暖地における水稻品種の物質生産に関する研究

第3報 本邦暖地品種と韓国新品種の乾物生産特性の比較*

武田友四郎・岡 三 徳**・内村研一***・梶 和 一
(九州大学農学部)

昭和 58 年 1 月 17 日受理

前報¹⁾では暖地における新旧品種の乾物生産特性の検討を行った。長稈の品種は、多肥条件下、とくに窒素肥料多施下では倒伏を起しやすい。多収のためには稈を短くして倒伏を防ぐことが要請され、戦後の増収期を境として一斉に短稈化が進められた。新品種育成の過程における短稈化は、出穂前、とくに幼穂形成期間の乾物生産力を低下させること²⁾、このことはひいては出穂後穎花に転流される出穂前蓄積同化産物量の減少をもたらすことが考えられる³⁾。そして、この短稈化の傾向は寒地に比べて暖地において著しいことを明らかにした¹²⁾。また幼穂形成期間の乾物生産力の低下は多収のために必要な穎花数の増加を困難にする¹⁴⁾。したがって、短稈化にともなう幼穂形成期間における乾物生産力の低下は、多収実現のために克服されねばならない重要課題であると考えられる。そこで、最近多収性が注目されている韓国の「統一」系品種の乾物生産特性を検討すると同時に、暖地品種の乾物生産特性との比較検討を行うことによって、上記の諸点を明らかにしようと考えた。

「統一」系品種はその多収性により韓国における“緑の革命”として注目されている⁴⁾。これらの品種育成の特徴は、韓国でそれまで栽培されていた日本型品種に代わって日本型と印度型品種の遠縁交雑によって日印交雑品種の育成を試みたことにある^{4,5)}。草型の特徴は短稈でかつ極端な穂重型品種であり、単位土地面積当り多数の穎花を容易に確保できる点にあるといわれている⁵⁾。これまで、「統一」系品種については肥料反応性を中心とした研究が多く、その反応性の高いことが知られている^{4,12)}。

本報では、統一系品種の備えた多収性がどのような乾物生産特性によって支えられているかについて、とくにわが国の暖地品種と比較しながら生長解析および個体群生産構造の面から検討を試みた。

* 大要は第 162 回講演会 (昭和 54 年 4 月) において発表。

** 現在 農林水産省熱帯農業研究センター

*** 現在北九州市市役所

材料および方法

1. 供試品種および栽培方法

韓国の「統一」系品種の中から最近注目されている、密陽 23 号を選び供試した。これに対してわが国の暖地品種としては、密陽 23 号と出穂期の近い短稈穂数型のあそみのりを選んだ。

材料は 1978 年 5 月 24 日に播種し、6 月 24 日に 10a の実験水田 (福岡市東区) に、20 株/m² (25×20 cm), 1 株 3 本植えて移植した。肥料は複合化成肥料 (N:P:K=16:16:16) を用い、成分量にして基肥に 6 kg/10 a, 追肥 (3 回に分施) に 6 kg/10 a を施用した。また、移植前に土壌改良剤 (珪カル珪鉄) を 200 kg/10 a 施用した。試験区は 1 区 30 m² として反復は行わなかった。

2. 調査方法

試料採取は出穂前と出穂後にそれぞれ 3 回行った。乾物重、個体群の生産構造 (層別刈り取り、草冠内相対照度の測定) の調査、および個葉の光合成速度 (p₀) の測定は、前報¹⁾と同様の方法で行った。さらに生産構造の調査には草冠内の葉身傾斜角度および地上からの葉身の高さを測定し、葉身傾斜角度については 0~90° の範囲を 15° ごとに分けて葉面積の分布を測定した。両品種の場合、葉身傾斜角度は草冠内の最下位葉を除くとわん曲している葉身が少ないため、葉身中央部の傾斜角度で代表させた。

供試材料の生育は、1978 年の夏期が高温多照であったため平年に比べて旺盛となり、分けつ数、葉面積指数 (LAI) が増加した。

結果および考察

第 1 表に供試品種の稈長、草高、収量およびその構成要素を示した。密陽 23 号とあそみのりとの間には稈長の差異はない。これに対して草高は幼穂形成期、登熟期とも密陽 23 号で高く、とくに登熟期の値ではあそみのりとの差異が大きくなっている。このことから、密陽 23 号はあそみのりと同じ稈長であるにもか

第1表 稈長，草高，収量およびその構成要素.

品 種	稈 長 (cm)	草 高 (cm)		穂 数 (本/m ²)	1穂穎 花数	穎花数 ($\times 10^2$ /m ²)	収 量 (kg/10a)
		幼穂形成期	登 熟 期				
密陽 23 号	81.0	85	100	345.2	126.4	436.3	692.9
あそみのり	81.7	80	85	475.6	74.7	354.3	627.9

第2表 暖地旧品種と密陽 23 号の稈長および草高.

品 種	稈 長 (cm)	草 高 (cm)	
		幼穂形成期	登熟期
密陽 23 号	81.0	85	100
農林 18 号	98.0	95	105

かわらず草高の高い生産態勢を備えていることがわかる。密陽 23 号のこうした生産態勢は、前報¹¹⁾でみたように葉面積密度を小さくすることで乾物生産に対して有利であることが推察される。ちなみに、暖地の古い品種（農林 18 号）と密陽 23 号との稈長および草高を比較したのが、第2表である。両品種の稈長には 17 cm の差異がある。これに対して、草高の差異は稈長の差異に比べて小さく、とくに登熟期ではその差異がわずか 5 cm に縮まっている。このように密陽 23 号は、長稈の古い品種と比較しても登熟期にそれほど劣らない草高を備えていることは注目される。

また第1表に示したように、単位土地面積当り穂数はあそみのりが多いが、単位土地面積当り穎花数は1穂穎花数の多い密陽 23 号で著しく多くなっている。収量もあそみのりに比べて高い。

そこで、密陽 23 号で収量の高い原因が子実生産の基礎となる乾物生産特性とどのように関係しているかについて検討した。最初に、乾物重の生育にともなう

図中の数字は出穂後日数を示す.

第1図 乾物重の変化.

図中の数字は出穂後日数を示す.

第2図 LAI の変化.

変化について示したのが第1図である。生育初期ではあそみのりと密陽 23 号との間には大きな差異はないが、幼穂形成期以後、とくに登熟期間では密陽 23 号が高く推移していることが認められる。第2図に生育にともなう LAI の変化について示した。両品種の LAI は登熟中期まではほぼ同様の変化を示しているが、登熟後期では密陽 23 号で LAI の低下が大きくなっている。このことが、あそみのりに比べて密陽 23 号の登熟期間が短いことと関係しているものと考えられる。

次に、第1図、第2図に示した乾物重および LAI の変化と併せて個体群生長速度 (CGR) および純同化率 (NAR) の変化を比較したのが第3図である。生育初期は概して LAI が乾物生産に対して支配的要因となるため⁹⁾、LAI の高いあそみのりで CGR が高い傾向にある。全生育過程で CGR が最も高くなる幼穂形成期から出穂期にかけての値は、あそみのりに比較して密陽 23 号で高く、同時期の NAR も高い値を示している。とくに密陽 23 号では、第2図に示したように幼穂形成期間の LAI が高く、同時に NAR が高いことは注目される点である。このように Sink としての穎花の生産およびそこに詰め込まれる同化産物の生産に対して重要な幼穂形成期から出穂後 30 日までの CGR を高く維持している密陽 23 号は、あそみのりに比較して子実生産過程をかなり有利に展開している

矢印は出穂期を示す。(0-30)は出穂後30日間についての値を示す。

第3図 CGR および NAR の変化。

第4図 幼穂形成期の個体群の生産構造。

$$I/I_0 = e^{-k \cdot \text{LAI}} \quad k: \text{消散係数}$$

第5図 積算 LAI と相対照度 (I/I_0) との関係。

と考えられる。

以上のような密陽 23 号とあそみのりとの乾物生産の違いについて生産構造および受光の面から検討した。まず、幼穂形成期の生産構造について比較したが、第4図である。草高は密陽 23 号があそみのりに比べて高いが、両品種とも LAI が大きいために、とりわけこの期間の CGR の高い密陽 23 号とあそみのりとの間には葉面積密度に大きな差異がみられない。しかしながら、両品種の登熟前半期の LAI には第2図にみられるように大きな差異はないが登熟期では第1表に示したように両品種間で草高の差異がさらに大きくなっており、このため出穂後15日における葉面積密度を比較すると、密陽 23 号では $0.055 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ 、あそみのりでは $0.066 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ となり、値の低い密陽 23 号があそみのりに比べて乾物生産上有利であることが推察される⁸⁾。また図中に示した草冠内の相対照

度 (I/I_0) の低下は、あそみのりに比べて密陽 23 号が明らかに小さいことが認められる。

生産構造を示した第4図をもとに、LAI と相対照度との関係を求めたのが第5図である。この図から、密陽 23 号ではあそみのりに比較して同じ積算 LAI の下での相対照度が高く、草冠内への光透過の度合を示す消散係数 (k) が小さくなっているのが認められる。

このことから、 k に対して支配的要因である葉身の傾斜角度¹⁾について比較を試みた(第3表)。表には葉身の傾斜角度ごとに分布する葉面積の割合を示した。この値は、個体群内に分布する各葉身について水平面からの傾斜角度を測定し、 $0 \sim 90^\circ$ までを 15° ごとの6段階に分け、各段階に分布する葉面積を全葉面積で除して求めたものである。密陽 23 号はあそみのりに比べて大きい傾斜角度を備えた葉身の面積割合が高

第3表 葉身の傾斜角度ごとの面積割合.

品 種	葉身の傾斜角度			
	30~45°	45~60°	60~75°	75~90°
密陽 23 号	—	0.009	0.157	0.834
あそみのり	0.025	0.109	0.458	0.407

図中の縦線は LSD 5% の幅を示す。

第6図 地上からの葉耳の高さと葉身の傾斜角度との関係.

く、とくに75~90°に分布する割合が80%以上存在することが注目される。水稻を含むイネ科作物では、一般に LAI の増大にともなって傾斜角度が大きくなることが知られている^{2,3)}。ここで比較を行った密陽23号とあそみのりの両品種では、第2図に示したように幼穂形成期の LAI が7以上の高い値を示している。したがって、密陽23号はあそみのりに比べて傾斜角度の大きい葉身で個体群を構成する特性を備えていることがわかる。

個体群を構成する全葉身について傾斜角度ごとに葉面積の分布割合を第3表で検討したが、第6図では葉身の地上からの高さごとに整理して平均傾斜角度の比較を行った。密陽23号はあそみのりに比べて地上からの各高さにおける葉身の傾斜角度が50~70cmの層を除くとその他の層では有意に大きくなっている。とくに上位葉の分布する最上葉層で傾斜角度が大きいたことが注目される。

第3表、第6図の結果から、密陽23号はあそみのりに比較して大きい傾斜角度を備えた葉身の面積割合が高いだけでなく、上位葉ほど直立した葉身を備えていることが認められた。このように密陽23号が上位葉ほど直立した葉身を備えていることは、一方では稈長の割に草高の高いことと関係しているが、あそみのりに比べ極めていい受光態勢を備えていること

を示すものである。したがって、密陽23号の生産構造は個体群上に投下された太陽放射をより効率的に光合成に利用することを可能にしているものと考えられる⁶⁾。

ところで、個体群の乾物生産を支配すると考えられる個葉の光合成速度 (p_0) についてであるが、幼穂形成期の p_0 は、密陽23号で $24.2 \text{ CO}_2 \text{ mg/dm}^2\text{h}$ 、あそみのりで $25.7 \text{ CO}_2 \text{ mg/dm}^2\text{h}$ と両品種間に大きな差異は認められなかった。趙ら^{7,8)}は、韓国稲の p_0 と乾物生産との関係とくに施用窒素量と p_0 の増大率について研究し、韓国稲は日本稲やインド型稲と異なることを示している。 p_0 については韓国稲が後2者よりややまさをことを指摘している。この点は著者らと見解を異にする。しかし趙らと著者らは測定の時節もちがうが、測定法が全くちがう点が注目される。今後比較検討の要がある。

以上のことから、密陽23号の乾物生産の特徴は、全生育期間を通じて極大の CGR を示す幼穂形成期間とそれに続く出穂後30日間の CGR があそみのりに比べて高いこと、しかもそれが個葉の光合成速度の差によってもたらされるものではなく主に草型の違いによるものであると考えられる。このことが、密陽23号ではあそみのりに比べて Sink としての穎花数の生産およびその内容物（玄米重）の増加を計る上で有利に働いているものと考えられる^{7,12)}。しかしながら、密陽23号はあそみのりに比べて明らかに登熟期間が短く、この点から穎花数の多い密陽23号は穂重の増加をさらに促進するために、LAI の維持と併せて登熟期間の延長について検討する必要があると考えられる。

また、本報で注目されることは幼穂形成期間の CGR が密陽23号があそみのりに比べて高いことである。この時期において前者は後者に比べて草高は高いが、LAI も大きいために両品種間の葉面積密度には大きな差異がない。このため、密陽23号とあそみのりの CGR の違いを前報¹¹⁾と同様に葉面積密度で説明することはできない。しかしながら、密陽23号で草高の高いことは、LAI を高くしても過度に葉面積密度を高くしない点で注目される。この場合、草高の高い態勢は乾物生産に対して直接および間接的に有利に働いていることが推察される。

したがって、今後における暖地品種の乾物生産力増強のための受光態勢面での改善は、倒伏しない程度に短稈でしかも同時に草高の高い態勢を備えることが必要であろうと考えられる。

摘 要

暖地における新旧品種の乾物生産特性の検討を行った結果、新旧品種育成の過程における短稈化が草高の低下をともなったために出穂前、とくに幼穂形成期間の乾物生産力が低下していることを明らかにした。したがって、短稈化にともなう乾物生産力の低下は、多収実現のために克服されねばならない課題であると考えられる。そこで、最近多収性が注目されている韓国の「統一」系品種（密陽 23 号）の乾物生産特性を検討すると同時に、暖地品種（あそみのり）との比較検討を行った。

1. 密陽 23 号とあそみのりとの間には稈長の差異はなかった。これに対して草高は幼穂形成期、登熟期とも密陽 23 号で高く、とくに登熟期の値ではあそみのりとの差異が大きくなっていた。また、密陽 23 号では長稈の古い品種（農林 18 号）と比較しても草高がそれほど劣っていないことが注目された。

2. 乾物重の増加は、幼穂形成期以後、とくに登熟期で密陽 23 号があそみのりに比べて大きかった。LAI は両品種ともほぼ同様の变化を示したが、密陽 23 号が登熟後期に LAI の低下が大きかった。密陽 23 号は幼穂形成期以後の CGR, NAR ともあそみのりと比べて高かった。

3. 幼穂形成期の生産構造の比較では、密陽 23 号の草高があそみのりのそれに比べて高いが両品種の LAI が異なるために葉面積密度に差異がなかった。また、草冠内の相対照度の低下は密陽 23 号で小さく、そして草冠内への光透過率を示す消散係数 (k) も密陽 23 号で小さかった。

4. 葉身傾斜角度の比較の結果、密陽 23 号では傾斜角度の大きい葉身の面積割合が高かった。そして、密陽 23 号は上位葉ほど直立した葉身を備えていた。こうした密陽 23 号の態勢が、受光の改善と稈長の割に草高の高いこととに関係していた。

5. 以上から、密陽 23 号の乾物生産の特徴は幼穂形成期から出穂後 30 日にかけての CGR がとくにあそみのりに比べて高いことであった。この CGR の違いを幼穂形成期では葉面積密度の差として説明できなかったが、草高の高い密陽 23 号では LAI が高くても葉面積密度が過度に高くない点で注目された。したがって、今後暖地品種の乾物生産力を高めるには、受光面での改善と併せて短稈で草高の高い態勢を備えることが必要であろうと考えられた。

引 要 文 献

1. 林 健一 1972. 水稻品種の日射エネルギー利用率に関する研究. 農技研報告 **D23**: 1—68.
2. 広田 修・秋山 侃・武田友四郎・松井 健・相賀一郎 1974. トウモロコシ個体群における吸光係数 k の構成要素としての単葉の光透過率と草型の検討. 日作紀 **43**: 283—288.
3. 伊藤綾子・宇田川武俊・内島善兵衛 1973. 作物群落の計量植物学的研究. 第 2 報 品種, 生育段階による水稻の群落構造の変化. 日作紀 **42**: 334—342.
4. 金 寅煥 1979. 韓国の緑色革命—稲新品種の開発と普及. 片山 平訳. 全日本農業普及協会, 東京. 1—204.
5. 櫛淵欽也 1976. 韓国稲育種 (第 3 報). 育雑 **26**: 62—66.
6. KUROIWA, S. 1970. Total photosynthesis of a foliage in relation to inclination of leaves. In Production and Measurement of Photosynthetic Productivity. Pudoc, Wageningen. 103—104.
7. 趙 東三・村田吉男 1980. 水稻の光合成と乾物生産に関する研究. 第 1 報 窒素追肥による光合成能力変化の品種間差異. 日作紀 **49**: 88—94.
8. ———・松中誠一・村田吉男 1981. ———. 第 2 報 窒素追肥による葉内窒素成分の変化と光合成能力との関係における品種間差異. 日作紀 **49**: 608—613.
9. 武田友四郎 1960. 光合成と子実生産. 松尾孝嶺編, 稲の形態と機能. 農業技術協会, 東京. 131—178.
10. ———・広田 修・岡 三徳 1979. 水稻個体群の草高の違いが群落光合成に及ぼす影響. 数値実験. 日作紀 **48** (別 2): 101—102.
11. ———・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.
12. ———・——— 1984. 暖地における水稻品種の物質生産に関する研究. 第 2 報 明治期以降の新旧品種の子実生産特性. 日作紀 **53**: 12—21.
13. VELK, P.L.G. and L.J. YOUNGDAHL 1979. An analysis of nutrition on yield and yield components for the improvement of rice fertilization in Korea. Agron. Jour. **71**: 829—833.
14. 和田源七・松島省三・松崎昭夫 1968. 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第 87 報 出穂期までの乾物生産におよぼす窒素の影響ならびに乾物生産と単位面積あたり穎花数の成立内容との関係. 日作紀 **37**: 557—564.

Characteristics of Dry Matter and Grain Production of Rice Cultivars in the Warmer Part of Japan

III. Comparison between dry matter production of Japanese and new Korean cultivars

Tomoshiro TAKEDA, Mitsunori OKA*, Ken-ichi UCHIMURA** and Waichi AGATA
(Faculty of Agriculture, Kyushu University, Hakozaki, Fukuoka 812)

Summary

In general, the new types of cultivars have a shorter culm and more ears than the old types. In a previous paper, it was demonstrated that the new types produced less dry matter before heading due to their short stature.

In this paper, we compared the dry matter production of one of the new types of cultivars (Asominori) growing in the warmer part of Japan with that of the improved japonica-indica hybrid cultivar Milyang 23, which was released in Korea in 1975 and is well known for its high yielding capacity.

There was no difference in culm length between Asominori and Milyang 23 but Milyang 23 was taller than Asominori in all stages of growth (Table 1).

Milyang 23 produced more dry matter than Asominori during the period of growth from ear initiation to harvest (Fig. 1). Leaf area index (LAI) of both cultivars changed similarly in all stages except in the later ripening stage, and crop growth rate (CGR) and net assimilation rate (NAR) were higher in Milyang 23 during the growth period from ear initiation to harvest (Fig. 2 and 3).

The values for the leaf area density were identical in both cultivars during the ear initiation stage, because Milyang 23 had a slightly higher LAI than Asominori (Fig. 4), but after heading, Milyang 23 had a lower leaf area density. Milyang 23 showed higher value in relative light intensity (I/I_0) in the canopy, resulting in a lower extinction coefficient (k) since the canopy of Milyang 23 consisted of erect leaves as compared to that of Asominori, and Milyang 23 had a higher angle of inclination with the upper leaves (Fig. 4, 5 and 6, Table 3). There was no significant difference in the photosynthetic rates (p_0) of the cultivars during the ear initiation stage.

* Present address: Tropical Agriculture Research Center, Yatabe, Tsukuba, Ibaraki 305.

** Present address: Municipal Office of Kita-Kyushu, Kokura, Kita-Kyushu, Fukuoka 803.