中華農業研究 (Jour. agric. Res. China) 32(2)：122～128 (1983)

水稻農藝性狀取樣方法之研究[1]

I. 期作間之比較

劉 清 何 惠 曹紹徽[2]

摘要：本文探討在不同期作下，試區取樣時水稻重要農藝性狀之適當取樣單位及樣品大小，並作產量構成要素與實粒重關係之比較。以臺農67號爲材料，分70年二期作與71年一期作調查株高、實粒重及產量構成要素等12個性狀，並作①取樣單位間與取樣單位內變異性之比較，②取樣單位大小之影響，③取樣大小之影響及④實粒重與其他性狀之相關。結果顯示一、二期作各性狀取樣單位內之變異較取樣單位間之變異爲大，且取樣單位間之差異達極顯著，表示試區內之植株間仍有某種程度之變異。除產量外，相鄰四株（2株×2株）之取樣單位可應用於一期作，而相鄰四株（2株×2株）或相鄰六株（2株×3株）之取樣單位較適於二期作。樣品大小在一期作時每試區內3個取樣單位已足够，二期作時每試區內4個取樣單位較準確。試區內之偏性因素除應盡力控制外，尙應盡可能在試區內逢機取樣，以使可能導入試驗結果之偏性因素能有機會互相抵消。實粒重與穗數之相關極高（一期作0.74，二期作0.81）但與每穗穎花數，結實率及千粒重等「導出性狀」(derived character) 之相關很低，因此作選拔或作產量預測時應以 4 個產量構成要素之乘積作指標，而不能以前述導出性狀爲依據。

取樣方法爲探討如何自族羣中選出一部分個體而又能正確的代表整個族羣。取樣方法視研究目的，材料性質，時間，經濟，人力物力等條件而定。如欲加以取樣之族羣爲田間試驗之試區 (plot)，則此種取樣即稱爲試區取樣 (plot sampling) (Gomez, 1972)。好的試區取樣法能使樣品平均值極爲接近整個試區平均值，而無需一一測量整個試區內之每一個體。實施取樣前首先需決定：(1) 取樣單位 (sampling unit)，即欲加以測量之單位。水稻田間試驗之取樣單位可爲單株，相鄰數株或數平方公尺面積等。(2) 自試區中選取取樣單位之方法，如情況許可，應盡可能採逢機取樣 (Steel and Torrie, 1980)。(3) 樣品大小 (sample size)，即欲自每一試區中選出之取樣單位數目。取樣方法爲影響試驗結果之重要因素之一，目前研究水稻的試驗者對水稻各性狀之取樣單位及樣品大小，多依個人習慣或方便取樣，缺乏理論或實驗依據，故常造成樣品過大，浪費人力及時間；或樣品過小，取樣單位太小，以致所獲資料缺乏代表性。本研究之目的乃欲探討在不同期作下，水稻重要農藝性狀之適當取樣單位及樣品大小，以供各試驗者進行水稻試驗之參考，俾減少不必要之勞力及時間，並增加試驗結果之可靠性及代表性。

材料與方法

1.試驗材料：試驗材料爲臺農67號，試驗於70年二期作及71年一期作在臺中縣霧峰鄉臺灣省農業試驗所試驗田進行，生育期間曾加適時之病蟲害防治，田間管理及肥料用量按一般慣行法實施。

2.試驗方法：①本研究爲探討取樣單位及樣品大小對各農藝性狀變異性 (variability) 之影響，故在1000平方公尺之試驗田中，以相鄰九株爲一取樣單位，逢機選取 100 個取樣單位組成樣品，族羣

1.臺灣省農業試驗所 研究報告第1088號。本計畫承行政院農業發展委員會補助，謹致謝忱。

2.本所農藝系研究員、助理研究員、助理。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

取樣率（sampling fraction）約爲 $^1/_{10}$。調查及記錄各性狀時仍以株（hill）爲單位，以便研究取樣單位大小之影響，各性狀依各生長時期進行取樣並調查記錄。②資料分析：在不同大小之取樣單位（由1株至九株）下，分析樣品取樣率（100% 至5%）與各性狀變異性之關係，並配合取樣單位間與取樣單位內變異性之比較，決定最適當的取樣單位及樣品大小。

3.調查項目：株高，穗數，穗重，穗長，實粒重，總粒重，實粒數，空粒數，每穗穎花數，結實率，千粒重，實粒重／穗重等 12 個性狀。各性狀之定義及調查方法均按國際稻米研究中心出版之「The Morphology and Varietal Characteristics of the Rice Plant」一書行之。

結果與討論

(一) 取樣單位間與取樣單位內變異性之比較

由各性狀資料單分類變方分析結果，可比較取樣單位間與取樣單位內變異性之大小。若取樣單位間之變異不顯著，則表示整個試區可視爲一同質（homogeneous）性的羣體，因此取樣單位之數目（即樣品大小）無需太多；反之若取樣單位間之變異顯著，則表示試區內取樣單位間之差異很大，在這種試區內取樣，取樣單位之數目即需較多，並逢機的分布於整個試區，如此所取出之樣品才能代表整個試區。由一期作及二期作各性狀變方分析結果（表1.）可明顯看出雖然各性狀取樣單位內之變異（σ_W^2）較取樣單位間之變異（σ_A^2）爲大，但取樣單位間之差異仍達極顯著之水準。一、二期作各性狀取樣單位間之差異達極顯著之結果明顯表示試區內取樣之重要性。在田間試驗中，試區爲吾人施以處理（treatment）之最小單位，通常亦爲試驗記錄的最基本單位，因此若無法利用整個試區之材料而必須加以取樣時應注意防止取樣誤差（sampling error）之被導入試驗記錄中，不當的試區內取樣對試驗結果的正確性有很大的影響。一、二期作取樣單位間之差異極顯著亦提醒吾人在試區內取樣最好採用逢機取樣（random sampling）以減少取樣誤差。

表1. 取樣單位間與取樣單位內變異程度之比較

Table 1. Comparison of variability among and within the sampling units

Character	First crop				Second crop			
	Mean	F-value	σ_A^2(%)[a]	σ_W^2(%)[b]	Mean	F-value	σ_A^2(%)[a]	σ_W^2(%)[b]
Plant ht. (cm)	98.53	8.35**	44.9	55.1	104.72	4.20**	26.2	73.8
Panicle wt./plant (g)	33.60	2.26**	12.3	87.7	27.13	1.75**	7.7	92.3
No. of panicles/plant	16.52	3.35**	20.7	79.3	12.76	1.28*	3.0	97.0
Mean panicle length/plant (cm)	19.54	3.67**	23.3	76.7	20.09	2.09**	11.0	89.0
Wt. of filled grains/plant (g)	30.98	2.36**	13.1	86.9	24.39	1.91**	9.2	90.8
Total wt. of grains/plant (g)	32.12	2.27**	12.4	87.6	25.88	1.79**	8.1	91.9
No. of filled grains/plant	1,278.76	2.53**	14.5	85.5	1,038.81	1.94**	9.5	90.5
No of unfilled grains/plant	257.35	9.00**	47.0	53.0	345.28	2.69**	15.8	84.2
Mean no. of spikelets/plant	95.50	5.76**	34.6	65.4	109.13	3.14**	19.2	80.8
% of filled grains	83.43	11.14**	53.0	47.0	75.03	6.02**	35.8	64.2
1000-grain wt. (g)	24.25	3.44**	21.3	78.7	23.38	2.55**	14.5	85.5
Wt. of filled grains/panicle wt. (%)	73.88	7.05**	40.2	59.8	71.44	8.03**	43.8	56.2

*, **Significant at 5% and 1% levels, respectively.
a. Percent of variation among the sampling units.
b. Percent of variation within the sampling units.

(二) 取樣單位大小之影響

爲研究取樣單位大小對各性狀變異性之影響，分別以單株（1株×1株），相鄰二株（1株×2株），相鄰三株（1株×3株），相鄰四株（2株×2株），相鄰六株（2株×3株）及相鄰九株（3株×3株）爲取樣單位，計算各性狀在不同大小取樣單位下之變異係數值（表2.）。由表中可看出不論一、二期作，以單株爲取樣單位，變異係數均爲最高，但隨取樣單位之增大，變異係數即隨之減小。各性狀變異係數隨著取樣單位增大而減少之速率不盡一致，穗重，穗數，實粒重，實粒數，每穗穎花數等性狀，其變異係數減小之速率較快；反之株高，結實率，穗長等性狀，其變異係數減小之速率較慢，且不甚明顯。表2亦可看出變異性較大的性狀其變異係數減小的速率較快，變異性較小的性狀其變異係數減小的速率較慢。由一、二期作各性狀之變異係數值可發現凡與適應性（fittness）或繁衍後代有關之性狀如穗數，實粒重，每穗穎花數等均具有較大之變異性，而與適應性較無關之性狀，如株高，結實率，穗長等則具較小之變異性（Flaconer, 1960）；或謂與生殖（reproductivity）有關之性狀，變異性較與生殖無關之性狀爲大，或許如此才可保障物種在環境劇變下得以不致滅絕。由表2中可知，雖然各性狀之變異性差異很大，但都有隨取樣單位之增大而逐漸降低之趨勢，大致言之，一期作時以相鄰四株（2株×2株）爲取樣單位似乎在經濟上及準確程度上皆能兼顧。雖然以相鄰四株爲取樣單位，但對每一性狀却無需四株皆測量，變異性較大之穗數，穗重、實粒數、實粒重，每穗穎花數等可測量四株然後平均之，變異性較小之株高、結實率、穗長等則在取樣單位內逢機選取一或二株測量即可。二期作因單株取樣之變異性較一期作爲大，故最好以相鄰四株（2株×2株）或相鄰六株（2株×3株）爲取樣單位，以提高準確程度。如前所述，對變異性較大之性狀可測量取樣單位內之所有植株，對變異性較小之性狀則測量取樣單位內之一部分植株即可。

表2. 不同大小取樣單位下之變異係數值（%）

Table 2. Coefficients of variation (%) under different size of sampling unit

Character	First crop						Second crop					
	1×1[a]	1×2	1×3	2×2	2×3	3×3	1×1	1×2	1×3	2×2	2×3	3×3
Plant ht. (cm)	3.51	3.12	3.19	2.99	2.89	2.80	4.75	3.74	3.37	3.18	2.73	2.58
Panicle wt./plant (g)	24.19	17.41	14.60	11.91	11.09	11.15	29.72	24.50	19.92	17.64	14.40	13.16
No. of panicles/plant	31.63	22.53	18.20	16.66	14.52	15.50	25.42	21.63	17.09	15.51	12.41	10.69
Mean panicle length/plant (cm)	4.10	3.50	3.14	3.05	2.58	2.44	5.61	4.04	3.28	3.16	2.52	2.26
Wt. of filled grains/plant (g)	24.69	17.90	14.83	12.19	11.54	11.63	31.84	25.99	21.03	18.68	15.29	14.09
Total wt. of grains/plant (g)	24.33	17.51	14.55	11.91	11.09	11.23	30.86	25.07	20.17	17.83	14.60	13.41
No. of filled grains/plant	23.65	17.32	14.42	12.27	11.67	11.85	30.36	24.71	19.81	17.89	14.96	13.65
No of unfilled grains/plant	52.39	42.96	41.71	39.10	37.94	38.86	41.72	31.98	27.00	25.05	21.57	20.52
Mean no. of spikelets/plant	19.04	14.40	13.94	13.30	11.51	12.21	14.60	10.59	9.29	8.99	7.72	7.32
% of filled grains	7.87	6.72	6.52	6.22	6.36	6.33	9.79	8.21	7.18	7.03	6.27	5.89
1000-grain wt. (g)	6.03	4.37	4.09	3.51	3.42	3.37	6.76	4.52	4.03	3.87	3.34	3.17
Wt. of filled grains/panicle wt. (%)	2.71	2.83	2.52	2.36	2.22	2.16	5.93	4.17	3.43	3.42	2.96	2.85

a. hill×hill.

(三) 樣品大小之影響

樣品大小（每試區中所欲選出之取樣單位數）直接影響到試驗結果之準確程度。故以相鄰四株（

2株×2株）爲一取樣單位，則各性狀樣品大小與準確程度之關係分一、二期作列於表3。由表中可明顯看出各性狀之準確程度皆隨樣品之增大而提高。雖然加大取樣單位及增加樣品大小皆有助於提高準確程度，但通常增加樣品大小較加大取樣單位來得有效，比較本文表2及表3亦可發現此種結果。

表3. 以2株×2株取樣時，不同樣品大小下樣品平均之變異係數值（%）

Table 3. Coefficient of variation (%) of sample mean for different sample sizes based on 2-hill×2-hill sampling unit

Character	First crop							Second crop						
	2[a]	3	4	5	6	7	8	2	3	4	5	6	7	8
Plant ht. (cm)	2.11	1.72	1.49	1.33	1.22	1.13	1.06	2.25	1.84	1.59	1.42	1.30	1.20	1.12
Panicle wt./plant (g)	8.41	6.87	5.95	5.32	4.86	4.50	4.21	12.47	10.18	8.82	7.89	7.20	6.67	6.23
No. of panicles/plant	11.79	9.63	8.34	7.46	6.81	6.30	5.90	10.96	8.95	7.75	6.93	6.33	5.86	5.48
Mean panicle length/plant (cm)	2.16	1.77	1.53	1.37	1.25	1.16	1.08	2.25	1.83	1.59	1.42	1.30	1.20	1.12
Wt. of filled grains/plant (g)	8.62	7.04	6.10	5.45	4.98	4.61	4.31	13.20	10.78	9.34	8.33	7.62	7.06	6.60
Total wt. of grains/plant (g)	8.42	6.87	5.95	5.32	4.86	4.50	4.21	12.60	10.29	8.91	7.97	7.27	6.73	6.30
No. of filled grains/plant	8.68	7.09	6.14	5.49	5.01	4.64	4.34	12.65	10.33	8.95	8.00	7.31	6.76	6.33
No of unfilled grains/plant	27.61	22.55	19.52	17.46	15.94	14.76	13.81	20.33	16.60	14.33	12.86	11.74	10.87	10.16
Mean no. of spikelets/plant	9.41	7.68	6.65	5.95	5.43	5.03	4.70	6.36	5.19	4.50	4.02	3.67	3.40	3.18
% of filled grains	4.40	3.59	3.11	2.78	2.54	2.33	2.20	4.97	4.06	3.51	3.14	2.87	2.65	2.48
1000-grain wt. (g)	2.47	2.02	1.75	1.56	1.43	1.32	1.24	2.73	2.23	1.93	1.73	1.57	1.46	1.36
Wt. of filled grains/panicle wt. (%)	1.67	1.37	1.18	1.06	0.97	0.89	0.84	2.42	1.98	1.71	1.53	1.40	1.29	1.21

a. No. of 2-hill×2-hill sampling units per plot.

對一期作而言，除產量外，以相鄰四株爲一取樣單位，若在每試區內逢機選取3個取樣單位（共12株），則對各性狀之準確程度已大體都能兼顧。穗數，每穗穎花數，結實率，千粒重等產量構成要素之變異已相當小（變異係數值在2.02%至9.63%之間）。二期作時，設仍以相鄰四株爲取樣單位，若在每試區中逢機選取4個取樣單位（共16株）則各性狀之準確程度即大致與一期作相似，對較重要之4個產量構成要素，其變異係數值在1.93%至7.75%之間，可謂相當準確。

綜論一、二期作，水稻田間試驗之試區取樣，若以相鄰四株（2株×2株）爲一取樣單位，而在每一試區內逢機選取3到4個取樣單位組成一樣品作爲試區估值，則對各重要農藝性狀之準確程度大體已都能兼顧。

（四）實粒重與其他性狀之相關

各性狀間之相關列於表4，其中上三角（upper triangle）部分爲一期作，下三角（lower triangle）部分爲二期作。爲避免混合作用（blending effect），故所有相關皆以單株觀測值計算，而不以各種取樣單位下之平均值計算。由表中發現實粒重與穗重、穗數及實粒數之相關極高（0.74到0.99），與所謂產量構成要素如每穗穎花數，結實率，及千粒重等「導出性狀」（derived character）之相關反而很小（-0.04到0.38），且一、二期作均有此現象。因本研究所採之樣品甚大，故表4中實粒重與前述導出性狀之相關，有些在統計上亦達顯著水準，但實際應用上却無甚大價值。理論上實粒重應由穗數，每穗穎花數，結實率及千粒重等4個要素（components）所完全決定，但實際上此4個構成要素中除穗數外，其餘3個性狀皆非直接測量而來，如每穗穎花數是以總粒數（包括實粒

與空粒）除以穗數而得；結實率是以實粒數除以總粒數而得；千粒重是以實粒重除以實粒數而得，因此將其稱爲「導出性狀」。由於4個產量構成要素皆互相關連而非彼此獨立測量而來，故雖然實粒重與穗數、實粒數、總粒數等性狀之相關很高，但不一定與前述導出性狀也有很高之相關，甚至相關很低。因此作選拔（selection）或作產預測（prediction）時應以4個要素之乘積作指標，而不能以個別要素爲對象。

由表4中可發現不論在第一、二期作，實粒重與穗數之相關均極高，分別爲0.74與0.81，此點或許可利用於單位面積之產量預測。因與實粒重有高相關之穗重、穗數及實粒數中只有穗數是可以早期決定且大量測量之性狀。

表4 實粒重與其它性狀之相關（上三角部分爲一期作，下三角部分爲二期作）

Table 4. Correlation coefficients among weight of filled grains and other characters in the first (upper trangle) and the second (lower triangle) crop

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
X_1[a]		0.393	0.229	0.281	0.389	0.399	0.386	0.227	0.200	−0.030	0.049	0.077
X_2	0.503[b]		0.763	0.207	0.992	0.997	0.969	0.267	−0.032	0.221	0.155	0.181
X_3	0.350	0.837		−0.189	0.739	0.761	0.721	0.479	−0.534	−0.106	0.106	−0.016
X_4	0.243	0.205	−0.178		0.212	0.205	0.211	−0.050	0.516	0.173	0.053	0.125
X_5	0.508	0.994	0.810	0.215		0.997	0.968	0.182	−0.038	0.304	0.190	0.296
X_6	0.509	0.997	0.833	0.207	0.998		0.971	0.256	−0.030	0.234	0.160	0.238
X_7	0.487	0.983	0.831	0.182	0.985	0 986		0.259	0.063	0.242	−0.057	0.225
X_8	0.260	0.523	0.715	−0.038	0.463	0.513	0.503		0.046	−0.843	−0.279	−0.588
X_9	0.309	0.299	−0.148	0.691	0.311	0.304	0.328	0.106		−0.018	−0.384	−0.022
X_{10}	0.137	0.267	−0.069	0.220	0.332	0.280	0.294	−0.634	0.179		0.274	0.745
X_{11}	0.272	0.352	0.154	0.273	0.381	0.362	0.225	−0.066	0.028	0.321		0.313
X_{12}	0.207	0.270	0.066	0.185	0.368	0.328	0.318	−0.298	0.189	0.660	0.448	

[a] X_1=Plant ht. (cm)
X_2=Panicle wt/plant (g)
X_3=No. of panicles/plant
X_4=Mean panicle length/plant (cm)
X_5=Wt. of filled grains/plant (g)
X_6=Total wt. of grains/plant (g)
X_7=No. of filled grains/plant
X_8=No. of unfilled grains/plant
X_9=Mean no. of spikelets/plant
X_{10}=% of filled grains
X_{11}=1000-grain wt. (g)
X_{12}=Wt. of filled grains/panicle wt. (%)

b. 5% and 1% significant correlation coefficients are 0.198 and 0.261 respectively.

結　　論

取樣方法的適當與否直接影響到試驗結果的準確性。一般田間試驗皆是在有限的人力、經費與時間下進行，如何在這些限制條件下經濟有效的獲得有用的資料，端賴良好的試驗設計與取樣方法。

本文探討在不同期作下，水稻重要農藝性狀之適當取樣單位及樣品大小。結果發現除產量外，相鄰四株（2株×2株）之取樣單位可應用於一期作，而相鄰四株（2株×2株）或相鄰六株（2株×3株）之取樣單位可應用於二期作。至於樣品大小在一期作時每試區內取3個取樣單位已足夠，二期作時每試區取4個取樣單位較準確。由本研究之結果可發現，由於不同農藝性狀各有其變異性（variability）故對某一性狀最合適之取樣單位與樣品大小往往並不適用於其它性狀，而實際操作上又不便給予每一性狀一種取樣單位及樣品大小，因此前述所建議之取樣單位及樣品大小可視爲權衡各性狀後的一種折衷；對變異性較大或較重要之性狀，則取樣單位內之每一植株均予測量，對變異性較小的性狀則僅測量取樣單位內之一或二株即可。

田間試驗中，雖然試驗者皆力求使試區內之植株表現儘可能相同，但由本研究結果可知試區內之植株仍有一定之變異性，此種變異性之來源除植株本身之固有變異（inherent variability）外，尚有土壤變異，邊際影響（border effect），缺株影響（missing plant effect），肥料施用的不均勻，病蟲害及其它不當田間管理工作所引起的偏性因素，試驗者除應盡力控制上述偏性因素外，尚應盡可能在試區內以逢機方法取樣，以使可能導入試驗結果之偏性因素能有機會互相抵消。

引 用 文 獻

1. Chang, T. T. and E. A. Bardenas. 1965. The morphology and varietal characteristics of the rice plant. Technical Bulletin 4, IRRI, Los Banos, Philippines.
2. Falconer, D. S. 1960. Introduction to quantitative genetics. The Ronald Press, New York.
3. Gomez, K. A. 1972. Techniques for field experiments with rice. IRRI, Los Banos, Philippines.
4. Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. 2nd Ed., McGraw-Hill, Inc., New York.

Studies on Sampling Method of Rice Agronomic Characters.

I. Comparison between Crops[1]

C. Liu, H. Ho and S. H. Tsao[2]

Summary

This paper investigated the appropriate sampling unit and sample size, under plot sampling, for various agronomic characters of rice. Using Tainung 67 as experimental variety, 12 agronomic characters including grain weight and yield components were measured for the second crop of 1981 and for the first crop of 1982. Analyses performed were (1) variability comparison among and within the sampling units, (2) effects of the size of sampling unit, (3) effects of the smple size and (4) the relationship between yield components and the weight of filled grains.

Data revealed that variation within individual sampling units was always larger than that among different sampling units. Furthermore, the difference between sampling units ware also highly significant for both crops and all measured characters, indicating that some sort of variation existed among plants within the same plot. Excepting yield, 4 adjacent hills (2-hill×2-hill) should be counted as a sampling unit for the first crop, and either 4 adjacent hills (2-hill×2-hill) or 6 adjacent hills (2-hill×3-hill) should be used for the second crop. A sample size of 3 sampling units for the first corp and 4 sampling units for the second crop are considered appropriate. The selection of sampling units should be random whenever possible in order to cancel out any potential bias associated with the experimental results.

The weight of filled grains correlated closely with the number of panicles per hill (0.74 for the first and 0.81 for the second crop). However, there was very little correlation with such "derived" yield components as the number of spikelets per panicle, % of filled grains, and the 1000-grain weight. Therefore, the product total of the four yield components, rather than any derived one should be used as an index in making selections or predicting yield.

1. Contribution No. 1033 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported in part by a grant from the Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, Republic of China.

2. Senior Statistician, Assistant Statistian and Assistant, respectively, of the Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.