、受光態勢、収穫指数が限界に近づきつつあること¹⁾から、乾物生産量 (biomass) を増加させるという面からの草型改良について検討することも必要と考えられる。

さらに、わが国の水稻品種は、品質、食味が重要視されて品種改良が行われたことと関連して、遺伝的に近縁で^{10,11)}、生理生態形態の性質が類似していることを考えると、遺伝的に著しく異なる性質を備えた品種を比較し、これらの性質が生育収量に対してどのような質的量的なかわりあいをもつかを検討することは、きわめて重要なことである。

以上のような考えを基礎に、本研究では台湾で育成された長稈穂重型で倒伏抵抗性が比較的大きく多収性品種の台農 67 号と、わが国の代表的品種で短稈穂数型の日本晴とを比較し、両品種間の乾物生産量および収量の違いがいかなる生理生態形態の性質によりもたらされるかを検討することとした。

実験材料および方法

本実験は、1985 年、1986 年の 2 年間に本学農学部附属農場水田 (多摩川沖積土壌) において行った。栽培方法は両年ともほぼ同様であったので、1986 年の方法について述べる。4 月 29 日に育苗箱に播種し、第 5 葉抽出期の苗を 5 月 28 日に 22.2 株/m² (30 cm×15 cm)、1 株 3 本の栽植密度で移植した。肥料は基肥として堆肥 3,000 kg/10 a、化成肥料 (14-14-14) 35.7 kg/10 a、追肥として 8 月 5 日と 8 月 25 日にそれぞれ化成肥料 (16-0-16) 18.8 kg/10 a 施用した。除草および病虫害防除は徹底して行い、その結果、両品種とも順調に生育した。なお、出穂日は日本晴が 8 月 25 日、台農 67 号が 8 月 28 日で、収穫日は両品種 10 月 28 日であった。

乾物増加量測定、生長解析のため、7 月 29 日から 10 月 21 日まで、3 週間おきに計 5 回、各回 20 株を採取し、そのうちから茎数、生体重の平均的な 12 株を選び、葉身、茎 (葉鞘を含む)、穂に分け、90°C で通風乾燥した後、乾物重を測定した。なお、通風乾燥する前に平均に近い 4 株の葉面積を自動葉面積計 (林電工社製) で測定し、比葉面積を求め、

葉身重に乗じて各株の葉面積を算出した。

個体群構造、受光態勢、葉身の傾斜角の調査のため、生育中庸な 2 ヶ所を選び、まず、散乱光下で畦間、株間の照度を 10 cm の高さごとに測定した。そして、各場所で平均的な 2 株を選び、10 cm ごとに個々の葉身の傾斜角を分度器で測定した後、この 2 株を刈り取り、葉身、茎、穂に分け、葉面積を測定し、90% で通風乾燥し乾物重を測った。受光態勢を表わす吸光係数は門司—佐伯の方法⁹⁾により算出した。単位空間に占める葉面積を表わす葉面積密度は、葉面積指数を地際から個体群最上部までの高さ (草高) で除して求めた。葉身の傾きの程度は、傾斜角を 0~90°C の 9 段階に分け、9 段階それぞれに含まれる葉数の割合 (%) で表わした。

個体群内部からの蒸発量の測定には、ピッチの蒸発計を改良し自記蒸発計 (太田計器製作所製) と組み合わせた装置を用い、個体群内部の所定の位置に設置した蒸発面からの蒸発量を経時的に測定した。また、個体群内の CO₂ 濃度の測定方法は、以下のようであった。個体群内部の所定の高さに設置した空気の採取口から 2 l/min の流量で空気を連続的に吸引し、多点式自動切り換え装置に送り込み、2 分 30 秒おきに順次、赤外線 CO₂ 分析計 (富士電機製) で CO₂ 濃度を測定した。なお、各層の各時刻の平均 CO₂ 濃度は、2 分 30 秒間、1 時間に 3 回測定した平均値で表わした。

光合成速度は、生育中庸な株から主茎 8 本を選び、上位 3 葉を用い、1 日で光合成速度が最も大きい午前 9 時~10 時の間に同化箱法⁷⁾で測定した。葉身を同化箱にはさんでから測定を完了するまでの所要時間は約 1 分 30 秒であった。同化箱に送り込む CO₂ 濃度は 360 ppm、流量は 1.5 l/min、測定は光強度 1200 μE/m²/sec 以上で行い、測定した葉面積は約 15 cm² であった。同化箱中で十分攪拌されて出てきた空気は、差動式赤外線 CO₂ 分析計 (Binos 社製) に送り、測定ガスと比較ガスの CO₂ 濃度の差を測定し、さらに、測定ガスの CO₂ 濃度を絶対値式赤外線 CO₂ 分析計 (富士電機製) で測定した。

実験結果

日本晴と台農 67 号の関係は 2 年間でほぼ同様であったので、1986 年の結果について述べる。

生育および乾物生産過程 まず、草丈をみると、出穂日前でも台農 67 号がやや高かったが、出

穂直前から台農 67 号の草丈が急に大きくなり始め、最終的には日本晴の 116 cm に対して台農 67 号は 134 cm となった (第 1 図)。この草丈の違いは、台農 67 号の下位節間が日本晴に比べて長いことによった (第 2 図)。茎数をみると、最高分けつ期には日本晴が台農 67 号よりかなり多く、最終的には、日本晴の 17.4 本に対し台農 67 号は 13.4 本となった (第 1 図)。

つぎに、地上部乾物重の推移をみると、生育前半はむしろ日本晴がやや大きい、草丈が高くなった出穂期以降には、日本晴に比べて台農 67 号で大きく推移し、収穫期には 1 株当たり約 8 g 重かった (第 1 図)。この推移を稈+葉鞘と穂に分けてみると、台農 67 号の稈+葉鞘の乾物重は出穂直後に、穂の乾物重は登熟中期以後にそれぞれ日本晴に比べて大きくなった。収量をみると、精玄米収量は日本晴の 521 kg/10 a に対して台農 67 号は 579 kg/10 a、また、粗玄米収量は日本晴の 569 kg/10 a に対し台農 67 号は 676 kg/10 a と大きかった。収量構成要素をみると、台農 67 号は日本晴に比べて、 m^2 当り穂数は少ないが 1 穂穎花数が多いので、 m^2 当り穎花数は日本晴の 32,900 に対して台農 67 号は 45,400 と著しく多く、登熟歩合は日本晴の 74.3% に対して台農 67 号は 59.8% と低かった。1985 年では、日本晴と台農 67 号の精玄米収量はそれぞれ 544, 589 kg/10 a、粗玄米収量はそれぞれ 603, 684 kg/10 a

で台農 67 号が大きく、また、収量構成要素の両品種の関係も 1986 年と変わらなかった。

このように台農 67 号は多収性で長稈穂重型の品種の特徴を備えていた。

両品種の乾物生産量が異なる要因を明らかにするため、生長解析を通じて乾物生産過程を検討した (第 3 図)。個体群生長速度 (CGR) をみると、日本晴に比べて台農 67 号は幼穂形成期以降収穫まで明らかに大きかった。平均葉面積指数 (\overline{LAI}) と純同化率 (NAR) に分けてみると、台農 67 号の \overline{LAI} は日本晴に比べ 7 月 29 日から 8 月 19 日の期間は小さかったが、出穂期頃はほぼ等しく、登熟期には明らかに大きく推移した。一方、NAR は幼穂形成期以降収穫期まで台農 67 号が高く推移した。以上の結果から、台農 67 号の CGR が大きいのは、出穂前は NAR が、出穂期以降は NAR と \overline{LAI} がともに大きいことによることが明らかとなった。

個体群構造、受光態勢、葉面積密度および個葉光合成速度 生長解析の結果から、台農 67 号の CGR が大きいのは主として NAR が大きい結果と考えられるので、台農 67 号の NAR が大きくなった要因について検討した。NAR は、個体群構造、吸光係数で表わされる受光態勢、個体群内の CO_2 拡散効率と関係する葉面積密度 (LAD) および葉群を構成している各葉身の光合成速度によって影響を受ける。そこで、まず、個体群構造、受光態勢およ

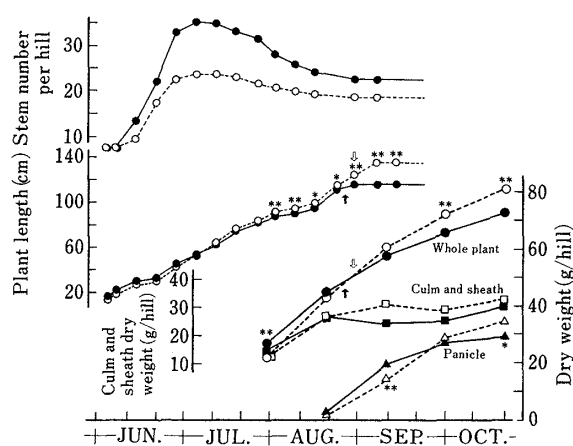


Fig. 1. Changes in stem number per hill, plant length and dry weight of culm and sheath, panicle and whole plant in Nipponbare (solid lines) and Tainung 67 (dashed lines). Solid and dashed arrows show heading dates of Nipponbare and Tainung 67, respectively.

***Significant at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

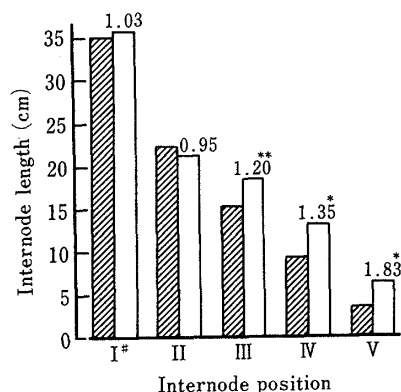


Fig. 2. Comparison of internode length between Nipponbare (oblique bars) and Tainung 67 (open bars). Values in figure indicate the relative value of internode length of Nipponbare to that of Tainung 67.

* I indicates the internode between panicle neck node and flag leaf node.

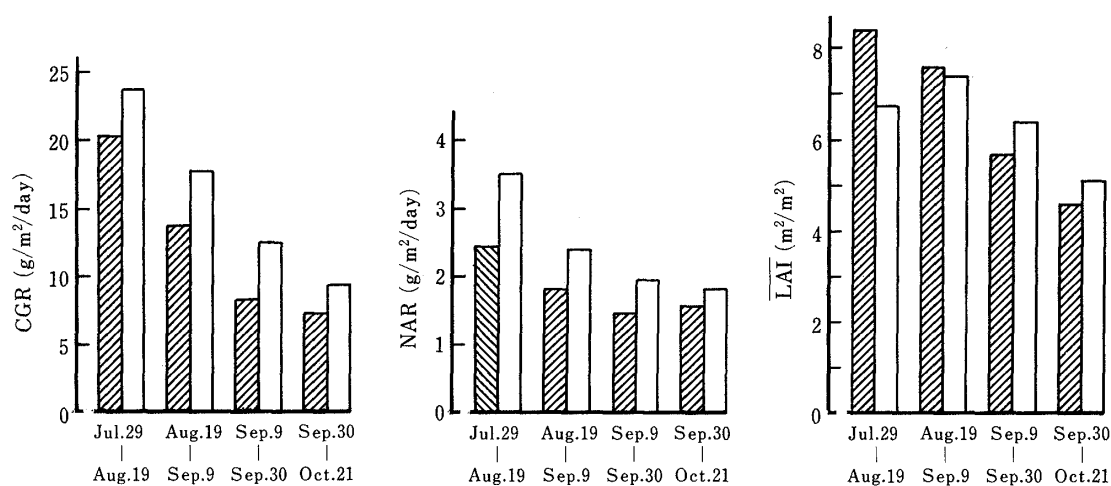


Fig. 3. Changes in crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR) and mean leaf area index (LAI) in Nipponbare (oblique bars) and Tainung 67 (open bars).

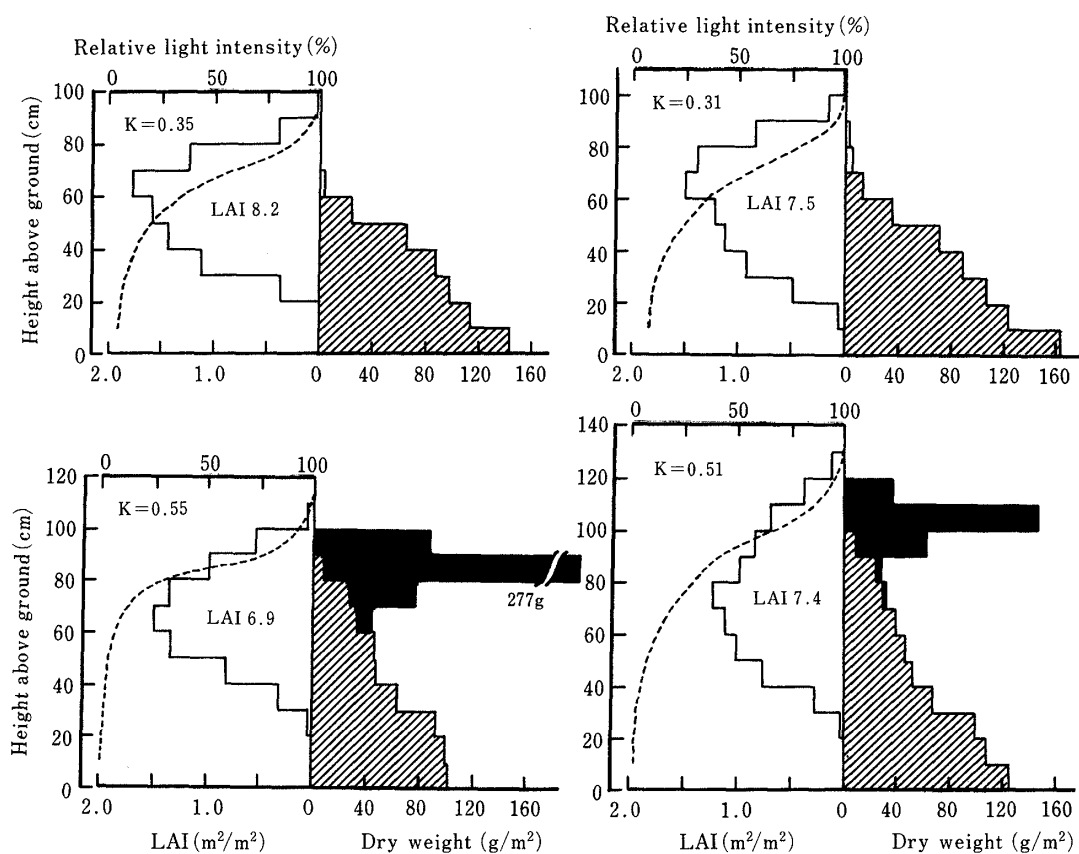


Fig. 4. Comparison of canopy structure in Nipponbare (left) and Tainung 67 (right) at the heading stage (upper) and the early ripening stage (lower). Black portions indicate panicle dry weight and oblique portions indicate culm and leaf sheath dry weight.

び LAD について検討した。

個体群構造についてみると、幼穂形成期には両品種でほとんど相違はなかったが、出穂期始めには台農 67 号は日本晴に比べて、草高が高くなり個体群のより高い層に葉身が多く分布する傾向がみられた。

登熟期になるとこの傾向は一層顕著となり、台農 67 号は 20~130 cm の広い範囲に葉身が分布していた (第 4 図)。LAI と LAD それぞれについて品種間で比較すると、幼穂形成期には LAI, LAD ともに日本晴で大きく、台農 67 号で小さかったが、登

Table 1. Comparison of leaf area index (LAI) and leaf area density (LAD) in whole canopy and canopy above 50 cm from the ground between Nipponbare and Tainung 67 at different growth stage.

	LAI or LAD	Variety or ratio	Panicle formation stage (July.29)	Heading stage (Aug.19)	Ripening stage	
					Early (Sept.9)	Middle (Sept.30)
Whole canopy	LAI (m^2/m^2)	Nipponbare	8.4	8.2	6.9	4.8
		Tainung 67	6.0	7.5	7.4	5.6
		% *	71.3	91.8	107.5	118.7
	LAD ($10^{-2}\text{cm}^2/\text{cm}^3$)	Nipponbare	9.3	8.2	5.7	4.0
		Tainung 67	6.6	6.9	5.3	4.0
		%	71.0	84.1	93.0	100.0
Canopy above 50 cm	LAI (m^2/m^2)	Nipponbare	3.1	5.2	5.7	3.5
		Tainung 67	2.1	5.0	6.3	3.8
		%	67.7	95.9	110.5	107.7
	LAD ($10^{-2}\text{cm}^2/\text{cm}^3$)	Nipponbare	7.7	10.5	8.2	5.0
		Tainung 67	5.2	8.4	7.0	4.2
		%	67.5	80.0	85.4	84.0

* Values show the percentage of Tainung 67 to Nipponbare (in the same as Table 2, Table 3).

熟前～中期には、日本晴に比べて LAI は台農 67 号で大きく、LAD は台農 67 号で小さいという関係になった。日本晴に対する台農 67 号の割合で比較すると、たとえば登熟前期では、全層における LAI は 107.5% と台農 67 号が大きいにもかかわらず、LAD は 93% と台農 67 号が小さくなった。また、個体群の光合成活動のかなりの部分を占める 50 cm 以上の層で、この両品種の相違はさらに大きくなり、LAI では 110.5%、LAD では 85.4% と台農 67 号は日本晴に比べて、LAI が大きいにもかかわらず

らず LAD がかなり小さいという性質をもっていた (第 1 表)。

さらに、吸光係数をみると、幼穂形成期には日本晴の 0.41 に対して台農 67 号が 0.45 でやや大きく、草高が高くなった出穂期以降は (第 4 図)、台農 67 号の吸光係数はやや小さくなったが、両品種の相違は小さかった。

葉身の傾斜角をみると、出穂期には全層および 80 cm 以上の層で両品種間に相違はなかったが、登熟期には全層において日本晴では 0～40° の割合が多いのに対し台農 67 号は 60～70° を中心に直立した葉身が多く、この傾向は上層の 80 cm 以上の層で非常に顕著であった (第 5 図)。したがって、台農 67 号は日本晴に比べて、個体群内への光の透過がやや良いと考えられた。

以上の結果、出穂期以前における両品種の相違は必ずしも明らかではないが注、出穂期以降、台農 67 号は日本晴に比べて、草高が高いことによって LAI が大きい割合に LAD は小さく、上位葉が直立した個体群構造を備えており、受光態勢はやや良いことが明らかとなった。なお、出穂期、登熟初期の両品種の各葉位の光合成速度には相違はなく、登熟中期には台農 67 号の光合成速度は日本晴に比べてやや高かった (第 2 表)。

葉面積密度と水蒸気および CO₂ の拡散効率との

注) 出穂期以前に、台農 67 号に比べて日本晴の CGR が小さかった要因は不明であるが、一つの要因として幼穂形成期の日本晴の LAI が 8 以上であり (第 3 図)、過繁茂が考えられる。

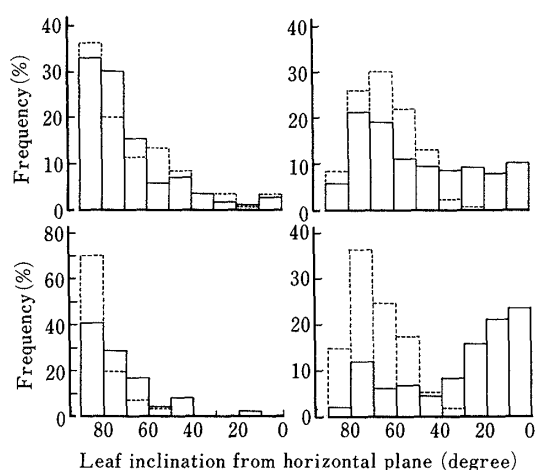


Fig. 5. Comparison of leaf inclination angle (degree) between Nipponbare (solid lines) and Tainung 67 (dashed lines) at the heading stage (left) and the early ripening stage (right).

Upper and lower figures show whole canopy and canopy above 80cm the ground, respectively.

Table 2. Comparison of the maximum photosynthetic rate ($\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$) in a day between Nipponbare and Tainung 67 at heading and ripening stages.

Leaf position	Variety or ratio	Heading stage (Aug.26)	Ripening stage	
			Early (Sept.4)	Middle (Sept.13)
16 th (flag leaf)	Nipponbare	23.4 ± 3.4	27.7 ± 1.9	22.6 ± 1.7
	Tainung 67	25.4 ± 3.3	26.4 ± 1.8	30.4 ± 2.9
	%	108.5	95.3	134.1
15 th	Nipponbare	23.3 ± 2.4	23.3 ± 1.8	18.7 ± 1.7
	Tainung 67	24.8 ± 2.0	24.6 ± 1.0	23.7 ± 2.6
	%	106.4	105.6	126.7
14 th	Nipponbare	21.7 ± 2.4	19.3 ± 2.9	14.9 ± 2.9
	Tainung 67	21.3 ± 2.0	20.2 ± 2.1	20.3 ± 3.3
	%	98.2	104.6	134.2

関係 両品種の草型、とくに LAD の違いが個体群からの水蒸気の拡散および個体群への CO_2 の拡散に影響を及ぼしているかどうかを検討するため、個体群内の蒸発量および CO_2 濃度を測定した。

登熟期における個体群内各層の蒸発速度の日変化をみると、個体群内各層の蒸発速度は個体群上層の蒸発速度とほぼ同様な日変化を示し、下層ほど小さくなった。両品種を比較すると、台農 67 号の個体

群からの蒸発速度は日本晴に比べて、各層とも 1 日を通じて高かった (第 6 図)。各生育時期における個体群内各層の 1 日積算蒸発量を比較すると、幼穂形成期の 70 cm 層では、台農 67 号は日本晴に比べて小さかったが、幼穂形成期の 40 cm 層および出穂期、登熟期のすべての層において、台農 67 号は日本晴に比べて大きかった (第 3 表)。このように、両品種間で個体群内の蒸発量に違いが認められたが、蒸発量に影響を及ぼす個体群内の湿度は葉からの蒸散によって変化し、とくに葉面積が大きく影響する。すでに述べたように、蒸発面までの積算 LAI は両品種で異っており、積算 LAI を考慮して比較する必要がある。そこで、個体群の吸光係数を求める方法⁹⁾に従って、個体群上層の積算蒸発量に対する個体群内各層の積算蒸発量の比である相対積算蒸発量を算出し、その対数と積算 LAI との関係

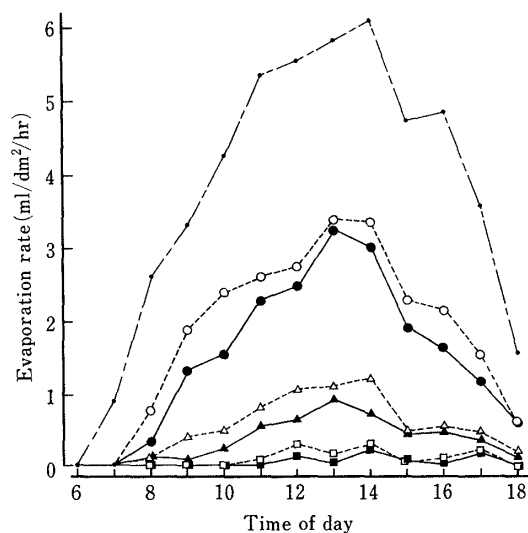


Fig. 6. Diurnal changes of evaporation rate from the wet filter paper inside and above the stands at the early ripening stage in Nipponbare (solid lines) and Tainung 67 (dashed lines).

Circles, triangles, squares and small circles indicate the layers in 90 cm (Nipponbare) or 100 cm (Tainung 67), 70 cm, 40 cm and 140 cm (above the stands) from the ground, respectively.

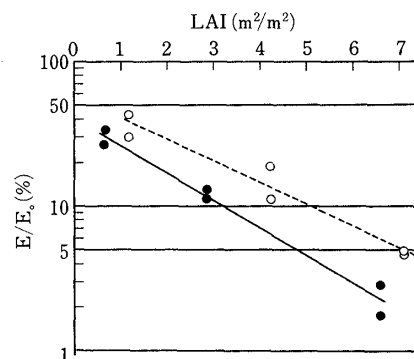


Fig. 7. Relation between leaf area index and relative value of daily cumulative evaporation inside the stands (E) to that above the stands (E_o) at the early ripening stage in Nipponbare (solid lines) and Tainung 67 (dashed lines).

Table 3. Comparison of daily amount of cumulative evaporation (ml/dm²) from the wet filter paper inside the stands between Nipponbare and Tainung 67 at different growth stages.

Position of filter paper	Variety or ratio	Panicle formation stage (Aug.10)	Heading stage (Aug.24)	Ripening stage	
				Early (Sept.4)	Middle (Sept.23)
90 cm*	Nipponbare	—	—	17.7	11.4
100	Tainung 67	—	—	22.7	13.9
	%	—	—	128.4	122.2
70	Nipponbare	22.4	11.2	6.9	6.1
	Tainung 67	18.5	12.7	9.9	6.8
	%	82.7	113.5	144.9	112.0
40	Nipponbare	8.7	5.6	0.9	3.8
	Tainung 67	13.3	9.1	2.6	6.0
	%	152.3	164.5	277.4	156.3

* Height above ground

を求めた。その結果、積算 LAI の増加に伴い、相対積算蒸発量の対数は直線的に減少し、積算 LAI と相対照度との関係と同様、両者は直線関係にあった。この関係を用いて比較すると、台農 67 号の相対積算蒸発量は積算 LAI が等しくても日本晴に比べて、明らかに大きいことがわかった (第 7 図)。

つぎに、大気中から個体群内部への CO₂ の拡散について検討した。登熟期における CO₂ 濃度の日変化をみると、CO₂ 濃度は日射量の大きい日中に低下するが、個体群内部の CO₂ 濃度は個体群上層

より常に低く、中層において最も低かった。両品種を比較すると、個体群内上層および中層とも日本晴より台農 67 号の CO₂ 濃度は、1 日を通じて高く推移した (第 8 図)。つぎに、個体群内の CO₂ 濃度が最も低くなる晴天日の日中に垂直分布を比較した。個体群上層との CO₂ 濃度差は、個体群内中層で最も大きく、風が弱い 9 月 7 日でかなり大きくなった。この CO₂ 濃度差は台農 67 号が日本晴に比べて小さかった。なお、両品種の相違は、風の強い日の方が大きい傾向があった (第 9 図)。両品種の個体群内における CO₂ 濃度差に相違が生じる要因として、葉面積および個体群を構成する個葉の光合成速

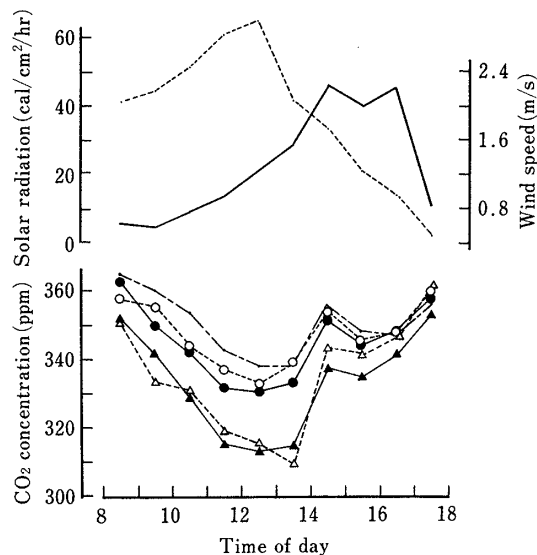


Fig. 8. Diurnal changes of solar radiation (dashed line), wind speed (solid line) and CO₂ concentration in Nipponbare (solid lines) and Tainung 67 (dashed lines).

Circles, triangles and small circles indicate the layers in 90 cm (Nipponbare) or 100 cm (Tainung 67), 70 cm and 200 cm (above the stands) from the ground, respectively.

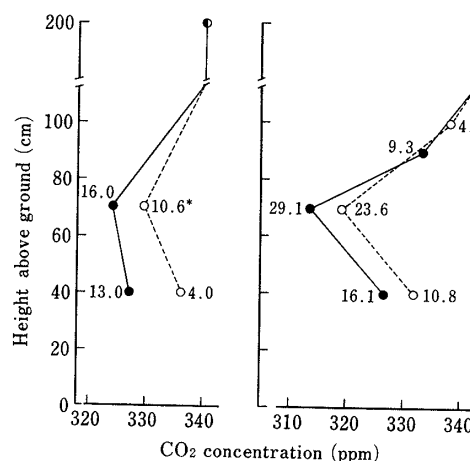


Fig. 9. Comparison of vertical distribution of CO₂ concentration inside the stands between Nipponbare (solid lines) and Tainung 67 (dashed lines) in the windy (left) and the calm days (right).

*Values in figure show the difference of CO₂ concentration between the layer inside the stands and that above the stands.

度の違いが関係していることが考えられる。すでに述べたように、LAI は常に台農 67 号が大きく、上位 3 葉の最大光合成速度は台農 67 号が日本晴に比べてほぼ同じか高かった (第 2 表)。

以上の結果、草高に相違が大きくなる出穂期以降、台農 67 号は日本晴に比べて、個体群内部から大気中への水蒸気が拡散しやすく、大気から個体群内部への CO_2 の供給が行われやすく、個体群内各層の CO_2 濃度を日中高く維持できる個体群構造を備えていることが明らかとなった。

考 察

本研究の結果、台農 67 号は日本晴に比べて乾物生産量と収量が大きく、多収品種であることが明らかとなった。多収をもたらす要因を追究した従来の研究結果^{4,5,6)}をみると、穂が大きく、 m^2 当り穎花数が多いという共通した特徴をもっているが、その他の生理生態形態的性質は品種によって著しく異っていた。すなわち、韓国の「統一」系統の多収品種である密陽 23 号は、吸光係数が小さく受光態勢が良いという性質⁴⁾が、また、わが国で育成されたアケノホシは、葉身の老化に伴う光合成速度の低下程度および日中の光合成速度の低下程度が小さいという性質^{5,6)}が、それぞれ多収の主な要因であった。台農 67 号は、受光態勢、個葉光合成速度に関連する性質にも日本晴との相違が認められたが、出穂期以降、草高が高く、これと関連して葉面積密度が小さいことに大きな特徴があり、この性質と乾物生産との生理生態的関係に着目して考察する必要がある。

まず、台農 67 号が日本晴に比べて出穂期以降草高が高くなるのは、日本晴の草丈の伸長が出穂期に停止するのに対して、台農 67 号は出穂期以降も伸長が続くことによっていた (第 1 図)。草丈の伸長が終った両品種の節間長を比較すると、上位 2 節間はほぼ等しく、下位 3 節間の長さの違いによって、台農 67 号の草丈が高くなっていた (第 2 図)。このことから、台農 67 号の上位 (第 I, II) 節間の伸長が日本晴に比べて遅くはじまり、出穂期以降も継続していたことが推察される。上位 2 節間が伸長中であるということは、穂と止葉と他の葉身あるいは根とは通導機能の小さい原生導管によって連絡していること²⁾を示しており、穂や止葉への養水分の供給が円滑でないと考えられる。従来の結果^{2,3)}も上位 2 節間の伸長中は、展開完了した止葉と穂への水

の供給が円滑に行われず、このことによって蒸散の盛んな晴天の日の日中、水ストレスで気孔が閉じ CO_2 の供給が制限され、止葉の光合成速度が低下することが示されている。また、出穂期あるいはその直後にフェーンに遭遇した場合、白穂が発生する⁸⁾が、出穂後も上位 2 節間が伸長を続けているということは、この障害を受ける可能性が大きいと考えられる。

さらに、台農 67 号の下位 3 節間が長く、しかも穂重が大きいということは、倒伏しやすい性質をもっていることになる。この問題は、稈基部の挫屈モーメントを大きくし、倒伏抵抗性を高めることにより改善することが可能であるが、そのために備えなければならない稈の物理的、生理的、形態的性質については今後検討しなければならない。

このように、出穂期以降、節間伸長が続き草丈が高くなることは品種としての欠点になるが、一方、草高が高いことによって葉面積密度が小さくなる。すなわち、個体群を構成する各葉身が占有しうる空間が広くなり、個体群内の水蒸気および CO_2 の拡散効率が大きくなることによって、生育、乾物生産に対して種々の影響を及ぼすことが考えられる。この点について実測した結果、台農 67 号が日本晴に比べて、葉面積が大きく蒸散量が大きいと考えられるにもかかわらず個体群内の蒸発量が大きく (第 6, 7 図, 第 3 表)、また、葉面積が大きく各葉位の個葉光合成速度が同じか高いにもかかわらず個体群上層と個体群内の CO_2 濃度差が小さいこと (第 8, 9 図) が認められた。内嶋ら¹⁴⁾は、シミュレーションによって個体群内と個体群上層との CO_2 濃度差は LAI および個葉光合成速度と比例するとしているが、本研究の結果では、LAI および個葉光合成速度が等しくても葉面積密度が小さければ個体群上層との CO_2 濃度差は小さく、個体群内への CO_2 の拡散は大きかった。

大気の CO_2 濃度は約 350 ppm と低く、個体群内の CO_2 濃度は日中さらに低下し、光だけでなく CO_2 濃度も個体群の光合成を制限する重要な要因であることが指摘されている¹³⁾。武田ら¹²⁾は、最近、長稈の旧品種と短稈の新品種を比較し、個体群生長速度と葉面積密度の間に負の相関関係があることを認めた。台農 67 号のように、草高が高いことによって葉面積密度が小さく、受光態勢がよいばかりでなく、 CO_2 の拡散効率が大きい性質を備えた長稈穂重型品種に注目し、今後の草型育種の有用な

形質として検討する必要がある。すなわち、近年の多収性水稻の草型改良は短稈化の方向で進んできたが、この主たる目的は長稈穂重型品種の欠点である倒伏を防止することにあつた。この結果、長稈穂重型品種がもつ物質生産上有利な性質は顧みられなくなったと考えられる。したがって、今後は長稈穂重型品種のもつ倒伏に関わる性質と物質生産に関わる性質とをはっきり区別し、倒伏の問題すなわち耐倒伏性品種の備えるべき性質について、稈の物理的、生理的、形態的性質の研究を通じて明らかにする必要があると考えられる。

引用文献

1. 後藤寛治 1987. 収獲指数の意義と限界. 育種学最近の進歩 第23集. 21—28.
2. 石原 邦・石田康幸・小倉忠治 1971. 異なった葉位の葉身における気孔開度およびその日変化の相違について. 日作紀 40: 505—512.
3. ———・平沢 正・飯田 修・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.
4. ———・滝川佳秀・斉藤邦行 1987. 水稻の光合成, 物質生産と草型. 育種学最近の進歩 第23集. 11—19.
5. 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.
6. ———・———・——— 1988. ———. 第2報 個葉光合成速度の相違とその要因. 日作紀 57: 139—145.
7. 黒田栄喜・玖村敦彦・村田吉男 1987. 圃場条件下における個葉の CO_2 交換速度およびその関連要因の同時測定装置について. 日作紀 56: 51—58.
8. 松尾孝嶺・坪井八十二・角田重三郎 1951. 台風による稲白穂の発生とその品種間差異 (第1報). 農業気象 6: 107—110.
9. Monsi, M. and T. Saeki 1953. Über die Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Jap. J. Bot. 14: 22—52.
10. 中川原捷洋 1988. 稲遺伝資源概論. 農業技術 43: 518—523.
11. 野口弥吉 1968. 育成品種の系譜表示に関する提案. 農及園 43: 3—10.
12. 武田友四郎・岡 三徳・梶 和一 1983. 暖地における水稻品種の物質生産に関する研究. 第1報 明治期以降の新旧品種の乾物生産特性. 日作紀 52: 299—306.
13. 内嶋善兵衛・宇田川武俊・堀江 武・小林勝次 1967. 作物群落内におけるエネルギーとガスの交換に関する研究 (1). トウモロコシ群落内の炭酸ガス環境—農業気象 23: 99—108.
14. ———・井上君夫 1970. ———(9). 一群落内の炭酸ガス環境のシミュレーション—農業気象 26: 5—18.