

秈稻穀粒大小與產量構成要素及白堊質之相關¹

林再發²

摘 要

本研究選取不同穀粒大小之12個秈稻品種(系)為試驗材料，以探討穀粒大小與產量構成要素及米質之關係。經產量變方分析結果，穀粒大小與產量相關不顯著，即穀粒千粒重在29 g到30 g未能比一般秈稻品種(系)增加產量。此係由於大粒種品系之穗數或一穗粒數或稔實率等之產量構成因素減少所致，由產量與產量構成要素之路徑分析結果僅以稔實率對產量影響達到顯著水準。第一期作各性狀之相關係數中以穀粒粒寬與糙米率及白米率呈顯著正相關，但千粒重與完整米率呈顯著負相關，粒寬、粒厚及千粒重與腹白等級呈極顯著負相關。

關鍵字：秈稻、穀粒、產量構成要素、白堊質。

前 言

稻穀產量由單位面積穗數、一穗粒數、稔實率及穀粒大小而決定⁽¹⁶⁾。謝⁽¹⁰⁾指出除穗數在水稻生育早期形成外，其餘三者均在幼穗完成後形成，因此從水稻生育過程觀之，在最高分蘗期其收量受單位面積穗數的支配；自最高分蘗期至抽穗前，則主要受一穗粒數的支配；抽穗後受結實百分率和千粒重的支配⁽²⁾；而穀粒之大小受穎花大小的限制，此種穎花大小係決定於幼穗分化期。由於水稻小穗分化能力的高低是決定貯存能力及產量的主要因素，在幼穗分化期若能有充足的日照及配合氮肥施用，則其花序上的小穗數及穎花大小能顯著增加⁽¹⁷⁾。Matsushima⁽¹⁶⁾認為粒重之決定日期有二，其一在抽穗前穎花生長最盛之減數分裂期，另一在抽穗後成熟作用之糊熟期，前者決定穀粒之大小，而後者決定糙米之大小。魏⁽¹⁹⁾以台南5號與台中秈5號為試驗材料，發現台中地區一期作水稻成熟時，莖稈所剩下非構性碳水化合物量最高可達全株總量之20%，由於台南5號及台中秈5號之一穗粒數不多及千粒重在25 g以下，因而認為積儲容積(sink capacity)是限制該期作產量的主要因子，如能增大穗部容積，產量可能大幅度提高。台中區農業改良場於民國68年育出台中秈10號，該品種一穗粒數及千粒重分別比台中秈5號增加20%及5.8%，稻穀產量增21%^(4,5)，筆者認為如欲育成較台中秈10號高產之品種，除應增強白葉枯病之抗性外，穀粒仍需再予增大使其千粒重提高到28~30 g左右。但穀粒大小與產量具有密切關係外，提高單位面積產量可經由育種方法增大積儲容積，使千粒重增加，因穀粒大小除直接與產量呈正相關外，尚與收穫指數呈正相關^(1,3,8,11)。且國內外研究^(9,11,12,13,14,15,20)亦顯示大粒型之穀粒充實率、澱粉累積效率、積儲供源比及穗部主要成分之絕對轉流量等生理特性均較小粒型稻穀為優。本試驗之主要目的在探討秈稻品系穀粒大小對產量構成要素及米質之關係，以作為將來秈稻育種之參考。

¹ 台中區農業改良場研究報告第 0374 號。

² 台中區農業改良場副研究員。

材料與方法

選擇本場所育成新秈稻品系11種及對照品種台中秈10號，共計12品種(系)，採逢機完全區集設計，行株距30×15 cm，3~4本植，每品種(系)種5行，每行20株，四重複。水稻成熟時收割，曬乾到稻穀含水量約13%，稱其重量，並取樣十叢調查其產量構成要素，每品種(系)取樣調查稻穀之粒長、粒寬、粒厚各20粒及千粒重。取樣125 g稻穀，採用去殼機(Satake Rice Machine)去除外殼(以1900 rpm轉速碾除外殼)所得之糙米，稱重並記錄，換算成糙米率。其後再將糙米置於碾白米機中(McGill No. 2 Rice Miller)碾磨一分鐘，稱重並記錄，換算成白米率(Total miller rice)，最後使用完整米率篩選機(Rice sizing device)將3/4之破碎米分開，稱重並記錄之，即為完整米率(head rice)，並調查米粒外貌之鑑定，如透明度，腹白及心白等，並分析各性狀之相關係數。

稻穀產量及四個產量構成要素之五個性狀間的外表型相關係數(Phenotypic correlation co-efficients)係由小區平均值估算而來。為估算各種產量構成要素對產量影響之相對重要性則利用路徑係數分析法(Path coefficient analysis)分析，並以標準化的迴歸分析(standardized regression analysis)與之比較，並測定其顯著性。

結 果

品種(系)間產量構成要素及產量之變異

在第一期作產量經變方分析結果，十二個品種(系)間產量差異不顯著，而千粒重則可看出品系間有顯著差異，其中以台秈育3362、3365、3415及3773號等四品系之千粒重在29 g到30 g之間為較大粒的品系。至於穗數、一穗粒數及充實粒數在品系間也有明顯差異。但品系間之大小程度，且因性狀不同而有差異，但並無相同趨勢。

表一、第一期作秈稻品種(系)產量構成要素及產量之平均值

Table 1. The means of yield components and yield of some lines (variety) in first crop (1994)

Variety/lines	Panicle number	Grains per panicle	filled grains	1000-grain weight	Grain yield
			%	g	kg/ha
Taichung Sen 10	13.8a ¹	159ab	87.0b	25.67e	6,368a
Tai Sen yu 3060	14.0a	152ab	77.0cd	25.49e	6,450a
Tai Sen yu 3362	11.8b	170a	73.0de	29.70b	6,342a
Tai Sen yu 3365	10.0b	160ab	77.0cd	30.60a	6,321a
Tai Sen yu 3367	12.1ab	168a	70.0e	28.10c	6,320a
Tai Sen yu 3374	12.3ab	155ab	80.0c	27.02d	6,342a
Tai Sen yu 3415	13.0ab	120cd	90.0a	29.14b	6,555a
Tai Sen yu 3773	13.8a	131c	80.0c	30.70a	6,377a
Tai Sen yu 3904	15.2a	156ab	87.0b	25.74e	6,444a
Tai Sen yu 3905	13.3ab	159ab	86.0b	28.96b	6,555a
Tai Sen yu 3955	11.7b	151b	81.0c	28.96b	6,555a
Tai Sen yu 3956	11.9b	158ab	86.0b	26.16e	6,466a

¹ Values within the columns followed by the same letter are not significantly different at 5% level.

第二期作之結果也如表二所示。在產量雖然可以看出台秈育3365及3773號兩個品系較高，但其他10個品系間也不呈顯著差異。至於穗數、一穗粒數及充實粒數及千粒重也如第一期作品系間有顯著差異，但品系間之大小，也因性狀之不同，其大小並無相同趨勢。

表二、第二期作品種(系)之產量構成要素及產量之平均值

Table 2. The yield components and yield of some lines (variety) in second crop (1994)

Variety/lines	Panicle number	Grains per panicle	filled grains	1000-grain weight	Grain yield
			%	g	kg/ha
Taichung Sen 10	13.3cd ¹	132.4ab	83.3b	23.6d	5,214c
Tai Sen yu 3060	14.3bc	117.7cd	79.9c	23.6d	5,678bc
Tai Sen yu 3362	14.4bc	129.8abc	73.7de	25.5ab	5,354c
Tai Sen yu 3365	14.3bc	120.6bcd	72.5de	26.1a	5,950ab
Tai Sen yu 3367	14.2bc	115.5d	71.6e	25.5ab	5,311c
Tai Sen yu 3374	15.0b	134.4a	75.6d	23.6d	5,414c
Tai Sen yu 3415	14.7b	99.6e	88.6a	23.8d	5,637bc
Tai Sen yu 3773	16.6a	117.5cd	81.5bc	23.7d	6,194a
Tai Sen yu 3904	12.4d	115.0d	79.6c	25.1bc	5,234c
Tai Sen yu 3905	15.0b	119.3bcd	88.4a	25.0bc	5,227c
Tai Sen yu 3955	14.9b	126.5abcd	87.7a	24.7c	5,227c
Tai Sen yu 3956	15.1b	118.2cd	84.1b	24.7c	5,287c

¹ See Table 1.

產量構成要素與穀產量之相關

由表三之性狀間相關結果，可以看出產量在第二期作與穗數及在一期作與稔實粒呈顯著正相關外，其他性狀均與產量不呈顯著相關關係。因此可知未能以千粒重增加而增加產量，是由於該等大粒種品系雖千粒重增加，但穗數或一穗粒數等之三個產量構成要素中之一個或二個或稔實率相對減少之故。

表三、產量構成要素與產量之相關係數

Table 3. The correlations between yield and yield components

Traits	Planting season	Grains per panicle	% of filled grains	1000-grain weight	Grain yield
Panicle number	I	-0.1154	0.4014	-0.6723*	0.3130
	II	-0.0450	0.1980	-0.2550	0.5300*
Grain per panicle	I		-0.6255*	-0.4734	-0.4043
	II		-0.3240	-0.0260	-0.2930
% of filled grains	I			0.0759	0.6815*
	II			-0.4290	-0.1970
1000-grain weight	I				0.2124
	II				-0.1470

*: Significant at 5% level.

依筆者以往研究指出，在秈稻與單位面積產量相關較密切之因子為一穗粒數及單位面積穗數，第二期作該兩因子對產量之影響尤較一期作明顯⁽⁷⁾。路徑分析其實為一標準化的迴歸分析，因此有關路徑係數的顯著性測驗即為迴歸係數的顯著性測驗，由產量與產量構

成要素之路徑分析結果第一期作以稔實率對產量影響達到顯著水準，第二期作與單位面積產量相關較密切之因子為穗數，由產量與產量構成要素之路徑分析結果則以穗數對產量影響達到顯著水準(表三、四)。

表四、產量構成要素影響產量之路徑係數及標準化迴歸係數

Table 4. Path coefficient and standardized regression coefficient among yield components and yield

Traits	Planting season	Path coefficients	Partial regression coefficients (SD)
Panicle number vs yield	I	0.6775	0.5101
	II	0.5559	0.6364*
Grain per panicle vs yield	I	0.4759	0.4217
	II	-0.4591	-0.5494
% of filled grains vs yield	I	0.6432	0.6014*
	II	-0.5685	-0.5910
1000-grains weight vs yield	I	0.8444	0.5656
	II	-0.2615	-0.3312

* : Significant at 5% levels of probability.

品種(系)之穀粒性狀與米粒之物理性及其相關

在供試品種(系)之完整米率於第二期作比第一期作高，但第二期作之糙米率及腹白等級比第一期作低(表五、表六)。由本研究第一期作秈稻穀粒粒寬與糙米率及白米率呈顯著正相關，但千粒重與完整米率呈顯著負相關，粒寬、粒厚及千粒重與腹白級數呈極顯著負相關(表七)，第二期作粒長與粒寬及糙米率呈極顯著性負相關，與白米率呈顯著負相關，與腹白級數呈顯著性正相關，粒厚與千粒重呈顯著性正相關，粒厚與糙米率呈顯著正相關，糙米率與白米率呈極顯著正相關，糙米率與腹白級數呈極顯著負相關，白米率與腹白級數呈極顯著負相關。由表五可知，大粒種台秈育3362、3365、3415、3773號有腹白，級數較高，完整米率較低之趨勢，此與Seok⁽¹⁸⁾等人之試驗結果有相同之處。以往研究顯示粒寬與腹白米粒率呈極顯

表五、第一期作品種(系)之穀粒性狀及穀粒之物理性

Table 5. Grain characteristics and physical quality of variety/lines in first crop (1994)

Variety/lines	Grain length	Grain width	Grain thickness	Brown rice	Total milled rice	Head rice	White belly
	m.m	m.m	m.m	%	%	%	
Taichung Sen 10	9.33bc ¹	2.86e	2.05e	78.0	70.5	61.4	0
Tai Sen yu 3362	9.17ef	3.21c	2.15c	78.5	70.6	56.7	2
Tai Sen yu 3365	9.22de	3.30b	2.19b	78.9	71.0	56.7	3
Tai Sen yu 3367	9.26cde	3.22c	2.10d	78.1	69.6	56.1	2
Tai Sen yu 3374	9.42ab	2.91de	2.05e	78.2	70.6	61.4	0
Tai Sen yu 3415	9.49a	2.97d	2.14c	79.9	71.8	58.5	1
Tai Sen yu 3773	9.26cde	3.21c	2.19b	78.6	71.6	40.8	2
Tai Sen yu 3904	9.21de	2.88e	2.13d	78.8	71.5	46.6	1
Tai Sen yu 3905	9.22de	2.86e	2.10d	79.0	71.4	55.8	1
Tai Sen yu 3955	8.49g	3.15c	2.26a	79.3	72.6	65.4	2
Tai Sen yu 3956	8.48g	3.16c	2.27a	79.4	72.6	56.2	2

¹ See Table 1.

著正相關，秈稻品種粒寬超過3.1厘米以上，其腹白米粒率均達25%以上，並呈極顯著的正相關⁽⁶⁾。

表六、第二期作品種(系)之穀粒性狀、碾米品質及腹白

Table 6. Grain characteristics and physical quality of variety/lines in second crop (1994)

Variety/lines	Grain length	Grain width	Grain thickness	Brown rice	Total milled rice	Head rice	White belly
	m.m	m.m	m.m	%	%	%	
Taichung Sen 10	8.80cd ¹	3.02abc	2.10ab	77.60	71.52	65.60	0
Tai Sen yu 3060	9.29a	2.69d	2.13ab	77.92	71.12	67.36	0
Tai Sen yu 3362	8.76cd	3.21ab	2.08ab	77.84	71.28	66.00	0
Tai Sen yu 3365	8.83bcd	3.23a	2.11ab	78.00	71.52	64.96	0
Tai Sen yu 3367	8.98abcd	3.04abc	2.05b	77.20	70.72	66.40	0
Tai Sen yu 3374	9.26ab	2.83ab	1.70c	77.68	70.64	66.56	0
Tai Sen yu 3415	8.90abcd	3.06abc	2.02b	78.64	72.24	60.72	0
Tai Sen yu 3773	8.73cd	2.95bc	1.96b	78.32	72.08	57.52	0
Tai Sen yu 3904	8.59d	3.09abc	2.11ab	78.88	72.88	70.32	1
Tai Sen yu 3905	9.12abc	3.02abc	2.07b	78.24	71.68	68.16	0
Tai Sen yu 3955	8.61d	3.08abc	2.17ab	78.96	72.72	67.60	1
Tai Sen yu 3956	8.55d	3.27a	2.30a	79.04	72.96	68.40	1

¹ See Table 1.

表七、秈稻穀粒性狀與碾米品質及腹白之相關係數

Table 7. The correlation between grain characteristics and milling quality in Indica rice

Trait	Crop season	Grain width	Grain thickness	1000-grain weight	Brown rice	Total milled rice	Head rice	White belly
				%	%	%		
Grain length	I	-0.338	-0.666*	0.299	-0.247	-0.487	-0.234	0.388
	II	-.0758**	-0.569*	-0.324	-0.609*	-0.788**	0.008	0.686*
Grain width	I		0.754**	0.858**	0.348	0.230	-0.480	-0.932**
	II		0.518	0.699*	0.351	0.476	0.105	-0.388
Grain thickness	I			0.777**	0.661*	0.607*	-0.317	-0.824**
	II			0.374	0.462	0.586*	0.345	-0.537
1000-grain weight	I				0.470	0.196	-0.590*	-0.787**
	II				-0.12	0.045	0.364	-0.175
Brown rice (%)	I					0.786**	-0.091	-0.500
	II					0.946**	0.100*	-0.783**
Total milled rice (%)	I						-0.076	-0.300
	II						0.075*	-0.809**
Head rice(%)	I							0.487
	II							-0.513

*, **: Significant at 5% and 1% levels, respectively.

討 論

台灣近年來雖因稻米生產過剩，但豐產水稻品種之育成仍為稻作育種重要目標之一。要增加水稻之產量可經由提高四個產量構成要素中之任何一個，但應以不影響其他要素之表現為原則，由本試驗研究證實秈稻品種以增大千粒重並未能提高產量，並且千粒重增加會促進腹白級數增加，尤其在第一期作表現最為明顯。此亦證明筆者曾研究指出秈稻品種粒寬以不超過3.1 mm，粒厚以不超過2.1 mm⁽⁶⁾，千粒重在28 g以內為佳。

精白米粒之亮麗與食米食味宜給予確實分別與否，與白米之透明度及白堊(粉)質之有關，現行良質米之標準為透明度不得高於等級3，而心、腹、背白指數總和不得超過1。米粒之白堊質係米胚乳內澱粉顆粒(含蛋白質質體)之堆積不密實所致，而米粒依白堊質部份軟而脆透明度差。一般具白堊質之米粒不僅白米外觀差，且易於碾白過程中碎裂，大大影響該米碾米品質暨市場商品價值，但其表現受環境相當程度之影響。在第一期作台秈育3362、3365、3415及3773號等四品系之千粒重在29 g到30 g之間為較大粒的品系，但其腹白級數較高，完整米率較低，米質不佳，因此不要一味要求穀粒予增大而使其千粒重提高到28~30 g左右。

參考文獻

1. 李成章 1982 禾穀類作物之收穫指數是否可視為農藝與育種之指標 科學農業 30: 439~443。
2. 林安秋 賴光隆 李祿豐 1979 第二期作低產原因之研究 4.台灣北部地區第一、二期作水稻之抽穗及稔實特性比較 中華農學會報 新107: 17~24。
3. 林富雄 吳育郎 1981 水稻收穫指數與產量之關係 中華農學會報 115: 33~41。
4. 林再發 1978 秈稻抗主要病蟲害品種之育成-台中秈5號 台中區農業改良場研究彙報 2: 11~16。
5. 林再發 1980 台中秈10號之育成 台中區農業改良場研究彙報 3: 1~6。
6. 林再發 1988 水稻穀粒外部性狀與白堊質相關之研究 台中區農業改良場研究彙報 20: 33~40。
7. 林再發 1990 第一、二期作水稻產量構成要素對產量影響分析 台中區農業改良場研究彙報 26: 17~23。
8. 蔡金川 1984 水稻葉面積指數與產量之關係 中華農業研究 33(2): 109~116。
9. 劉大江 魏夢麗 林淑霽 1988 溫度對不同粒重水稻品種穎果浸潤、澱粉分解活性及秧苗生育之影響 中華農業研究 37(3): 239~249。
10. 謝順景 1979 台灣一、二期稻產量構成因素及其他特性表現之差異 p.49~58 台灣二期稻低產及解決方法研討會專集。

11. Fujita, K., V. P. Coronel and S. Yoshida. 1984. Grain filling characteristics of rice varieties (*Oryza Sativa* L) differing in gain size and controlled environmental conditions. *Soil Sci. Plant Nutr.* 30(3): 445-454.
12. International Rice Research Institute. 1977. Annual report for 1976. p.1-26, LosBanos, Philippines.
13. International Rice Research Institute. 1978. Annual report for 1977. p.13-19, LosBanos, Philippines.
14. International Rice Research Institute. 1979. Annual report for 1978. p.15-21, LosBanos, Philippines.
15. Jones, D. B., M. L. Pearson and S. Geng. 1979. Association between grain filling rate and duration and yield components in rice. *Crop Sci.* 19: 641-644.
16. Matsushima, S. 1966. *Crop science in rice*. Fuji Publishing Co, Lte. Tokyo, Japan.
17. Murata, Y. 1969. Physiological response to nitrogen in plants. p.235-263. In J. D. Eastin and F. A. Bave (ed) "Physiological aspects of crop yield" American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
18. Seok, W. S and S. Chamura. 1979. Studies on the characters of the improved semidwarf, high yield indica rice II. Shape and quality of rice kernel, especially occurrence of white belly kernel. *Japan Jour. Crop Sci* 48(3): 418-424.
19. Wei, M. L., M. C. Shen., C. S. Chen and D. J. Liu. 1982. Physiological studies of rice tillers. I partition of dry matter, nitrogen and total nonstructural carbohydrates during grain-filling. *proceedings of National Science Council* 6(3): 190-196.
20. Wei, M. L., Y. C. Kuo and D. J. Liu. 1984. Physiological studies of rice tillers II. productivity of varieties differing in grain volume. *Journal of Agricultural Research of China.* 33(1): 12-23.
21. Yoshida, S. and T. Hara. 1977. Effects of air temperature and light on grain filling of an Indica and Japonica rice (*Oryza sativa* L.) under controlled enviroment condition. *Soil Sci. Plant Ntr.* 23: 93-107.

The Relationship among Grain Size, Yield Components and Grain Chalkiness in Indica Rice¹

Tsay-Fa Lin²

ABSTRACT

Twelve Indica rice varieties / lines were used for studying the relationship among the grain size, grain yield components and quality both in the first and second rice crops. According to variance analysis, the varieties with different sizes of grain were not correlated with the grain yield significantly. The grain yield of the varieties with bigger grain size (ab. 29 - 30 grains / 1000 grains) was not necessary higher than those varieties with smaller grain size, due to the former having lower panicle number per hill, grains per panicle or percentage of filled grain. The percentage of filled grains showed the most important factor to affect the grain yield. On the other hand, it was shown that the grain width was significantly positive correlated with the rate of brown rice and total milled rice, while thousand grain weight was negatively correlated with the rate of head rice. Grain width, grain thickness, and thousand grain weight was negative correlated with the degree of white belly. This result indicated that the grain quality of Indica rice declined in increase of grain size.

Key words: Indica rice, grain, yield components, grain chalkiness.

¹ Contribution No. 0374 from Taichung DAIS.

² Associate Agronomist of Taichung DAIS.