臺灣省農業試驗所特刊第16號第165—179頁（1984）

一、二期作水稻穀粒充實特性與產量構成要素之關係*

朱　鈞　盧虎生

國立臺灣大學農藝學系

摘　要

包括秈、粳稻8個水稻品種，一、二期作田間種植於臺大試驗農場，探討穀粒充實特性與產量構成要素關係之變異，期能在一、二期生長環境不同狀況下，充分瞭解穀粒充實特性之差異，以做爲選育高產量品系之依據，或在改進栽培技術方面有所助益，其結果綜合如下：

1.三次多項迴歸式，估算水稻穀粒充實曲線，各品種皆有很高之適合係數（$R^2 \geq 0.95$）可供計算水稻穀粒充實特性之用。

2.品種間之充實速率與充實期有相當大之差異，一期作穀粒充實速率較二期作爲快，而充實期則一期作較二期作爲短。

3.一期作穗重，穀粒產量皆與充實速率呈顯著正相關，而二期作穀粒產量，穗重則與充實期呈顯著正相關，惟二期作雖然充實期延長，但仍無法完全補足因充實速率降低所造成之損失，故穀粒產量較一期作爲低。

4.本省北部地區，不論一、二期作，水稻充實速率遠較充實期對產量貢獻爲大，故建議選育充實速率高之品系，或在生理栽培上充分配合，發揮充實速率之潛力，當對提高水稻之產量有所貢獻。

前　言

本省水稻在一、二期作生長狀況下，產量及其他農藝性狀之差異和二期水稻低產之原因，已有甚多研究成果（李與湯，1963；林與蘇，1976；林與陳，1976；林與談，1979；連等，1969；鄔等，1975；謝與殷，1967；謝，1976；謝與劉，1979），惟對水稻穀粒本身的充實特性和穀粒生產之關係，以及在一、二期作不同環境下，二者關係之差異，研究尚少。穀粒生長特性的研究在最近已漸被重視（Evans and Wardlaw, 1976; Gifford and Evans, 1981），穀粒充實爲一種光合成產物的儲積作用，其充實與否受到(1)光合成產物是否充足，(2)光合成產物之輸導是否受到障礙，以及(3)穀粒本身充實能力之高低等因素影響；Jenner（1974a, b）與 Jenner and Rathjen（1972 a, b, 1978）之系列研究顯示穀粒本身的充實能力可能對以後的產量影響甚大。

一般而言，穀粒充實期可大致分爲滯留期（lag period）、有效充實期（effective filling period）及成熟期；而充實特性有三，即滯留期的長短、有效充實期的長短，以及充實速率的高低，後二者尤其爲決定產量的主要因子。作物因種類與品種不同，其充實特性有很大的差異，如小麥以有

*行政院農業發展委員會補助計畫69農建—5.1—080（2—8）。

效充實期的長短對產量貢獻較大，而玉米則以充實速率較爲重要。而同一作物在不同栽培環境下，如溫度與日照等有所差異，充實特性亦有顯著不同，Yoshida and Hara(1977)顯示水稻穀粒在高溫（32/24°C）下之充實速率雖快，但充實期顯著縮短而致粒重下降，較低溫度（20/12°C）時充實期的延長是增加粒重的主要原因。作者之研究（朱等，1980）發現臺灣二期作穀粒充實之滯留期及有效充實期均較一期作長，而充實速率則較第一期作低落，此低落的程度甚至無法由充實期的延長而補足。Jones *et al.* (1979) 在美國加州研究結果顯示水稻穀粒充實速率可能較充實期之長短更爲重要。本研究在進一步探求本省北部地區一、二期作穀粒充實特性與產量構成要素之關係，並比較田間栽培8個品種間充實特性在不同生長環境狀況下是否有差異以及其對產量構成要素之影響；在對充實特性充份瞭解後，期能提供針對充實特性在育種上選育高產品系，或在栽培技術上加以改進。

材料與方法

1.材料：以新竹56號、臺農67號、臺南6號、臺北311號、臺北306號、嘉農秈11號、NTU 1026與柳頭仔等8個品種，於69年8月及70年2月種植於臺大實驗農場。試驗採用逢機完全區集設計（RCBD），四重複，單本植，管理方法和一般栽培相同。

2.取樣：各品種於50%抽穗時，於當日開花之穗上掛牌，每小區掛牌100穗，每品種共計掛牌400穗，其後每隔四天取樣，每次每品種各取10穗，四重覆共計40穗，於 70°C 烘乾72小時後稱重。

收獲時各品種每小區取16株，共計48株，分別調查株高、分蘖數，結實率等，農藝性狀。稻穀成熟時，一期作於開花後32天收穫，二期作於開花後40天收穫，收穫時各品種每小區取16株，每品種共計48株，分別調查株高、有效穗數、結實粒數、充實粒數、未充實粒數、百粒重、生育日數等農藝性狀。

3.充實特性之估算（Gilmore and Rogers, 1958；Jones *et al.*, 1979）：應用 cubic polynomial model 之估算法，大致如下：先以開花後每隔4天穗重和時間的變化進行迴歸分析，各品種皆可得三次迴歸曲線，再將此曲線程式分別微分一次及二次；y：穗重，t：開花後天數。

$y = a + bt + ct^2 + dt^3$ ……穗重充實曲線……①

$y' = b + 2ct + 3dt^2$ ……充實速率曲線……②

$y'' = 2c + 6dt$ ……充實速率變化曲線……③

(1)有效充實期之估算：設 $= y' = 0$ 於②式中可求得 t，此即爲開花後 t 日時充實停止，故吾人以此當作有效充實期（T_{max}）。

(2)充實最終（大）穗重之估算：設 $y' = 0$ 於②式中求得 t，此 t 代入①式可求得 y，此亦即於充實終止時之穗重，吾人以此爲最大穗重（P_{max}）。

(3)最大充實速率估算：設 $y'' = 0$ 於③式中求得 t，此大再代入②式可得一 y'，此 y' 即爲充實速率曲線中之極大值，亦即爲最大充實速率（R_{max}）。

(4)平均充實速率之估算：充實開始之穗重與充實終止時穗重二者之差再除以有效充實期，即可得開花後單位時間內穗重的變化，是爲平均充實速率（R_x）。

(5)充實特性間之相關性測定：將上述求出之各個充實特性進行相關顯著性測定。再以此等充實特性和各品種之農藝性狀及產量進行相關顯著性測定。

結 果

1.一、二期作穀粒充實三次多項迴歸曲線：一期作至開花後32天收穫，共可獲得9個穗重取樣值；二期作至開花後40天收穫可得11個取樣值，分別將此9及11個取樣值與天數變化進行迴歸分析，利用 MINITAB 程式檔，各品種一、二期作皆可得一、三次充實曲線，列於表1、2。由於穗重值不大，因此三次項係數甚小。

2.充實曲線迴歸適合度：各品種迴歸曲線皆有其適合系數 R^2，列於表1、2。一期作 R^2 值在0.96與0.99之間，二期作則在0.95與0.99之間，由此上述之迴歸曲線可供吾人計算充實特性之用。

3.一、二期作各品種充實特性之估算：

一期作：見表3，最大充實速率介於164mg/day 至 58.2mg/day 之間，其中以柳頭仔最大，爲 164mg/day；秈稻比粳稻略高，平均充實速率則介於 74.4mg/day 與 42.0mg/day 之間，以

表1. 70年一期作各品種穀粒充實三次迴歸式

Table 1. The cubic polynominal regression of grain filling (1st crop)

genotypes	cubic polynominal regression	R^2
NTU 1026	$Y=0.401+(0.707\times10^{-2})t+(0.468\times10^{-2})t^2+(0.904\times10^{-4})t^3$	0.99
柳頭仔	$Y=0.366+(0.976\times10^{-1})t-(0.128\times10^{-2})t^2-(0.812\times10^{-5})t^3$	0.96
臺農 67 號	$Y=0.346+(0.946\times10^{-1})t-(0.343\times10^{-3})t^2-(0.293\times10^{-4})t^3$	0.97
臺南 6 號	$Y=0.346+(0.248\times10^{-1})t+(0.384\times10^{-2})t^2-(0.943\times10^{-4})t^3$	0.99
新竹 56 號	$Y=0.357-(0.191\times10^{-2})t+(0.678\times10^{-2})t^2-(0.154\times10^{-3})t^3$	0.99
嘉秈 11 號	$Y=0.322+(0.980\times10^{-1})t-(0.532\times10^{-3})t^2-(0.278\times10^{-4})t^3$	0.97
臺北 306 號	$Y=0.414-(0.371\times10^{-2})t+(0.414\times10^{-2})t^2-(0.834\times10^{-4})t^3$	0.98
臺北 311 號	$Y=0.328+(0.538\times10^{-1})t+(0.286\times10^{-3})t^2-(0.142\times10^{-4})t^3$	0.99

表2. 70年二期作各品種穀粒充實三次迴歸式

Table 2. The cubic polynominal rɔgression of grain filling (2nd crop)

genotypes	cubic polynominal regression	R^2
NTU 1026	$Y=0.322+(0.395\times10^{-1})t+(0.928\times10^{-3})t^2-(0.254\times10^{-4})t^3$	0.98
柳頭仔	$Y=0.362-(0.129\times10^{-1})t+(0.406\times10^{-2})t^2-(0.780\times10^{-4})t^3$	0.98
臺農 67 號	$Y=0.382+(0.535\times10^{-2})t+(0.272\times10^{-2})t^2-(0.487\times10^{-4})t^3$	0.99
臺南 6 號	$Y=0.353+(0.650\times10^{-2})t+(0.173\times10^{-2})t^2-(0.304\times10^{-4})t^3$	0.99
新竹 56 號	$Y=0.309+(0.338\times10^{-1})t+(0.777\times10^{-3})t^2-(0.197\times10^{-4})t^3$	0.97
嘉秈 11 號	$Y=0.288+(0.284\times10^{-1})t+(0.410\times10^{-3})t^2-(0.974\times10^{-5})t^3$	0.95
臺北 306 號	$Y=0.294+(0.445\times10^{-1})t+(0.199\times10^{-3})t^2-(0.110\times10^{-4})t^3$	0.95
臺北 311 號	$Y=0.375+(0.205\times10^{-1})t+(0.119\times10^{-2})t^2-(0.230\times10^{-4})t^3$	0.99

新竹 56 最大。穗重由 1.84g 至 2.32g 之間，以 NTU 1026 號爲最大；有效充實期則在44.22天至 28.45 天之間，以嘉秈11號最短；柳頭仔雖具有高的最大充實速率，但其穗重不大；平均充實速率也不高。

二期作：見表4，最大充實速率介於 35.2 mg/day 與 57.1mg/day 之間，其中以嘉秈11號最低。平均充實速率介於 28.4mg/day 與 42.5 mg/day 之間，其中亦以嘉秈11號最低。穗重介於 1.43g 與 1.83g 之間，以臺農 67號最重；有效充實期介於33.02天與48.63天之間，其中以嘉秈11號最長。

4.各品種之充實曲線：各品種迴歸後之迴歸曲線分別見於圖1—8，圖1表示傳統曲線與三次迴歸間之比較，傳統爲直線模式，而三次曲線則爲具有二頂點（極大、極小）之曲線，圖2顯示計算生長曲線與實際生長曲線頗爲相符。圖3—8顯示各品種一期作較二期作具有較佳之充實速率與穗重，且一期作之充實期較二期作爲短。

5.充實特性間之相關性：一期作各個充實特性

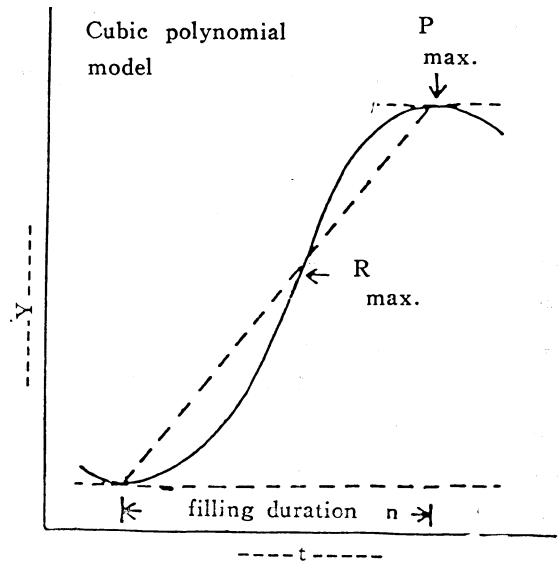


圖1. 穀粒充實曲線模式之比較。

Fig. 1. The comparison of the grain filling curve model

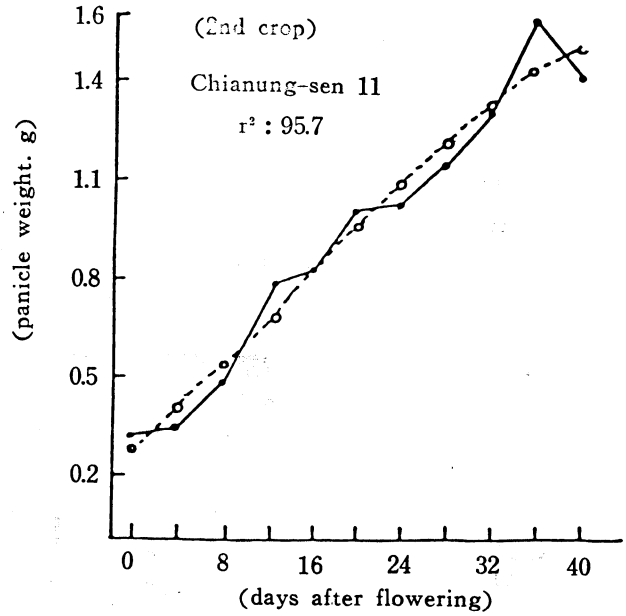


圖2. 嘉農秈11號實際充實曲線與三次迴歸曲線之比較。

Fig. 2. Predicted growth curve and actual data points of chianung-sen 11.

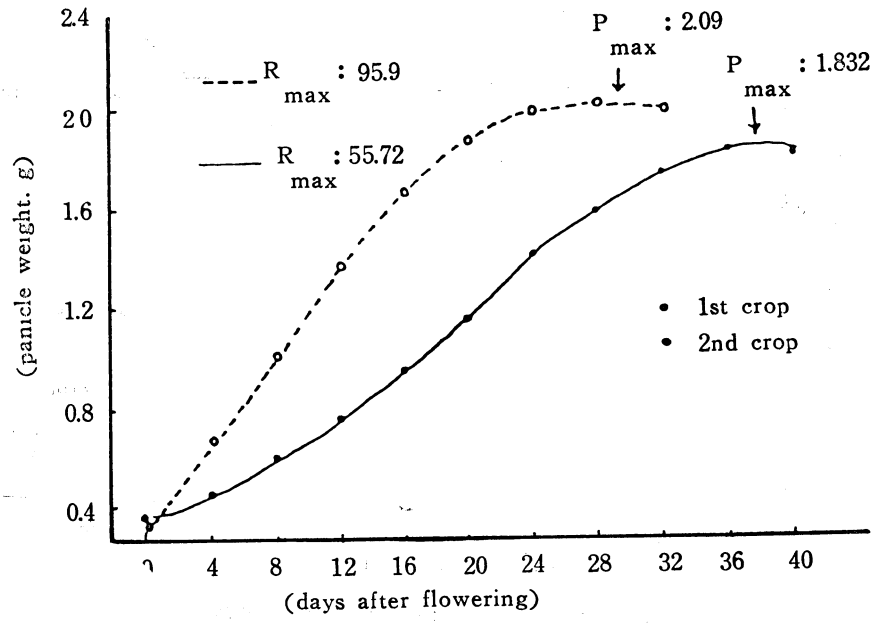


圖3. 臺農67號一、二期作穀粒充實曲線之比較。

Fig. 3. The grain filling curves of the 1st a nd 2nd crops, Tai-nong 67.

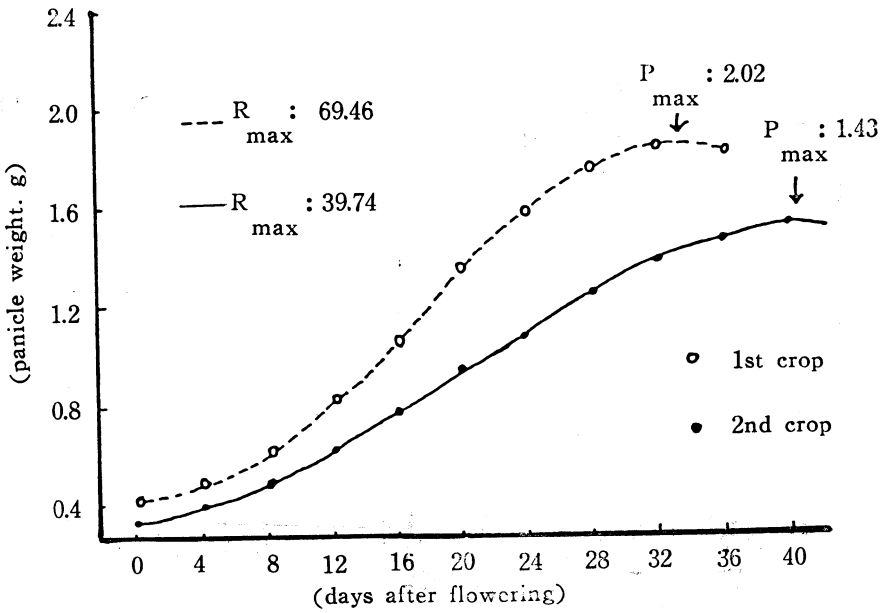


圖4. 臺南6號一、二期作穀粒充實曲線之比較。

Fig. 4. The grain filling curves of the 1st and 2nd crops, Tainan 5.

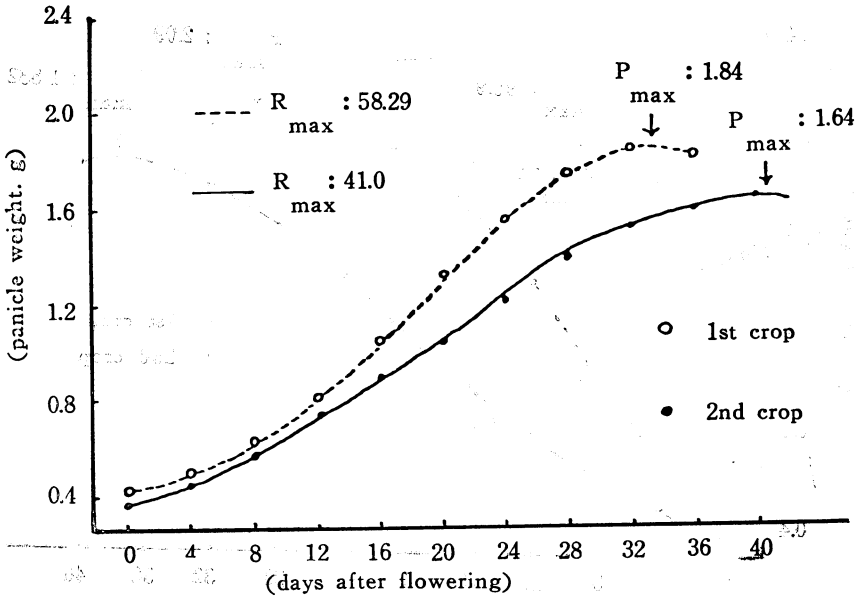


圖5. 臺北 311一、二期作穀粒充實曲線之比較。

Fig. 5. The grain filling curves of the 1st and 2nd crops, Taipei 311.

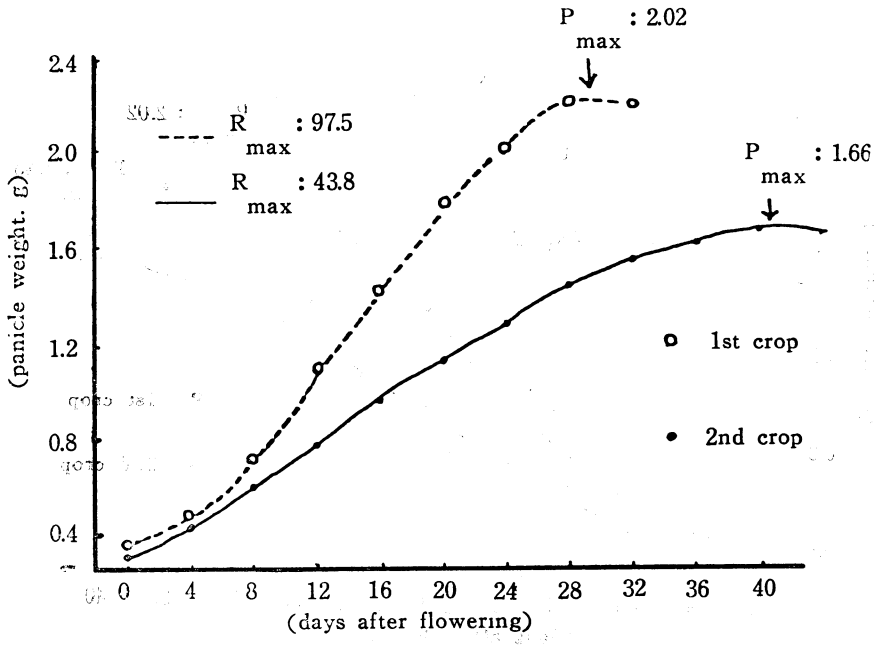


圖6. 新竹56號一、二期作穀粒充實曲線之比較。

Fig. 6. The grain filling curves of the 1st and 2nd crops, Hsichu 5.

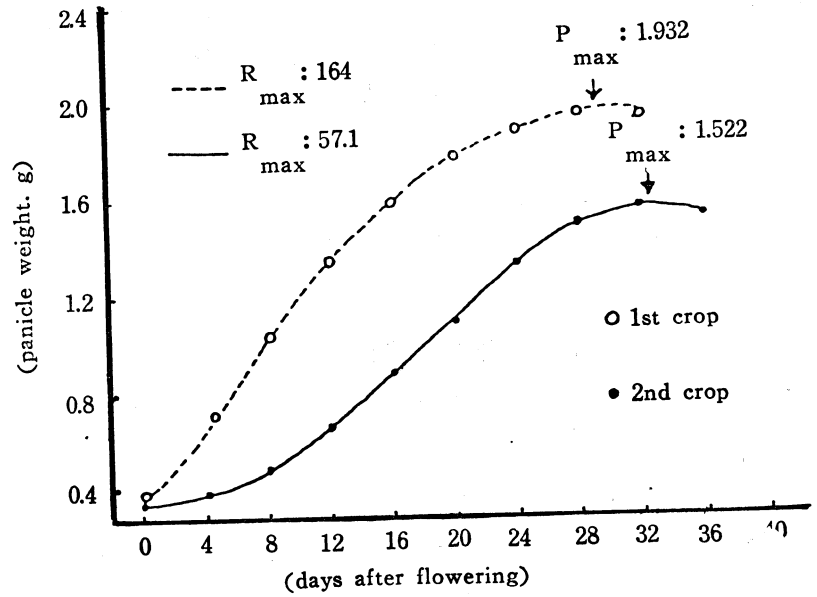


圖7. 柳頭仔一、二期作穀粒充實曲線之比較。

Fig. 7. The grain filling curves of the 1st a nd 2nd crops, Leou-Tour-Tzyy.

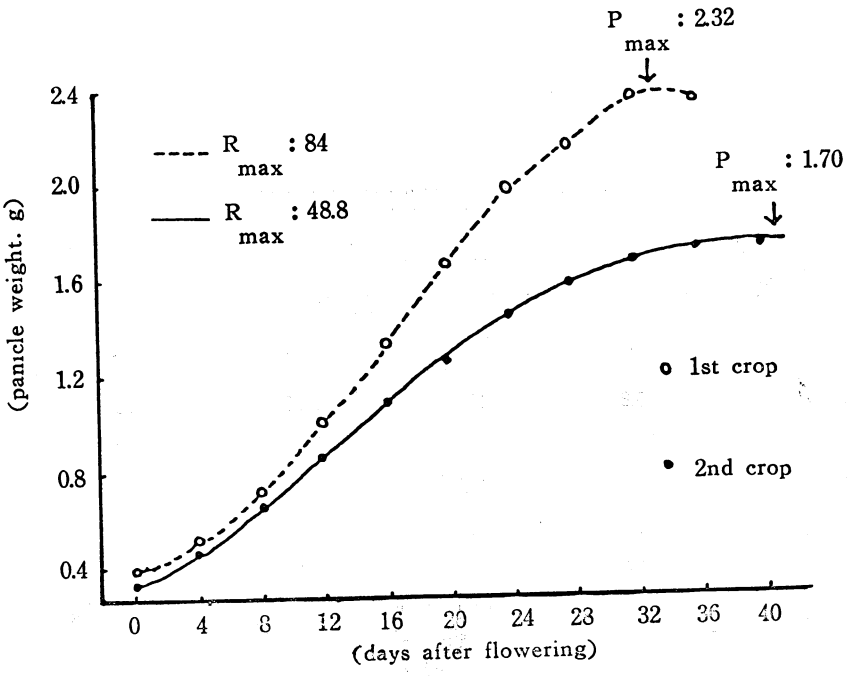


圖8. NTU1026 一、二期作穀粒充實曲線之比較。

Fig. 8. The grain filling curves of the 1st and 2nd crops, NTU 1026.

間之相關性列於表 5 。其中平均充實速率與有效充實期呈極顯著負相關，平均充實速率則和穗重呈顯著正相關，因此一期作充實速率較有效充實期重要。二期作充實特性間之相關性列於表 6 ，其關係和一期作之表現頗不一致，其中有效充實期和最大穗重呈顯著正相關，亦即有效充實期之長短，影響穗重頗大，而平均充實速率和有效充實期之間無明顯之相關。

6.充實特性與產量因子間之相關性：一期作見表 7 ，有效充實期和單位面積有效穗數呈顯著正相關，平均充實速率則和充實粒數呈顯著正相關。二期作見表 8 ，平均充實速率和分蘗數呈顯著負相關，充實期則和分蘗數呈顯著正相關，又穗重和未充實粒數呈顯著負相關。

7.產量與充實特性及各產量性狀間之相關性：見表 9 ，一期作單位面積產量與有效充實期呈負相

表3. 一期作 8 品種各個穀粒充實性狀

Table 3. Grain filling characters of 8 rice genotypes (1st crop)

	最大充實速率 $R_{max.}$	平均充實速率 R_x	最大穗重 $P_{max.}$	有效充實期 $T_{max.}$	實際穗重 P_{true}
NTU 1026	84.0	64.5	2.32	33.73	2.32
柳頭仔	164.0	60.3	1.93	29.96	1.93
臺農 67 號	95.9	69.2	2.09	29.26	2.09
臺南 6 號	69.4	63.7	2.02	30.32	2.01
新竹 56 號	97.5	74.4	2.24	29.21	2.22
嘉秈 11 號	100.0	70.2	2.04	28.45	2.04
臺北 306 號	55.7	42.0	2.02	44.22	1.87
臺北 311 號	58.2	49.9	1.84	32.64	1.81

$R_{max.}$: mg/day. $P_{max.}$: g.

表4. 二期作 8 品種各個穀粒充實性狀

Table 4. Grain filling characters of 8 rice genotypes (2nd crop)

	最大充實速率 $R_{max.}$	平均充實速率 R_x	最大穗重 $P_{max.}$	有效充實期 $T_{max.}$	實際穗重 P_{true}
NTU 1026	48.8	40.3	1.70	38.15	1.76
柳頭仔	57.1	39.9	1.52	33.02	1.30
臺農 67 號	55.7	42.5	1.83	38.19	1.86
臺南 6 號	39.7	30.1	1.43	39.74	1.41
新竹 56 號	43.8	37.0	1.66	40.42	1.58
嘉秈 11 號	35.2	28.4	1.55	48.63	1.41
臺北 306 號	45.6	36.0	1.70	43.15	1.75
臺北 311 號	41.0	33.6	1.64	41.56	1.62

$R_{max.}$: mg/day. $P_{max.}$: g.

關，與平均充實速率呈正相關；又產量與充實粒數呈正相關。二期作見表10。有效充實期與產量成正相關，但平均充實速率和產量之相關性並不顯著，又產量與百粒重及結實率呈顯著正相關。

表5. 一期作穀粒充實性狀間之相關性

Table 5. Correlation cofficients among grain filling characters (1st crop)

	最大充實速率 $R_{max.}$	平均充實速率 R_x	最大穗重 $P_{max.}$	有效充實期 $T_{max.}$	實際穗重 $P_{max.}$
最大充實速率 $R_{max.}$	1.00	—	—	—	—
平均充實速率 R_x	0.42	1.00	—	—	—
最大穗重 $P_{max.}$	− 0.02	0.55	1.00	—	—
有效充實期 $T_{max.}$	− 0.51	− 0.83**	− 0.06	1.00	—
實際穗重 $P_{true.}$	0.13	0.72*	0.95**	− 0.33	1.00

*: 5% significance. **: 1% significance.

表6. 二期作穀粒充實性狀間之相關性

Table 6. Correlation cofficients among grain filling characters (2nd crop)

	最大充實速率 $R_{max.}$	平均充實速率 R_x	最大穗重 $P_{max.}$	有效充實期 $T_{max.}$	實際穗重 $P_{max.}$
最大充實速率 $R_{max.}$	1.00	—	—	—	—
平均充實速率 R_x	0.91**	1.00	—	—	—
最大穗重 $P_{max.}$	0.52	0.41	1.00	—	—
有效充實期 $T_{max.}$	0.00	− 0.18	0.81*	1.00	—
實際穗重 $P_{tru.e}$	0.04	0.40	− 0.05	− 0.34	1.00

*: 5% significance. **: 1% significance.

表7. 一期作穀粒充實性狀和產量性狀之相關性

Table 7. Correlation coefficients among grain filling characters and yield factors of 8 rice genotypes. (1st crop)

	最大充實速率 $R_{max.}$	平均充實速率 R_x	最大穗重 $P_{max.}$	有效充實期 $T_{max.}$	實際穗重 P_{true}
株高 Height	− 0.21	0.18	− 0.18	− 0.32	− 0.13
分蘖數 Tiller No.	− 0.51	− 0.20	0.50	0.63	0.25
有效穗數 Panicle No.	− 0.49	− 0.28	0.41	0.68*	0.15
不充實粒數 N.	− 0.04	0.33	− 0.06	− 0.27	− 0.05
充實粒數 F.	0.26	0.78*	0.52	− 0.54	0.59
百粒重 W.	0.57	− 0.36	0.26	0.08	0.29
結實率 Fr.	0.18	0.13	0.38	− 0.05	0.42
開花日數 Time to flowering	0.51	0.21	0.43	0.06	0.28

*: 5% significance. **: 1% significance.

表8. 二期作穀粒充實性狀和產量性狀之相關性

Table 8. Correlation coefficients among grain filling characters and yield factors of 8 rice genotypes. (2nd crop)

	最大充實速率 $R_{max.}$	平均充實速率 R_x	最大穗重 $P_{max.}$	有效充實期 $T_{max.}$	實際穗重 P_{true}
株高 Height	0.08	− 0.28	0.27	− 0.04	0.03
分蘖數 Tiller No.	− 0.58	− 0.64*	− 0.33	0.68*	− 0.42
有效穗數 Panicle No.	− 0.35	− 0.52	− 0.01	− 0.35	− 0.35
不充實粒數 N.	0.08	− 0.28	− 0.64*	− 0.15	− 0.79*
充實粒數 F.	− 0.38	− 0.48	− 0.20	0.37	− 0.06
百粒重 W.	0.00	0.27	0.55	0.09	0.80*
結實率 Fr.	− 0.32	− 0.12	0.33	0.38	0.53
開花日數 Time to folowering	0.51	0.41	0.04	− 0.56	− 0.19

*: 5% significance. **: 1% significance.

表9. 一期作單位面積產量和充實性及產量性狀之相關性

Table 9. The correlation coefficients between grain yield, grain filling characters and yield factors. (1st crop)

	產量 grain yield		產量 grain yield
有效充實期 $T_{max.}$	− 0.75*	有效穗數 panicle No.	− 0.56
平均充實速率 R_x	0.79*	不充實粒數 N.	− 0.10
最大充實速率 $R_{max.}$	0.44	充實粒數 F.	0.72*
最大穗重 $P_{max.}$	0.36	百粒重 W.	0.33
實際穗重 $P_{ture.}$	0.54	結實率 Fr.	0.57
總生育日數 Total growth duration	− 0.12	抽穗前生育日數 vegetative growth duration	0.47

*: 5% significance. **: 1% significance.

表10. 二期作單位面積產量和充實性及產量性狀之相關性

Table 10. The correlation coefficients between grain yield, grain filling characters and yield factor. s (2nd crop)

	產量 grain yield		產量 grain yield
有效充實期 $T_{max.}$	0.86**	有效穗數 panicle No.	− 0.23
平均充實速率 R_x	− 0.16	不充實粒數 N.	− 0.70
最大充實速率 $R_{max.}$	− 0.08	充實粒數 F.	0.63
最大穗重 $P_{max.}$	0.28	百粒重 W.	0.83**
實際穗重 $P_{ture.}$	0.60	結實率 Fr.	0.81*
總生育日數 Total growth duration	− 0.23	抽穗前生育日數 vegetative growth duration	− 0.64

*: 5% significance. **: 1% significance.

討論

1. 穀粒充實曲線之估計：本試驗將70年一期作及二期作之穗重變化與時間進行二次及三次多項式迴歸分析，其適合值三次迴歸式無論一、二期作皆在95%以上，故以下多以三次迴歸式爲基礎以估算各個品種之充實特性。

過去有關玉米穀粒方面的研究多利用直線充實模式估算充實特性，其有效充實期的估算受"直線期"的限制，而不一致，又穀粒乾物質累積本身爲

一生命現象，直線模式並不能滿足此種現象的描述；Jones *et al.* (1979) 以三次多項式估算水稻穀粒充實特性，此三次式本身爲 —S— 型曲線 (sigmoid)，其一次微分式亦可表示出充實期間充實速率的變化，尤其在試驗工作量多，而取樣個數有限（如育種）的情形下，此三次模式較 logistic 及 negative exponential 等模式在利用上爲佳。此模式和直線模式的比較可見圖1。

三次多項式之特性爲有一極大及極小值，惟在極大值以後曲線呈下降趨勢，此與穀粒乾物質累積的情形稍有不符，又在三次曲線中無法顯示出穀粒充實之"遲滯期" (lag peroid)，此二者爲三次多項模式之缺點。但吾人於估算時僅利用三次曲線上極小與極大值間之片段曲線，故上述缺點並不妨害吾人之估算。

2.穀粒充實特性：穀粒之充實特性依作物品種及栽培環境不同而有極大的差異，由表3、表4可知一期作無論平均充實速率、最大充實速率、穗重皆較二期作高出甚多，且一期作之充實期較二期作短7天左右，此與朱等 (1980) 的報告相同。

Sofield *et al.* (1977) 以小麥研究結果指出，光照與溫度爲響影穀粒充實特性最重要的二種環境因素，而其中充實期之長短，則溫度遠較光照影響爲大。一般言，適溫狀況下充實速率快，有效充實期則較短；低溫狀況下，充實速率慢而有效充實期延長；而比適溫更高之溫度，往往會縮短充實期，而減低穀粒重量，Wardlaw *et al.* (1980) 顯示小麥在穀粒發育期間，溫度由 21/16°C 升到 30/25°C，縮短穀粒充實期間，而導致穀粒重量之降低，高粱有類似的結果 (Chowbury and wardlaw, 1978)。

水稻穀粒充實期間之適宜平均溫度，粳稻大約在 20°C～22°C 間 (Aimi *et al.*, 1959；Munaketa *et al.*, 1967；Murata, 1964；Yoshida and Hara, 1977)，而日夜溫之差異以及溫度在發育期間之變化，亦因水稻品種和稻株營養狀態而異：秈稻在穀粒發育期中所需溫度比粳稻爲高，陳等 (1974) 在人工氣候室控制溫度之實驗顯示，秈稻臺中在來1號之成熟適溫較粳稻臺中65爲高，以米粒重而言，前者以 30°/20°C 較優，而臺中 65 號則以 25°/20°C 處理較佳。Nagato Chaudhry(1969a, 1969b)亦有類似之結果，抽穗期後不同之溫度處理，秈稻較粳稻需要較高之溫度，秈稻以 30°/25°C 處理對穀粒之發育最佳。本省一期作穀粒充實期間，北部平均溫度約爲 26～28°C，較不利於粳稻穀粒之發育，使充實期縮短，可能導致穀粒本身無法發揮其應有充實潛力而限制其乾物之蓄積，因此往往無法達到最高產量；並且在一期作期間，日照强度較佳，光合成產物，並非限制穀粒發育之因子 (朱等 1980)。而二期作北部地區水稻在開花後，溫度及日照强度皆逐漸下降，平均溫度約在 20～23°C 間 ((郭等，1979)，但夜溫往往降到20°C以下，對秈稻穀粒之發育漸超不利，而由於日照量降低，光合成產物已不足穀粒發育之所需 (朱等，1980；林與蘇，1976)，至於光照與溫度二者相互間對穀粒充實特性之影響，值得進一步探討。

3.充實特性間之相關性：Evans and Wardlaw (1976) 綜合報告指出，穀粒之有效充實期與充實速率之間有相互補償性之存在，亦即充實速率大者其充實期較短，而充實速率小者具有較長的有效充實期，最後皆可達理想穗重 (Evans, 1972；Sofield *et al.*, 1977；Wiegand and Cuellar, 1981；Yoshida and Hara, 1977)。由表5、表6可知一期作充實速率和充實期呈極顯著負相關，此表示此種互補性可能存在。而二期作則此種相關性並不顯著，亦即充實速率小者不一定具有較長之充實期，此可能爲某些品種如嘉秈11號對溫度較爲敏感，充實期間受低溫干擾而無法達到應有之充實程度。

一期作（表5）平均充實速率和穗重呈正相關，亦即充實速率大者可有較重之穗重，此與一期作充實期間之高溫環境有關。二期作（表6）則有效充實期與穗重呈正相關，亦即在二期作充實處於低溫環境下，其充實速率低下，只有藉延長充實期以達穗重增加之目的，但二期作愈後期溫度愈低，日照亦弱，雖延長充實期亦無法達到理想穗重，此可能爲二低產之主因之一 (林與蘇，1976；Spierty, 1974；Wiegand and Cuellar, 1981；Yoshida and Hara, 1977)。

4.充實物性與產量性狀間之相關性：過去對於穀粒充實特性與產量性狀間的關係研究不多，一般推測種子較多的穗其所需充實時間較長，充實速率也較大，但此關係並不一致；就本實驗而言，由表

7可見，一期作穀粒平均充實速率與結實率成正相關，亦即平均充實速率大者有較高的結實率；又有效充實期與有效穗數呈顯著正相關，亦即充實期長者其有效穗數也愈多。此平均充實速率對結實率的影響及充實期對有效穗數的影響皆可能導致對產量的貢獻。表8顯示，二期作平均充實速率與分蘖數呈負相關，而有效充實期與分蘖數呈顯著正相關，此可能二期作分蘖旺盛，穀粒充實期間光合成產物不足，導致各穗之充實速率下降，進而充實緩慢，所需的充實期較長。朱等（1980）於二期作剪小穗處理，可提高穀粒重，亦顯示二期作充實期間，供源光合成產物不足。

5.單位面積產量與充實性狀及產量性狀之相關性：長久以來的研究指出，穀粒之有效充實期與充實速率對產量皆有相當的貢獻，就前人的研究看來，在溫度較低的環境下有效充實期對產量的影響較大，而在較高溫的環境下則以充實速率的影響較大。由本實驗表9可見，一期作單位面積產量和有效充實期呈顯著負相關，和平均充實速率呈正相關，又由表8可見二期作單位面積產量與有效充實期呈極顯著正相關。

本省一期作穀粒充實期間溫度逐漸升高，Jones *et al.* (1979) 指出在平均溫度 30°C 以下，穗重與充實速率呈相關，即充實速率大者有較大的穗重，此點與本實驗結果相符（表9）。本省二期作充實期間溫度下降甚大，甚至有低於 15°C 導致不稔現象發生。 Sofield *et al.* (1977) 亦指出低溫下充實期延長，本實驗顯示臺北地區二期作不但充實期較一期作長出甚多，充實速率也急劇下降（表3、4）此種情形下，縱然延長充實期亦無法補償由於充實速率低下而造成的影響。

就品種間的差異性而言， Daynard *et al.* (1971) 於玉蜀黍 diallele cross 的研究指出，不同產量品種間確有充實速率與充實期之差異性存在，其中以充實期之長短相關性較大；而 Evans and Wardlaw, (1976) 指出小麥由野生種至六倍體栽培品種，其充實速率與充實期皆有提高的現象；Yoshida & Hara (1977) 於水稻的研究指出充實速率高的品種具有較高的產量，依本實驗而言，一期作充實速率與產量呈正相關（表9），二期作充實速率低下，故無論一、二期作，充實速率皆較充實期爲重要，亦即在育種上應先探求充實速率大者，再求有效充實期之延長。此亦符合本省水稻栽培制度，在無法延長一、二期栽培期情況下，惟有加强品種穀粒充實速率之特性，方能達到提高單位產量之目的。

誌　謝

本研究計畫執行期間承臺灣省農業試驗所農藝系慨贈水稻種子，謝順景博士提供寶貴意見，以及本系郭華仁副教授協助，特此致謝。

引用文獻

1. 朱鈞，郭華仁、邱淑芬。1980。一、二期水稻發育中穀粒乾物質之蓄積與充實特性。科學發展月刊，8：414—427。
2. 李水龍、湯文通。1963。臺灣水稻第二期作單位面積產量不如第一期作之原因及其改進方法。科學農業11：9—33。
3. 林安秋、蘇新。1976。第二期作低產原因之研究，Ⅱ．一、二期水稻羣落光合作用之比較。科學發展4：2837—2852。
4. 林安秋、陳建山。1977。第二期稻作低產原因之研究。Ⅲ．不同溫度持續對水稻之分蘖及光合作用能力之影響。中華農學會報（新）98：55—60。
5. 林安秋、談嘉俊。1979。第二期稻作低產原因之研究，Ⅴ本省北部地區第一、二期水稻之 ^{14}C—同化物質轉運與分配之比較研究。中華農學會報（新）107：25—35
6. 連深、吳育郎、陳火塗。1969。屏東地區一、二期作水稻之生態與收量之關係。農業研究18：1—16。
7. 郭文鑠、曾文柄、楊之遠。1979。臺灣地區水稻之農業氣候區域，氣象學報25（3）：1—10。
8. 陳燜崧、張連宗、蘇新。1974。不同日夜溫度對水稻成熟之影響。臺大農院研報15（2）：28—37。
9. 鄔宏潘、廖雲英、錢美華、林燦隆、陳一心、王銀波、蔡國海、吳來貴、張萬來、林富雄、吳育郎。1975。第二期作低產原因之探討。科學發展3：1823—1857。
10. 謝全份、殷森安。1967。臺灣二期稻作增產問題之研究。（第一報）水稻品種不同插植期對產量之反應。農業研究16：8—15。
11. 謝昱暲。1976。第一、二期水稻之生長及同化能力

與產量關係之比較研究。中研究總統 蔣公逝世周年紀念論文集，463—481頁。

12. 謝順景、劉大江（主編）。1979。臺灣二期作稻低產原因及其解決方法。國科會研討會專集（二），國科會、臺北。

13. Aimi, R., H. Sawamura and S. Konno. 1959. Physiological studies on the mechanism of ripening in crop plant : The effect of the temperature upon the behavior of carbohydrates and some related enzymes during the ripening of rice plant. *Proc. Crop Sci. Soc, Jap.*, 27 ··403-407.

14. Carrasco, R. M. and G. N. Thorne. 1979. Physiological factors limiting grain size in wheat. J. Exp. Bot. 30 : 669-679.

5. Chowdhury, S. I., and I. F. Wardlaw. 1978. The effect of temperature on kernal development in cereals. Aust. J. Agric. Res. 29 : 205.

16. Daynard, T. B., W. J. Tanner and W. G. Duncan. 1971. Duration of the grain filling peroid and its relation to grain yield in corn. Crop Sci. 11 : 45-48.

17. Evans, L. T. 1972. Storage capacity as a limitation on grain field. in "Rice Breeding" p. 499, IRRI, Phillippine.

18. Evans, L. T. and H. M. Rawson. 1970. Photosynthesis and respiration by the flag leaf and component of the ear during grain development in wheat. Aust. J. Biol. Sci. 23 : 245-254.

19. Evans, L. T. and I. F. Wardlaw. 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in cereals. Adv. Agron. 28 : 301-350.

20. Gifford, R. M. and L. T. Evans. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning and yield. Ann. Rev. Plant Physiol. 32 : 485-509.

21. Gilmore, E. C. and J. S. Rogers. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agron. J. 50 : 611-615.

22. Jenner, C. F. 1974a. Factors in the grain regulating the accumulation of starch. in "Mechanism of regulation of plant growth" p. 901.

23. Jenner, C. F. 1974b. An investigation of the association between the hydrolysis of sucrose and its absorption by grains of wheat. Aust. J. Plant Physiol. 1 : 319-329.

24. Jenner, C. F. and A. J. Rathjen. 1972a. Factors limiting the supply of sucrose to the developing wheat grain. Ann. Bot. 36 : 729-742.

25. Jenner, C. F. and A. J. Rathjen. 1972b. Limitation to the accumulation of starch in the developing wheat grain. *ibid*. 743-754.

26. Jenner, C. F. and A. J. Rathjen. 1978. Physiology basis of genetic difference in growth of grains of six varieties of wheat. Aust. J. Plant Physiol. 5 : 249-262.

27. Jones, D. B., M. L. Peterson. and S. Geng 1979. Association between grain filling rate and duration and yield components in rice. Crop Sci. 19 : 641-644.

28. Munakata, K., T. Kawasaki and K. Kariya. 1967. Quantitative studies on the effects of the climatic factors on the productivity of rice. *Bull Chugoku Agr. Expt. Sta.* A. 14 : 59-96.

29. Murata, Y. 1964. On the influence of solar rediation and air temperature upon the local differences in productivity of paddy rice in Japan. *Proc. Crop Sci. Soc. Jap.* 33 : 59-63.

30. Nagato, K. and F. M. Chaudhry. 1969a. A comparative study of ripening process and kernel development in japanica and indica rice. Proc. Crop Sci. Soc. Jap. 38 : 425-433.

31. Nagato, K and F. M. Chaudhry. 1969b. Ripening of japonica and indicz type rice as influenced by temperature during ripening period. Proc. Crop Sci. Soc. Jap. 38 : 657-667.

32. Sofield, I., L. T. Evans., M. G. Cook. and I. F. Wardlow. 1977. Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. Aust. J. Plant Physiol. 4 : 785-797.

33. Spierty, J. H. J. 1974. Grain growth and distribution of dry matter in the wheat plant as influenced by temperture, light energy and ear size. Neth. J. Agric. Sci. 22 : 207-220.

34. Wardlaw, I. F. I. Sofield and P. M. Cartwright 1980. Factors limiting the rate of dry

matter accumulation in the grain of wheat grown at high temperature. Aust. J. Plant Physiol. 7 : 387-400.
35. Wiegand, C. L. and J. A. Cuellar. 1981. Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature. Crop Sci. 21 : 95-99.
36. Yoshida, S. and T. Hara. 1977. Effects of air temperature and light on grain filling of an indica and japonica rice under controlled environmental conditions. Soil. Sci. Plant Nutr. 23(1) : 93-107.

Grain-filling Characteristics and Its Relation to Yield Components in the First and Second Rice Crops*

Chun Chu and Huu-Sheng Lu

Department of Agronomy
National Taiwan University
Taipei, Taiwan 107
Republic of China

Summary

In the first crop of 1980 and second crop of 1981, eight rice cultivars, including both *japonica* and *indica* types, were grown under field conditions to determine the differences in the rate and duration of grain-filling, as well as other filling characters and their relationships to grain yield and yield components. A further objective was to find out whether the filling rate or duration was more closely correleted to grain yield.

The cubic polynomial regression model was found to be useful for the measurement of grain-filling characters($R^2 \geq 0.95$ for all cultivars). Grain-filling rate and duration as well as other grain-filling parameters varied among cultivars during the two different growing seasons. It was shown that the grain-filling rate of the first crop was greater than that of the second crop. Correlation analysis indicated that a significant positive correlation existed between the grain-filling rate and the panicle weight in the first crop. A significant positive relationship was found between the panicle weight and grain-filling duration in the second crop. Although this was associated with a longer duration in the second crop, the failure to obtain any compensating increase in the rate of dry matter accumulation resulted in a much reduced panicle weight.

These results indicated that grain-filling rate was more imortant than duration for grain development in both growing seasons. It is suggested that there is potential for higher rice yield via genetic improvement of increasing the grain-filling rate.

*Supported by a grant 1980-5.1-080 (2—8) from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, R. O. C.