

台灣南部第二期作水稻育種之研究(2)水稻第一、二期作選拔效應之分析¹林富雄² 邱運全³

摘 要

本試驗利用本省及引進之16個水稻品種來探討不同栽培期作下對產量之選拔效率，試驗結果第二期作各性狀之平均值均小於第一期作，且其變異性較大。抽穗日數，株高及千粒重之遺傳變方佔表現型變方之大部份，故其遺傳率估值高。除一株總乾物重，株高及收穫指數外，其餘性狀之遺傳率估值均以第二期作低於第一期作。

遺傳相關分析結果谷產量與一穗結實粒數及總乾物重之遺傳相關均高，但在第二期作抽穗日數與谷產量遺傳相關亦高而穗數則與谷產量有負相關。

選拔效率結果顯示對各性狀之直接選拔效果第一、二期作均相似，而直接選拔對產量之相關反應則以抽穗日數，株高、一穗結實粒數及一株總乾物重較大。第二期作時選拔較晚熟，粒數多及一株總乾物重大之個體對谷產量有利。

各性狀在第一及第二期作種植時之遺傳相關除收穫指數較小外其餘均大。行第一期作之間接選拔以改進第二期作產量效果不大，宜進行不同期作之直接選拔。

前 言

目前本省栽培之水稻品種，幾乎均是第一、二期作進行連續選拔而育成者。此種選拔方式而育成之品種一般均適合一、二期作之栽培，且具有廣泛之適應性⁽⁶⁾。其實，本省尤其高屏地區，第一、二期作水稻生育期間之氣象條件如溫度，光期及其他環境因子等之變化型式頗不相同。理論上言，適合第一、二期作之水稻品種，似應有所區別。

過去試驗曾指出，影響本省第二期作水稻減產之因素非常複雜，並非任何單一重要因素可以左右第二期作水稻之低產⁽¹⁾。而因子型與環境間交感作用之瞭解對於將來育成適合第二期作品種將有很大幫助。在水稻已有報告指出因子型與環境因素有交感存在，同時遺傳率，遺傳相關等介值會受種植時期之影響^(3, 5)。也由於此種關係使選拔之期望值與觀測值常無法趨於一致。因此，環境因子對於選拔適應某一期作水稻品種之影響頗為重要。

本試驗前文中曾推論適合高屏地區第一期作之水稻品種為穗數型或穗重型，而第二期作適應之品種則以穗重型為最佳⁽⁴⁾。為進一步瞭解因子型與期作間之交感作用及其選拔效果，本文擬分析不同期作下水稻各種性狀之遺傳介值對於選拔效應之影響，以供今後本省水稻育種之參考。

材料與方法

本試驗利用10個本省育成之蓬萊稻及6個由日本引進之稈型稻品種為試驗材料，這些品種於民國70年第一及第二期作種植於屏東市高雄區農業改良場試驗地。田間種植時採用逢機完全區集法，設三重複

1. 花蓮區農業改良場研究報告第21號

2. 場長

3. 高雄區農業改良場助理

，每重複之小區面積為5平方公尺，單本植。調查之項目包括抽穗日數即小區內50%之稻株達抽穗之日
期以及成熟時10株之株高，穗數，一穗結實粒數，千粒重，單株谷重，總乾物重及收穫指數之平均值。
收穫指數為單株谷重與總乾物重之比。

調查所得資料之平均值以一般變方分析法算出變方及共變方，其方法如下：

表1：變方及共變方成份之變方分析法

Table 1: The analysis of variance and covariance for the estimation of genetic variance and covariance components.

Source of variation	d f	MS	Expectation of MS	Covariance	Expectation of cov
Replication	r-1				
Variety	v-1	M1	$\sigma_e^2 + r\sigma_g^2$	N1	$Cov_{eij} + rCov_{gij}$
Error	(r-1)(v-1)	M2	$\sigma_e^2 +$	N2	Cov_{eij}

由上述變方及共變方分析法可以獲得表現型，遺傳及環境之變方及共變方成份。

廣義遺傳率由 $h^2 = \sigma_g^2 / \sigma_{ph}^2$ 求得，其中 σ_g^2 為遺傳變方， σ_{ph}^2 為表現型變方，遺傳變異係數 (G·C·V) = $100 \cdot \sigma_g / \bar{x}$ ，其中 σ_g 為遺傳變方之平方根， \bar{x} 為性狀之平均值。

不同性狀在第一或第二期作平均值之遺傳相關係數由下式估算之

$$r_g = \frac{cov_{xy}}{\sqrt{\sigma_{gx}^2 \sigma_{gy}^2}}$$

上式中 σ_{gx}^2 ， σ_{gy}^2 及 cov_{xy} 分別為性狀X及Y之遺傳變方及共變方。性狀之直接選拔反應由 $R = ih \times \sigma_{gx}$ 求得，而X性狀之選拔對Y即谷產量之相關反應則為 $CRY = i_g \times r_g \cdot \sigma_{gy}$ 。產量之間接選拔效率為 $CRY / RY = r_g \cdot i_x \cdot h_x / i_y \cdot h_y$ 估得。

上述式中 r_g 為各性狀與谷產量之遺傳相關係數， h_x 及 h_y 為性狀X及Y遺傳率之平方根。而 σ_{gx} 及 σ_{gy} 為性狀X及Y之遺傳變方平方根。

i_x 及 i_y 為選拔強度，本試驗假設 i_x 及 i_y 均相同。同樣之方法亦可估算同一性狀在第一及第二期作環境下平均值之遺傳相關係數及期作間之相對選拔效率。

結 果

1. 主要農藝性狀在第一，二期作之差異

第一，二期作各主要農藝性狀之平均值列如表2

表2：第一、二期作水稻主要農藝性狀之平均值差異

Table 2: Mean values and difference indices of 8 traits measured in the first and second crop seasons of rice.

Trait	First crop	Second crop	Second/First (%)
Days to heading (day)	83.6	62.0	74.2
Plant height (cm)	94.9	99.0	104.3
Panicles per plant	13.8	11.4	82.6
Filled grains per panicle	84.5	78.8	93.2
1000-grain weight (g)	24.1	23.5	97.5
Grain yield (g/plant)	27.4	20.5	74.8
Total dry weight (g/plant)	48.4	41.7	86.2
Harvest index (%)	57.0	49.6	87.0

表中明顯指出各主要性狀之平均值均受栽培期作之影響。除株高外其餘性狀在第一期作之平均值均大於第二期作，同時第二期作之變異係數大於第一期作（表3），顯示第一期作之生長環境有利於各性狀之表現。期作間之差異以抽穗日數，谷產量及一株穗數較大，次為總乾物重及收穫指數，再次為一穗結實粒數及千粒重。變方分析結果除收穫指數在第一期作達5%差異水準外，其餘性狀之差異均達1%差異水準（表3）。品種與種植期作之交感作用；一穗結實粒數，產量及總乾物重均未達顯著標準。而株高，生育日數，收穫指數，穗數，千粒重則達顯著或極顯著之差異標準。

表3：第一、二期作水稻主要農藝性狀之均方及變異係數

Table 3: Mean squares and coefficient of variation for eight traits of rice varieties in the first and second crop seasons.

Trait	First crop		Second crop		Variety x season mean squares
	Mean squares	CV (%)	Mean squares	CV (%)	
Days to heading	129.432**	1.35	140.554**	1.53	14.011**
Plant height	394.103**	2.48	375.425**	1.95	16.236**
Panicles per plant	9.576**	7.39	6.812**	10.09	2.619*
Filled grains per panicle	503.189**	9.59	641.185**	14.02	146.624 ^{ns}
1000-grain weight	11.550**	3.18	7.749**	3.71	1.500*
Grain yield	26.606**	8.25	19.287**	11.64	7.964 ^{ns}
Total dry weight	84.670**	6.98	117.987**	9.53	23.456 ^{ns}
Harvest index	32.550*	5.86	23.121**	4.51	21.444**

** , * Significant difference at the 1% and 5% levels, respectively.

2. 栽培期作對變方成份及遺傳率估值之影響

同一期作下不同變異來源之相對重要性可由各性狀變方成份估值之大小表示之。第一及第二期作八個主要農藝性狀之變方成份，遺傳變異係數 (GCV) 及遺傳率估值列於表 4。

表 4：第一、二期作水稻主要農藝性狀之表現型，因子型及環境變方，遺傳變異係數及遺傳率估值。

Table 4. Phenotypic (σ_{ph}^2), genotypic (σ_g^2), error variances (σ_e^2), coefficient of genetic variation (GCV) and heritability estimates of eight traits in the first and second crops of rice.

Trait	Crop	σ_{ph}^2	σ_g^2	σ_e^2	G.C.V.	h^2 (%)
Days to heading	First	44.9	42.7	1.3	7.8	97.1
	Second	48.1	46.2	1.9	11.0	96.1
Plant height	First	135.1	129.5	5.5	12.0	95.9
	Second	127.6	123.9	3.7	11.2	97.1
Panicle number per plant	First	3.9	2.8	1.0	12.2	73.2
	Second	3.2	1.8	1.3	11.9	58.0
Filled grains per panicle	First	211.5	145.9	65.6	14.3	69.0
	Second	295.1	173.1	122.0	16.7	58.7
1000-grain weight	First	4.4	3.6	0.8	7.9	82.8
	Second	3.1	2.3	0.8	6.5	75.4
Grain yield	First	12.3	7.2	5.1	9.8	58.4
	Second	10.2	4.5	5.7	10.4	44.3
Total dry weight	First	35.8	24.4	11.4	10.2	68.2
	Second	49.8	34.0	15.8	14.0	68.3
Harvest index	First	18.3	7.1	11.2	7.5	39.0
	Second	11.0	6.0	5.0	5.0	54.7

表中之環境變方 (σ_e^2) 估值係由變方分析中之機差均方而來並由此而估得遺傳變方 (σ_g^2)。不論第一或第二期作，株高，抽穗日數及千粒重等三性狀之環境變方均小於遺傳變方很多，顯示彼等之變異來源主要為遺傳上之差異，其餘性狀之遺傳變方與環境變方則呈不同程度之比率，一般而言不同性狀各種變方估值在期作間差異均不大。

廣義遺傳率為遺傳變方與表現型變方之比。遺傳變方與表現型變方之大小均依族群遺傳變異及環境變方而定。其中之環境變方在本試驗中即為試驗機差均方，其可解釋為試驗設計及重複數之函數。試驗結果抽穗日數，株高及千粒重之高遺傳率估值係由於試驗機差小之緣故，而其餘性狀遺傳率較低亦係由於試驗機差均方較大之故。

比較第一及第二期作各性狀遺傳率估值結果，除乾物重，株高及收穫指數外，其他性狀均以第二期作低於第一期作。其原因為這些性狀在第二期作之遺傳變方佔總變方之比率大都較第一期作所佔比率為低。遺傳變異係數為考慮性狀平均值後之遺傳變異大小。不同性狀之遺傳變異係數，對期作之反應並不一致。

3 谷產量與主要農藝性狀之表現型，遺傳及環境相關

谷產量與其他主要農藝性狀之表現型，遺傳及環境相關列於表 5

表5：不同種植期作下谷產量與其他農藝性狀之表現型，遺傳及環境相關。
 Table 5: Phenotypic, genetic and environmental correlation coefficients
 between yield and other traits under different growing seasons.

Crop season	Correlation	Days to heading	Plant height	Panicle number	Filled grains / Panicle	1000-grain weight	Total dry weight	Harvest index
First	r_{ph}	0.796**	0.499*	-0.115	0.747**	0.333	0.947**	0.375
	r_g	0.588	0.600	-0.365	0.844	0.436	0.924	0.163
	r_e	-0.103	0.380	0.371	0.564	0.110	0.896	0.590
Second	r_{ph}	0.623**	0.434	-0.272	0.822**	0.507*	0.925**	0.018
	r_g	1.012	0.632	-0.825	0.985	0.600	0.988	-0.463
	r_e	-0.255	0.151	0.173	0.666	0.433	0.907	0.490

一穗結實粒數及一株總乾物重與谷產量之遺傳相關在第一，二期作均高，同時第二期作之生育日數與谷產量亦被發現有很高之遺傳相關，惟第一，二期作一株乾物重與谷產量均顯示高之環境相關。穗數與谷產量在第二期作顯示高之遺傳負相關。一般而言，表現型相關係數與遺傳相關係數大小頗為一致。

4. 主要農藝性狀在第一及第二期作之選拔效應

不同期作下對各性狀選拔之直接反應與對產量之相關反應及其在不同期作下產量之間接選拔效應列於表6。

表6：第一、二期作水稻主要農藝性狀之直接選拔反應及其對產量之相關反應及間接選拔效率。
 Table 6: Direct response of characters (R_x) and correlated response of grain yield (CR_y) and the relative selection efficiency of traits for grain yield.

Trait	R_x		CR_y		Relative selection efficiency	
	First	Second	First	Second	First	Second
Days to heading	6.438	6.663	1.550	2.111	0.758	1.490
Plant height	11.141	10.964	1.572	1.325	0.769	0.935
Panicle number/plant	1.444	1.031	-0.261	-1.338	-0.409	-0.944
Filled grain number/panicle	10.024	10.077	1.875	1.594	-0.917	1.133
1000-grain weight	1.726	1.326	1.062	1.110	0.519	0.783
Total dry weight	4.081	4.818	2.043	1.737	0.999	1.226
Harvest index	1.666	1.819	0.273	0.729	0.133	-0.515

在假設其選拔強度相同之情形下一般而言各性狀之直接選拔效果，第一，二期作均差異很小，而選拔各性狀對於谷產量之相關反應第一期作以抽穗日數，株高，一穗結實粒數及一株總乾物重較大，第二期作

之結果與第一期作相似。惟其反應除抽穗日數外均較第一期作小。只有收穫指數在第二期作對產量之相關反應較第一期作為大。各性狀行間接選拔對產量之效果第二期作較第一期作大，並以抽穗日數，一穗結實粒數及一株總乾物重較大。因此第二期作注意選拔生育日數稍長，粒數多及一株總乾物重大之個體對第二期作之產量較為有利。

又同一性狀在兩種栽培環境即第一及第二期作之遺傳相關係數及其在第一及第二期作不同生長環境之相對選拔效率則列於表 7。

表 7：水稻主要農藝性狀在第一、二期作表現之遺傳相關及第二期作間接選拔之效率。

Table 7: Genetic correlation and relative selection efficiency among traits in the first and second crops of rice

Trait	r_g	Relative selection efficiency (CR / R)
Dayr to heading	0.908	0.913
Plant height	0.972	0.903
Panicle number/Plant	0.879	0.987
Filled grains per panicle	0.841	0.911
1000-grain weight	0.929	0.972
Grain yield	0.896	1.029
Total dry weight	0.901	0.901
Harvest index	0.363	0.307

除收穫指數外，其餘性狀如生育日數，株高，穗數，一穗結實粒數，千粒重，谷產量及一株總乾物重等第一，二期作間均有很高之遺傳相關係數，顯示這些性狀長期在第一期作及第二期作環境下行不間斷之連續選拔結果對第一期及第二期作之生長環境均顯示了相同之適應性⁽⁷⁾。只有收穫指數之遺傳相關係數較低，此結果可能顯示不同期作下，可望選拔適應第一或第二期作之高收穫指數因子型。由期作間相對選拔效率估值亦得相似之結果（表 7），假定其選拔之強度不受環境之影響，欲在第一期作選拔優良因子型供第二期作栽培本試驗結果指出其效率不會高於直接在第二期作進行選拔。

討 論

如欲育成適合第二期作之水稻品種，瞭解各性狀在第一，二期作栽培環境下遺傳介值之變異做為選拔之參考頗為重要。期作間各性狀遺傳變方大小並不一致，有些第一期作大於第二期作如株高，穗數，千粒重，谷產量及收穫指數。有些第二期作大於第一期作如抽穗日數，一穗結實粒數及一株總乾物重。這些結果顯示各種性狀之遺傳變方隨不同期作而改變，過去也有很多報告指出遺傳介值會受環境之影響⁽⁵⁾。

各種性狀遺傳率之估值因期作而不同，除抽穗日數，株高，及一株總乾物重兩期作間之遺傳率接近外，其餘性狀均以第一期作大於第二期作。不同環境下遺傳率值會有變異已有報告，Gotoh 及 Osana i (1959) 甚至指出高遺傳率環境下選出優良系統之機會比低遺傳率環境下為多。由本試驗結果顯示除抽穗日數及株高在，二期作均具有高遺傳率及其選拔效果相似外，其餘性狀均以第一期作有較高之遺傳率，顯示多數性狀之選拔宜在第一期作進行。

欲使間接選拔優於直接選拔必須①因子型與環境之交感作用儘量小②使間接選拔環境下之遺傳率大於直接選拔者。理論上言，假如兩種環境下之選拔強度相同而因子型與環境無交感存在時則兩種環境下性狀之遺傳相關接近1 即 $rg_1 \text{ 期} \cdot 2 \text{ 期} = 1$ ，在此情形下 $h_1 \text{ 期}$ 大於 $h_2 \text{ 期}$ 時，則在第一期作進行間接選拔以育成能夠用於第二期作之因子型就比在第二期作直接選拔效果大。假如 $rg_1 \text{ 期} \cdot 2 \text{ 期} < 1$ 時則間接選拔往往未必比直接選拔有效，即使是在 $h_1 \text{ 期} > h_2 \text{ 期}$ 之情況下亦如此。其實這些考慮純為理論性的，實際上我們選拔時也必須把取樣機差考慮在內，而且往往 $rg_1 \text{ 期} \cdot 2 \text{ 期} \cdot h_1 \text{ 期} / h_2 \text{ 期}$ 具有較大之取樣機差。本試驗中 $rg_1 \text{ 期} \cdot 2 \text{ 期} \cdot h_1 \text{ 期}$ 除谷產量外均小於 $h_2 \text{ 期}$ 顯示欲在第一期作行間接選拔而改進第二期作之性狀效果不彰，不如進行第二期作之直接選拔效果較大。此種結果也說明了本試驗所用多數材料因係由於經過長期進行連續在第一，二期作之選拔，而其中未包含真正適合於第二期作之品種⁽²⁾，如果能夠尋找出適合第二期作之因子型而從其後代來分析不同期作下之選拔效果可能會不一樣。因此本試驗結果顯示以目前本省之育種材料欲育成特別適合第二期作之水稻品種，恐怕先要尋找適合第二期作之因子型，然後在進行後代之分期選拔，這樣也許可能發現適合第二期作之品種，以現階段之育種方式及育種材料，要育成特別適合第二期作之品種，恐怕效率較低。

參 考 文 獻

1. 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, 第二期稻低產原因之探討 科學發展月刊 3 (10) 5~39。
2. 鄧耀宗、張萬來 1978 稻分期育種之可行性。謝順景、劉大江編，台灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集，行政院國家科學委員會 215~222。
3. 張魯智 1978 稻之分期育種問題之檢討。謝順景、劉大江編台灣二期作低產原因及其解決方法研討會專集，行政院國家科學委員會 209~213。
4. 林富雄、邱運全 1984 台灣南部第二期作水稻育種之研究(1)第一、第二期作水稻主要農藝性狀對產量影響之分析。中華農學會報新 128: 1~6。
5. Goton, K., and S. Osanai. 1959. Efficiency of selection for yield under different planting densities in a wheat cross. Japan J. Breeding 9:7-11
6. Oka, H. I. 1975. Breeding for wide adaptability in Matsuo, T. (Ed): adaptability in plants. JIBP Synthesis 6. Japanese Committee for the International Biological Program. Tokyo. 177-185.
7. Falconer, D. S. 1981. Introduction to quantitative genetics. p340