屏東地區第一、二期作水稻之生態與收量之關係

連　深　吳育郎　陳火塗

一、前　　言

本省第二期作水稻單位面積產量，據統計，較第一期作平均約低15～20%。但這種差異以本省南部，尤其是屏東地區最爲顯著，達35%之多。(1,2)

第二期作單位面積產量之低落，除了該期作有較多病蟲害及風害等災害因素公認爲要因外，營養生理上該期作之氣溫，日照環境對水稻生育上之種種影響亦被認爲是低產之主要原因。(1,2,3,4,5)

第二期作單位面積產量之低落如何與環境關連？有無改善之可能性？凡此過去實際試驗資料不多，迄今仍爲大家關心的課題。爰以嘉南8號爲主，報告屏東地區水稻生育經過的實例數則，用來推敲該地區第二期作單位面積產量低落之原因，尙祈先進賢達不吝指教。

本研究承農業研究中心及國家科學委員會補助，並蒙農復會步焱昇博士及日本北海道大學田中明教授鼓勵，謹此誌謝。

二、材料及方法

1. 試驗地點及土壤性質　本研究以屏東縣竹田鄉豐田村同一農戶所屬不同地力之三塊水田進行。A田爲該農戶屢次參加增產競賽而常獲優勝之一片高地力水田。B 田和C 田都是該地區一般地力之水田。BC兩田近隣，A田則距BC田約700公尺遠。

ABC三田之表土化學性質如表1。三種土壤均屬隘寮系 (6) 粘板岩質冲積土，質地均屬坍質壤土，有機質和氮素含量均高，易還元性鐵，錳含量亦都相似。但 BC 土壤和A土壤比較在置換性鈣和置換性鉀含量上却有很大差異；即就置換性鈣含量而言，BC 土壤約爲A土壤之二倍，其置換性能量因均係以鈣呈過飽和狀態，pH值亦較高。但就置換性鉀含量而言，BC土壤却只及A 土壤之一半。惟雖然如此，前者之置換性鉀含量如以ppm表示，仍達 60 ppm 之多，爲屏東地區一般土壤之平均值。(7)

表1　各試驗田表土化學性質

Table 1　Chemical properties of surface soils at each experimental locality

Locality	Soil Series	Texture	(1) pH	(2) Read. Ox. O. M. (%)	Total N (%)	(3) C. E. C. m.e. /100g	Exchangeable Bases. (m.e./100g)				(4) Active Fe (ppm)	(5) Easily Red. Mn (ppm)	Hot HCl Sol. Ca(%)
							K	Na	Ca	Mg			
A	Ai-liao Series (Slate-Alluvial)	SiL	6.3	4.7	0.32	15.0	0.27	0.28	14.2	1.2	3920	865	0.48
B	〃	〃	7.5	4.9	0.36	12.9	0.16	0.31	28.3	1.2	3410	673	0.90
C	〃	〃	7.7	4.4	0.34	11.1	0.13	0.20	32.4	1.2	3600	1513	2.08

(1) 1:1 Soil-water ratio
(2) Walkley-Black method
(3) By pH 7.0 N Ammonium Acetate Buffer
(4) Reduced by Na-hydrosulfite and EDTA T. Asami & Kumada, Soil and Plant Food 5 (3)
(5) Reduced by hydroquinone C. A. Black et al, Method of Soil Analysis (II)

2. 水稻生育期間及氣象環境　屏東地區第一、二期作水稻生育期間及氣象環境如第2表。

第一期作和第二期作之總生育日數各爲170及120天，相差很大，但其主要差異在於營養生長期間（自播種至幼穗形成）之長短（第一、二期作各爲109及67天）。第一期作水稻營養生長因氣溫及日射量均低，出葉速度緩慢，幼穗形成延遲故期間延續甚長。反之，第二期作水稻營養生長因氣溫及日射量均高，出葉速度迅速，幼穗形成亦速故期間甚短。

第一期作之氣象環境係屬溫帶性；其生育初期氣溫及日射量均低（平均各爲 19.5°C 及 266 cal/cm²/day）但隨着水稻生育之進度逐漸昇高而在登熟期間達到最高（平均各爲 27.4°C 及 425 cal/cm²/day）。第二期作之氣象環境則屬熱帶性；其氣溫自生育初期迄生育後期均高，（平均各爲 30.4 及29.1°C）但日射量則生育後期較生育前期略低，（平均各爲377及 437 cal/cm²/day）。

表2　各生育階段之期間及氣象環境（嘉南8號，1967）

Table 2　Duration of various growth phases, mean air and water temparature and solar radiation. (Chianan 8, 1967)

Crop Season	Sowing to Transplanting	Transplanting to Panicle-initiation	Panicle-initation to Flowering	Flowering to Harvest	Total
Duration (days)					
1st	35 (28/XI-3/I)	74 (3/I-18/III)	26 (18/III-13/IV)	36 (13/IV-19/V)	171
2nd	22 (25/V-16/VI)	45 (16/VI-31/VII)	23 (31/VII-23/VIII)	36 (23/VIII-26/IX)	121
Mean air temp.* (°C)					
1st		19.5	24.2	27.4	
2nd		30.4	30.0	29.1	
Mean water temp.* (°C)					
1st		22.4	27.0	30.3	
2nd		32.5	32.4	31.4	
Mean solar rad.** (g cal/cm²/. day)					
1st		266	340	425	
2nd		437	316	377	

* Based on the data of daily mean (maximum and minimum) air and daily mean (10 a. m and 2 p. m.) water temperature from Kaoshung DAIS.

* * Measured by Robitsch type recorder

3. 水稻栽培方法及稻株之取樣分析

栽培方法：ABC 各試驗田均設標準栽培方法處理區：栽植密度爲27cm×13.5cm（民國57年改爲22×22cm）。肥料用量爲N，P_2O_5，K_2O 各 120，80，80 kg/ha。磷肥以全量當基肥而氮肥和鉀肥則以部分（各 $\frac{1}{3}$ 及 $\frac{1}{2}$）當基肥，其餘部分於分蘖盛期當追肥施用。其他整地，栽培日期及田間管理等均按照當地一般慣行法行之。病蟲害均予撤底防治以免影響水稻之正常生育。結果除了第二期作時有

胡麻葉枯病斑外均無其他顯著的病蟲害。

ABC 各田除了設置上述標準栽培方法處理外，B田另設氮肥用量試驗，C田另設品種×栽植密度試驗，其處理內容及田間設計見於表12及14。又此外高雄區農業改良場內亦設品種×氮用量試驗，因本報告所提及者僅及其中有關乾物收量，葉面積指數與穀收量之資料，故田間設計內容從略。

稻株之取樣：各試驗處理區之總面積約爲 60～100m²。取樣時隔大約每隔兩週。取樣方法，每次自各試驗處理區分別隨機採取稻株20株（如該試驗處理設有 4 重覆則每重覆取 5 株）。稻株採取後即測定株高，分蘖數，剪去稻根，經洗淨後分爲稻葉、稻穗及枯葉各部分，放入通風烘乾器（75—85°C）1～2日後秤稱各部分乾物重量，並經磨碎混合後以一部分儲存於玻璃瓶中供化驗分析之用。穀收量於收穫時另收刈240株以 2 重覆估計。（如該試驗處理設有四重覆則每重覆收刈120株）。栽植密度試驗各處理區之取樣及收刈株數均以 25hills/m² 處理區爲基準依密植度調整取樣及收刈株數。

植物體樣本之分析：N.P.K. 各用Kjeldahl 變法，比色法及焰光法 (8) 。 Fe, Mn 用比色法，Ca Mg 用 Chelate 滴定法 (9) 。

葉面積指數之測定用藍圖晒印法 (10) 。

三、結果及討論

I. 水稻營養及生育之差異

（1）各試驗地點第一、二期作水稻全乾物收量及穀收量之差異

第一、二期作 ABC 各田之水稻生育情形及收量如圖 1 及表 3 。第一期作時 ABC各田之水稻生育情形在標準用肥量下 (N, P_2O_5, K_2O 各 120, 80 80, kg/ha) 甚小差異，收穫時之全乾物收量均達 13 ton/ha 左右，穀收量則達 7.5 ton/ha 左右。反之第二期作在同樣標準用肥量下各田之水稻生長情形却有很大差異；即除了 A 田之全乾物收量仍高達 12—13 ton/ha 外，BC 各田僅達 8—10 ton/ha。因全乾物收量差異，穀收量間亦有顯著差異（ABC 田各爲5.8，5.0 及4.3 ton/ha），其詳細關係將於第 2 節討論。

表 3　第一、二期作各試驗田水稻全乾物收量及穀收量（嘉南 8 號，1967～1968）

Table 3　Total plant weight and grain yield of rice at different localities in the first and second crops (Chianan 8, 1967–1968)

Locality	Total plant weight * (ton/ha)				Grain yield * (ton/ha)				Panicle–straw ratio			
	1st		2nd		1st		2nd		1st		2nd	
	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968
A	13.5	—	13.2	11.5	7.21	—	5.83	5.65	1.23	—	0.85	1.04
B	14.0	12.6	10.3	7.4	7.86	7.2	4.98	3.60	1,38	1.43	1.01	1.02
C	—	12.9	8.9	9.8	—	7.3	4.27	4.87	—	1.43	1.01	1.11

* Oven dry basis (75°～85°C)

（2）各試驗地點第一、二期作水稻營養之差異

第一期作 AB 各田之水稻生育情形在標準用肥量下，全生育期間約略相同。植物體分析結果亦

示 AB 各田之水稻無機要素含量大體相同，（如圖 2、3、4 粗線部分及表 4）。B 田水稻之鉀素含量雖然低於 A 田，但如和第二期作比較均在水準以上。

第二期作 ABC 各田之水稻生育情形有很大的差異，其植物營養狀態亦有顯著的差異；即①生育受阻之 BC 兩田水稻自生育初期以至成熟期鉀素含量及吸收量均顯著低於 A 田水稻，並略呈缺鉀症狀。（如圖 4 及 5 點線部分）。②生育初期 BC 兩田水稻之鈣和鐵含量均略高於 A 田水稻，雖然其差異在生育後期趨小（如表 5）。

BC 田第二期作乾物收量之低落顯然和氮素營養無關，可由植物體氮素含量（BC 田水稻各生育期氮素含量均略高於 A 田）及對氮肥之效應而獲了解。（表 10）

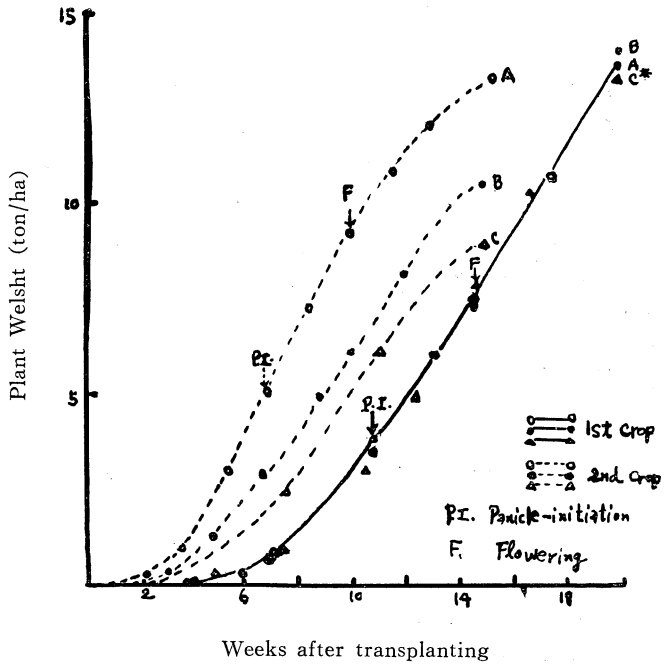


圖 1　第一、二期作插秧後植物體乾物重之增加經過（1967，嘉南 8 號）*1968

Fig 1　Total dry weight at successive growth stages in the first and second crop seasons (Chianan 8, 1967, *1968)

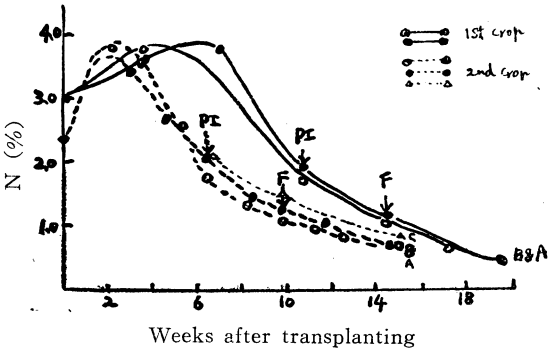


圖 2　第一、二期作各生育期藁中氮素含量（1967，嘉南 8 號）

Fig 2　Percentage of nitrogen in straw at successive growth stages in the first and second crop seasons.(Chianan 8, 1967)

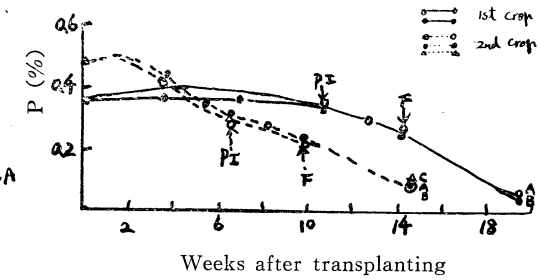


圖 3　第一、二期作各生育期藁中磷含量（1967，嘉南 8 號）

Fig 3　Percentage of phosphorus in straw at successive growth stages in the first and second crop seasons.(Chianan 8, 1967)

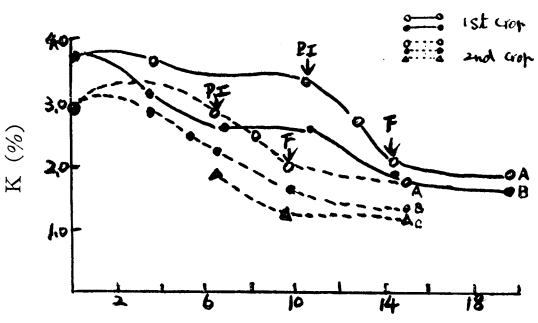


圖4　第一、二期作各生育期藁中鉀素含量
(1967，嘉南8號)

Fig 4 Percentage of potash in straw at successive growth stages in the first and second crop seasons. (Chianan 8 1967)

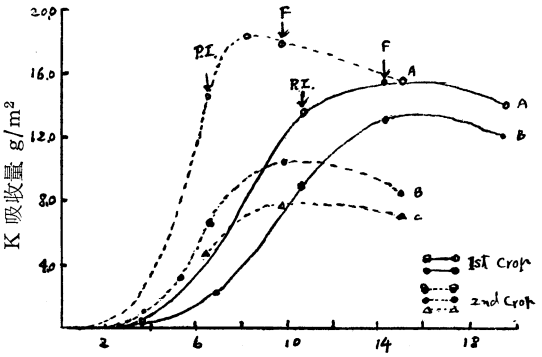


圖5　第一、二期作各生育期鉀素吸收量
(1967，嘉南8號)

Fig 5 Amount of potash in plant at successive growth stages in the first and second crop seasons. (Chianan 8, 1967)

表4　第一、二期作各生育期藁中 Ca, Mg Fe Mn SiO_2 含量 (1967，嘉南8號)

Table 4 Contents of Ca, Mg, Fe, Mn, SiO_2 in straw at various growth stages in the first and second crop seasons (Chianan 8, 1967)

Crop Season	Locality	Ca (%)		Mg (%)		Fe (ppm)		Mn (ppm)		SiO_2(%)
		P.I.*	Fl. **	P.I.	Fl.	P.I,	Fl.	P.I.	Fl.	Harvest
1st	A	0.36	0.30	0.15	0.17	550	320	390	520	14.1
	B	0.44	0.31	0.17	0.17	720	300	470	410	11.4
2nd	A	0.31	0.23	0.20	0.20	570	420	310	420	13.5
	B	0.43	0.31	0.26	0.21	760	390	430	380	11.3
	C	0.54	0.31	0.29	0.26	790	430	410	400	10.9

* P.I. Panicle-initiation stage　　** Fl. Flowering stage

表5　第二期作生育初期ＡＣ各田水稻生育之差異及藁中各種要素含量 (嘉南8號，1968)

Table 5. Plant weight and element contents in straw at different localities during the early stages of growth in the second crop season (Chianan 8, 1968)
Active tillering stage (22 days after transplanting)

Locality	plant wt. g/m²	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
A	47.7	3.08	0.38	3.69	0.35	790	420
C	18.4	2.91	0.34	2.64	0.48	1710	629

Panicle-initiation stage (45 days after transplanting)

Locality	Plant wt. g/m²	Total plant							Leaf		
		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	SiO_2 (%)	Ca (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
A	328	2.07	0.37	3.55	0.34	271	530	9.71	0.59	278	570
C	203	2.75	0.31	2.75	0.37	458	595	8.72	0.69	416	595

（3）盆栽補充試驗

上述ABC水田之表土携回室內，風乾過篩，以玻璃杯在溫室栽培秧苗，結果水稻生長情形亦有同樣差異。如表6在低土溫的環境下土壤間水稻生長情形差異不多，但高土溫時 BC 土壤之水稻生育卻較A土壤者顯著低落。惟雖然如此，BC 土壤如經施用大量鉀肥則其水稻生育卻有顯著獲得改善之勢。

表6　土溫及鉀肥對ＡＢＣ土壤水稻生育之影響

Table 6. Response of rice seedlings to soil temperature and potassium in A. B. C. Soils (g/beaker, Oven dry basis)

Soil	Higher Soil temp.		Lower Soil temp.	
	−K	+K	−K	+K
A	1,06±0.13	1.20±0.07	1.16±0.05	—
B	0.65±0.07	1.06±0.19	0.81±0.02	1.01±0.11
C	0.57±0.19	1.14±0.13	—	—

*with Standard deviations (degree of freedom 1)

試驗設理註：Higher soil temperature 將燒杯中土壤 (200 gm Soil/beaker) 灌水施肥攪拌混合後放置於保溫箱 (35°)，經5天後移於玻璃室插秧 (Chianan 8, 每 beaker 2 seedlings) 並浸於恆溫水槽 (35—36°C) 栽培45天 (.4/V—18/VI, 1968) 後收獲。

Lower soil temperature 將土壤浸水，施肥攪拌後放置室溫 (25°C)，5天後如上插秧並浸於水槽 (24—32°C)，栽培期間同上。

—K：不施鉀肥，但每 beaker 土壤施用硫銨 0.2 克及 $Ca(HPO_4)_2\ H_2O$ 0.5 克。

+K：除了上述氮磷肥外加施硫酸鉀 0.4 克 (約合 K_2O 1000kg/ha)

BC 土壤浸水10天後土壤溶液中可以檢出大量鈣，達 800 ppm 之多。其溶液中之鉀素濃度雖達 20 ppm，但相對濃度顯然很低（如表7）。其所栽培之水稻幼植物鈣鐵含量均高（各達 0.74% 及 1400 ppm）而鉀含量則僅達1%，故呈缺鉀症狀（表8）。但經施用多量鉀肥後無論土壤溶液及植物體鉀素濃度均大幅增加（如表7），而植物體中鈣，鐵含量則銳減，植物生長情形亦獲顯著改善（表8及圖6）。

ABC 土壤之 pH 值均高，易還元性鐵含量亦不高，故土壤溶液中檢出之Fe濃度均低。（如表7僅 8—16 ppm）。可見 BC 土壤 Ko 區秧苗 Fe 含量之所以顯著高於A土壤者（如 C 土壤秧苗達

1400 ppm 爲 A 土壤秧苗之2倍多）顯然非土壤中有過多鐵所致。予料和植物體因缺鉀而引起之根部氧化力之減弱有關。

A 土壤因所含鈣量較少，故無 BC 土壤所見鈣、鉀兩元素的顯著拮抗現象。

表7　A.B.C 土壤浸水10天後土壤溶液中之 K,Ca,Fe 濃度 (ppm)* 及鉀肥之影響

Table 7　Contents of K, Ca, Fe in soil solution, 10 days after the submergence of A.B. C. soils (ppm) and the effect of potassium application*

Treatment	K			Ca			Fe		
	A	C	B	A	C	B	A	C	B
K_0	39	20	23	476	769	794	18.0	16.1	8.4
$K\frac{1}{4}$	75	78							
$K\frac{1}{2}$	107	138							
K_1	223	239	185						

* mean of 2 replications

試驗方法註：以底部可以採取土壤溶液之玻璃瓶裝置各裝 ABC 土壤150克，灌水，施用硫銨0.15克，$Ca(HPO_4)_2 H_2O$ 0.20 克及不同量之硫酸鉀(即 K_1 施用 0.30 克，約相當於 K_2O 1000 kg/ha，$K\frac{1}{2}$ 施用 0.15 克，$K\frac{1}{4}$ 0.075 克，K_0 不施）。攪拌混合後放置於玻璃室內，經10天 (Aug 25—Sept 4,1968) 後採取土壤水（各瓶 10cc）供化學分析。旋即插秧 (Taichung 65，每瓶 2 Seedlings) 經3週後收獲水稻，烘乾，秤爾重量並供化學分析。

因時值夏天，玻璃室內之氣均以高溫經過。

表8　ABC土壤之水稻生育，無機要素含量及鉀肥之效果*

Table 8　The growth and nutritional status of rice seedlings in A.B.C. soils and the effect of potassium application*

Items investigated \ Treatment	K_0	$K\frac{1}{4}$	$K\frac{1}{2}$	K_1
A Soil				
Dry weight (g/bottle)	0.85	1.25	1.15	1.29
N content (%)	3.89	—	—	3.09
K 〃 (%)	2.17	3.85	4.21	4.72
Ca 〃 (%)	0.46	0.34	0.35	0.36
Fe 〃 PPm	670	—	538	713
Mn 〃 (PPm)	1475	—	—	1313
C Soil				
Dry weight (g/bottle)	0.49	0.87	0.94	1.10
N content (%)	4.15	—	—	2.81
K 〃 (%)	1.06	3.66	3.92	3.97

Ca 〃 (%)	0.74	0.46	0.43	0.39
Fe 〃 (ppm)	1400	850	725	893
Mn 〃 (ppm)	1325	—	—	1450
B Soil				
Dry weight (g/bottle)	0.54	—	—	0.92
N Content (%)	4.48	—	—	3.48
K 〃 (%)	1.04	—	—	4.73
Ca 〃 (%)	0.73	—	—	0.39
Fe 〃 (ppm)	833	—	—	595
Mn 〃 (ppm)	1188	—	—	925

* mean of two replications

由以上實驗可以推測 BC 土壤第二期作水稻生長之低劣原因，至少有一部分乃因土壤中之有機物及置換性鈣含量均高而在高溫下由於有機物迅速分解以產生之碳酸及有機酸促使土壤溶液中溶出大量鈣，阻擾鉀素之吸收所致。類似此種石灰質水田土壤水稻鉀素營養之干擾已有前人報告[11]。惟其和一、二期作不同氣溫環境下，收量差異之關連乃本研究之結果報告。

BC 土壤經施用多量鉀肥後，植物體內之鈣素含量減低，鉀素含量則大增而植物生長亦獲改善。惟此種小型盆栽試驗結果能否適用於實際田間，尙待繼續試驗。

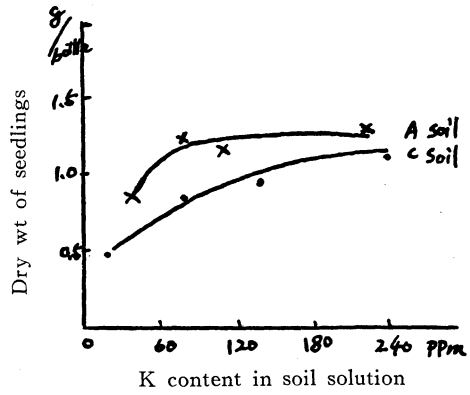


圖 6 土壤溶液中之鉀素濃度與水稻生育之關係

Fig 6 Relationship between plant growth and potassium content in soil solution

Ⅱ. 第一、二期作水稻葉面積指數，乾物生產及穀收量之關係。

（1）第一、二期作水稻形態上之差異

第一期作因生育前期之氣溫很低，株高之增加甚緩，反之第二期作則因氣溫很高，株高之增加甚速。結果出穗時之株高，第二期作高出第一期作約15公分（圖 7）。各葉位之葉片平均長度亦以第二期作較第一期作略大。第二期作由於株高葉長均大於第一期作故所測植物羣體（Population）之吸光係數[12]（K 值）亦是稍大，顯示第二期作水稻之受光態勢較第一期作略差（表 9）。

同樣由於氣溫之關係，第一期作時分蘖速度較緩，但分蘖期間較長（自移植後 3 週至 8 週），到達最高分蘖期後其分蘖數亦不立即減少（最高分蘖期和幼穗形成期約略重疊）故分蘖總數及有效分蘖比率均高。反之第二期作分蘖增加急激，但期間甚短（自移植後 2 週至 4 週），並於最高分蘖期以後立即減少，故有効分蘖比率較低，結果單位面積穗數一般亦較第一期作爲低（圖 8），爲各種收量構成要素中產量低落之最大因素。（表10）

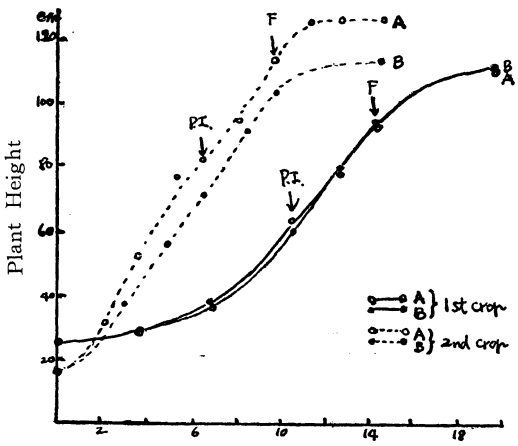


圖 7　第一、二期作插秧後株高之變化
(嘉南 8 號1967)

Fig 7. Plant height at successive growth stages in the first and second crop seasons (Chianan 8, 1967)

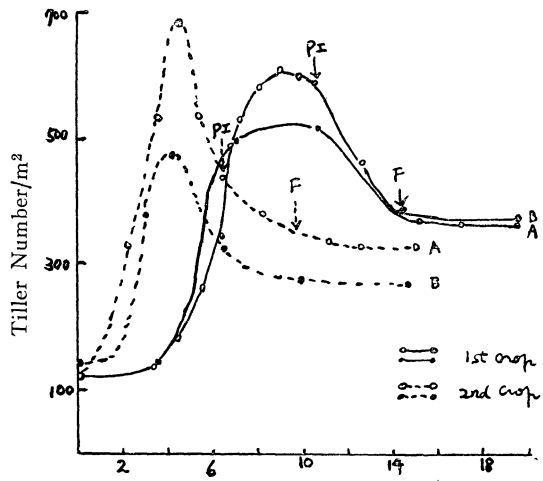


圖 8　第一、二期作插秧後分蘖數之變化
(嘉南 8 號1967)

Fig 8. Tiller number at svccessive growth stages in the first and second crop seasons (Chianan 8, 1967)

表 9　第一、二期作出穗期各葉片平均長度*及吸光係數K** (嘉南 8 號1967)

Table 9. Average length of leaves * at various positions and light extinction coefficient** at flowering in the two crop seasons. (Chianan 8 1967)

Locality	Crop season	Leaf length (cm)					Extinction Coefficient (K)	
		Flag	2nd	3rd	4th	5th	wide row (27cm)	Narrow row (13.5cm)
B	1st	32.2 ± 0.5	41.5 ± 0.6	36.7 ± 0.6	34.6 ± 0.4	28.7 ± 1.1	0.28	0.34
〃	2nd	34.1 ± 0.5	42.5 ± 0.5	42.6 ± 0.5	38.6 ± 0.5	35.0 ± 0.5	0.43	0.53
A	1st	32.3 ± 0.8	41.3 ± 1.0	35.0 ± 1.0	35.0 ± 1.6	26.0 ± 1.4	0.34	0.42
〃	2nd	33.1 ± 0.9	42.8 ± 0.9	48.6 ± 0.9	50.0 ± 0.8	51.6 ± 0.8	0.40	0.49

* with standard errors

** $K = \frac{-\log_e \frac{I}{Io}}{LAI}$ where Io and I are the light intensity at the top and bottom of a population with leaf area of LAI.

表10　第一、二期作穀收量構成要素之比較（嘉南8號1967）

Table 10 Comparison of yield components between the two crop seasons (Chianan 8, 1967)

Crop Season	Locality	Number of Panicles per m^2	Number of Spikelets per panicle.	Filled Grain* %	1000 grain wt. (g)
1st	A	359	87	80	24.4
	B	378	102	77	24.0
2nd	A	335	85	72	24.6
	B	280	83	74	24.5
	C	258	85	66	23.4

* Selected by sp. g. 1.06 salt solution

（2）全乾物收量，穗藁比率及穀收量

穀收量雖然可以分解爲穗數，每穗粒數，稔實率及千粒重四要素以解析其成立之經過，但從光合成乾物生產的立場以下式表示較爲方便(3)(4)；

$$即穀收量=全乾物收量\times\frac{穀\quad 收\quad 量}{全乾物收量}$$

$$或穀收量=藁收量\times\frac{穀}{藁}$$

全乾物收量亦爲水稻全生育期間之總同化量而穀／全乾收量比率，亦稱移轉率(13)(14)，即爲同化產物對穗藁各部分分配之比率。故爲要提高穀收量，總同化量和移轉率之增大均屬必要。

藁收量過小之水稻 Population 葉片不够茂盛，全乾物收量不會大，因此穀收量亦不會大。但藁收量過大（亦即 Population 之葉片過分茂盛而互爲遮蔭），加之登熟期間之日照不足則登熟期間之碳素同化速率轉低，穀／藁比率低減（因穀的構成物質主要爲登熟期間之同化產物），穀收量亦不會大。

圖9係就上述 ABC 三田和B田附設之氮肥用量試驗，C 田附設之品種×密植度試驗以及改良場內所設品種×氮肥用量試驗各處理區穀・全乾物收量資料而繪。由圖可見第一期作一般蓬萊品種（×印以外之印）在全乾物收量14 ton/ha 以內穀收量是隨着全乾物收量之增加成直線增加。第二期作同一乾物收量所能獲致之穀收量雖較第一期作爲低（即第二期作之穗／藁比率基本上

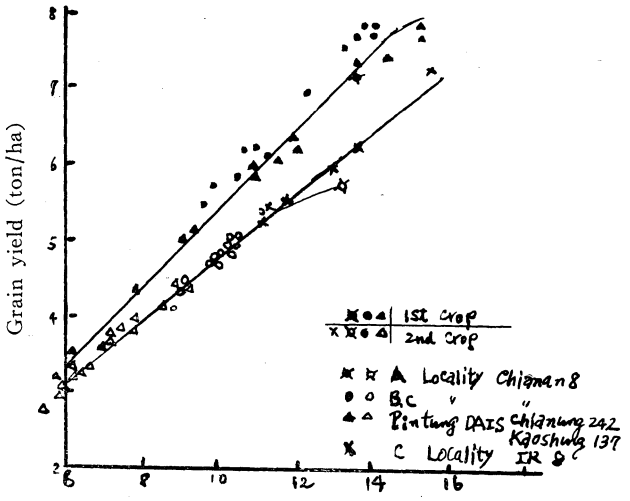


圖9　穀收量與全乾物收量之關係

Fig 9. Relation of grain weight to total plant weight in the first and second crop seasons.

較第一期作爲低），同時穀：全乾物收量之直線關係範圍亦較第一期作狹小（×印以外之印）但在全乾物收量13.5 ton/ha 以內穀收量仍隨全乾物收量之增加而增加。

由上圖之關係可以了解表3第一期作 ABC 各田之穀收量均高達 7.5 ton/ha 者乃全乾物收量及穗藁比率均高（各 13.5 ton/ha 及1.3左右左右）的結果。第二期作 BC各田穀收量之較A田低落乃全乾物收量低落（8—10 ton/ha）所致。至於A田第二期作之全乾物收量雖達第一期作水準（13.5 ton/ha），其穀收量雖因此而較同一期作 BC 各田爲高（A田和BC田各爲5.8和 4.3—5.0 ton/ha）但因穗／藁比率較第一期作低，穀收量仍較第一期作低。

表11採自高雄區農業改良場數年來之各種肥料試驗成績，列示屏東地區各地一、二期作全乾物收量，穗藁比率及穀收量。因每次收刈稻藁之情形及風乾程度可能不同，全乾物收量及穗／藁比率之估計或有不同偏差，但大體上仍可看出該地區第二期作水稻因二者之低減而致使穀收量低減乃甚普遍現象。

表11　屏東地區各地一、二期作水稻之全乾物收量，穀／藁比率及穀收量
（高雄區農業改良場1966～67資料）

Table 11　Total plant weight, grain/straw ratio and grain yield at various localities and under the different crop seasons in Pingtung area (Data from Kaoshung DAIS 1966-'67)

Locality	Names of Experiment	Year	Variety	Nos. of plot averaged	Grain yield (ton/ha)		Total plant wt. (ton/ha)		Grain/Straw ratio	
					1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
新園	氮肥分施試驗	1966	Kaoshung 136	40	6.04	2.75	12.5	7.7	0.93	0.56
萬丹	Ditto	Ditto	Ditto	40	6.13	3.90	12.2	10.3	1.01	0.61
	Ditto	1967	Ditto	30	7.00	4.43	12.7	7.9	1.23	1.26
	矽鐵試驗	1666	Kaoshung 64	35	5.65	2.69	11.2	5.6	1.02	0.93
	Ditto	1967	Ditto	35	5.98	5.21	10.9	9.0	1.22	1.37
萬巒	Ditto	1966	Ditto	35	7.14	4.28	14.1	8.1	1.02	1.12
	Ditto	1967	Ditto	35	6.63	4.92	11.4	8.8	1.39	1.27
場內	秧苗期需肥試驗	Ditto	Kaoshung 136	35	5.89	3.53	10.3	6.9	1.34	1.05
Mean					6.31	3.96	11.9	8.04	1.15	1.02
(Index)					(100)	(63)	(100)	(68)	(100)	(89)

（3）全乾物收量和穗／藁比率差異之經過

上述 ABC 田一、二期作水稻全乾物收量及穗藁比率之差異可從圖1乾物重之增加經過及圖9葉面積指數（LAI）之增加經過互相對照而獲了解。由該二圖可見第一期作無論AB田生育初期 LAI 之增加甚緩，乾物生產速率亦是甚緩，惟營養生長期間較長，出穗期之 LAI 可達 5 左右。出穗後由於日射量充足，單位葉面之淨同化率（Net Assimilation Rate）高，故乾物生產速率自生育中期迄生育末期均保持相當高的程度，全乾物收量及穗藁比率是以均高。

第二期作BC各田則因全生育期間之 LAI 均低（最高3.3）故出穗前後之乾物生產速率均低，乾物收量當低。至於第二期作 A田其出穗期 LAI 雖也高達 5 附近，惟因登熟期間之單位葉面淨同化率（NAR）較第一期作低落，故登熟期間之乾物生產速率亦較第一期作爲低，是以A田第二期作水稻之

全乾物收量雖和第一期作相似，但穗藁比率卻較第一期作爲低。

上述全乾物收量，穗／藁比率和穀收量之關係實質上也是出穗時之 LAI 和穀收量之關係。由 LAI 和穀收量之關係更能明瞭水稻 Population 對光的利用關係。

（4） LAI 與穀收量之關係

圖10亦是綜合上述 ABC 三田之試驗結果和 BC 兩田附設之氮肥用量試驗及密植度試驗以及改良場內之品種×施肥量試驗結果而得。

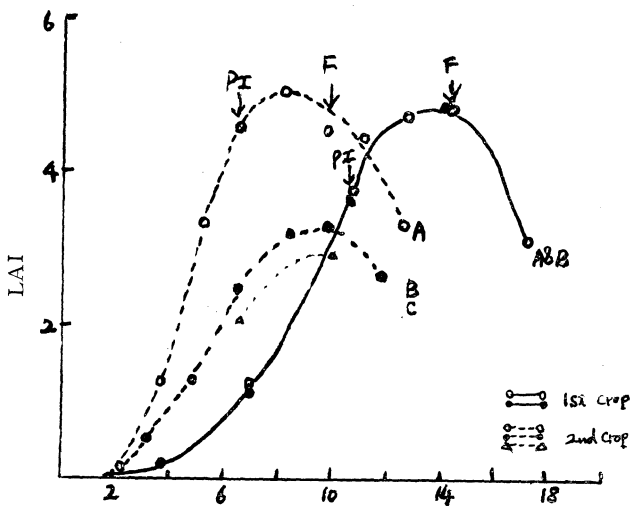


圖10 第一、二期作各生育期之葉面積指數（1967嘉南8號）

Fig 10 LAI (Leaf Area Index) at successive growth stages in the first and second crop seasons (Chianan 8, 1967)

由該圖可見穀收量和出穗期 LAI具有顯著的相關；第一期作在標準施肥量下（即 N: P_2O_5: K_2O 各 120:80:80 kg/ha），無論 ABC 各田出穗時之 LAI均可達 5 左右而穀收量則可獲 7.5 ton/ha 左右。第二期作如土壤中無養分吸收之阻擾情形則在標準施肥量下 LAI 仍可達 5 左右而穀收量則可達6 ton/ha（如 A 田），但第二期作如土壤中因高溫影響而產生養分吸收之干擾情形（如 BC 田）則葉面積指數及谷收量均將低於此值。如 BC 田在標準肥料用量下各得 LAI 3.5及 3.0，谷收量則各得5.0 及 4.3 ton/ha 是。

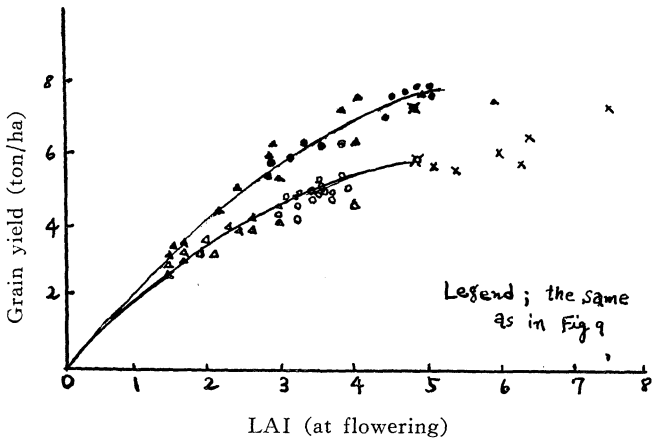


圖11 第一、二期作葉面積指數和穀收量之關係

Fig 11. Relation of LAI to grain yield in the first and second crop seasons.

影響第一期作 LAI 大小之主要因素乃氮素施用量（藁中氮素含量及 LAI 均和氮素施用量呈正相關；如表12）。但影響第二期作 LAI 之主要因素則爲土壤中有無養分吸收之阻礙因素，如第Ⅰ節結果所示。如斯第二期作水稻之低產，其一個原因顯然可歸於一部分水田因養分吸收受阻而出穗時不能擁有足大葉面積指數所致。

但就同一大小之葉面積指數而言，第二期作所能獲得之穀收量也確比第一期作爲低。換言之，第二期作登熟期間之單位葉面淨同化率（NAR）也確比第一期作爲低，而此種差異 LAI 愈大差異愈大。如A田第一、二期作之 LAI 均達 5 左右，但穀收量卻各爲7.8和 5.8 ton/ha 相差很大。如斯第二期作登熟期間 NAR 之低落也可說是該期作穀收量之另

一個主要原因。

表12　B田第一、二期作水稻對氮肥之效應（嘉南8號，1967）

Table 12　Nitrogen content in straw at various growth stages, LAI at flowering and girain yield as affected by nitrogen application in the different crop seasons (B Field, Chianan 8, 1967)

Nitrogen Application (Kg/ha)	Nitrogen content in straw						LAI at flowering		Yield (ton/ha)	
	Panicle-initiation		Flowering		Harvest					
	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
30	1.49	2.08	0.96	1.20	0.39	0.65	2.8	3.0	5.40	4.85
60	1.49	2.10	0.92	1.31	0.36	0.72	3.1	3.2	5.89	4.98
90	1.70	2.10	1.18	1.26	0.43	0.70	4.4	3.4	7.00	4.71
120	1.93	2.12	1.17	1.31	0.46	0.72	4.8	3.5	7.86	4.98

Plot size 15m², Replication 4, Oven dry basis

影響NAR之因素爲日射量（s），單位葉面的同化能（P_o），葉片受光能率（f），單位乾物重的植物體呼吸率（r）和葉面積比率（LAR），如下式(15)表示

$$NAR=KSP_of-\frac{r}{LAR}$$，（k:比例常數）

同一品種第一、二期作之 LAR 差異不大（如表13）。又因一、二期作登熟期間之平均氣溫及水稻營養狀態(如A田)差異不大，予料 r, P_o 之期作間差異亦不會太大。故第二期作登熟期間之 NAR 低落予料和日射量（S）和受光能率（f）之低下關係較大。第一、二期作登熟期間之平均日射量各爲 437及 377 gm cal/cm²/day，所測吸光係數（K）亦以第二期作稍大，表示第二期作之受光能率較第一期作略差。

表13　嘉南8號及 IR 8 號出穗期葉面積比率之比較

Table 13　Leaf Area Ratio (LAR) of Chianan8 and IR 8 at flowering

Year	Locality	Chianan 8		IR 8
		1st crop	2nd crop	2nd crop
1967	A	63.8	52.8	—
	B	61.8	56.5	—
	C	—	50.5	67.7
1968	A	52.5	61.1	69.9
	B	50.0	—	—
	C	53.0	53.0	73.7
mean		56.2	54.8	70.4

* LAR=Leaf area/Plant weight (cm²/g)

表14　不同栽植樣式及密度下嘉南8號及ＩＲ8號之出穗期葉面積指數及穀收量
（C田，1967第2期作）

Table 14　Grain yield and LAI at flowering of Chianan 8 and IR 8 under different planting patterns and densities (C field, 1967, 2nd crop)

PIanting Pattern	Density (hills/m²)	Grain Yield* (ton/ha)		LAI	
		Chianan 8	IR 8	Chianan 8	IR 8
Square	44.4 〃 (15×15cm)	4.73	6.31	3.7	6.4
	25 〃 (20×20cm)	4.81	5.98	3.7	6.0
	16 〃 (25×25cm)	4.46	5.45	3.2	5.1
Single row	44.4 〃 (30×7.5cm)	5.40	7.45	3.8	7.5
	25 〃 (30×13.3cm)	4.27	5.28	3.0	5.4
Double row	44.4 〃 (35×10×10cm)	4.07	5.49	3.2	6.3
mean		4.62	6.00	3.4	6.1

* Crude grain, oven dry basis　LSD 5%　0.54
1%　0.77

第二期作嘉南8號之 Optimum LAI 似爲5左右，最高收量似爲 6 ton/ha。此程度之收量實際上亦是屏東地區歷年增產競賽所獲之最高收量(16)。但據本研究所作試驗在同一期作 IR 8 却以更大葉面積指數和更大全乾物收量獲得更多收量（圖9及11×印者），IR 8 曾以每平方公尺44.4株的寬行密植（30×7.5cm）下獲得 LAI 7.5（出穗期）及谷收量 7.4 ton/ha，爲近乎第一期作水準之高收量，值得重視。（表14） IR 8 之所以在出穗期能獲得如斯 LAI 和全乾物收量，主要賴其旺盛之生長力及營養生長期間之延長，約12天。（但IR 8之本田總生育期間多嘉南8號僅8～10天）。

表15　嘉南8號ＩＲ8號第二期作出穗期之株高，平均葉長，平均葉角及吸光係數之比較
（A田，1968）

Table 15 Plant height, mean leaf length, mean leaf angle* and extinction coefficient** of Chianan 8 and IR 8 at flowering in the second crop (A field, 1968)

Variety	Chianan 8	IR 8
Plant height (cm)	111	89
Mean leaf length (cm) (flag–5th leaf)	41.4	43.0
Mean leaf angle* (°) (flag–5th leaf)	31	13
Extinction coefficient** (K)	0.66	0.40

* the angle at which the leaf adjoins the culm
** with spacing 22cm×22cm

IR 8 具有較好的受光態勢（如表15, IR 8 之株高及葉角均小於嘉南 8 號，並且不易倒伏，因此前者之吸光係數亦較後者小）及較大的 LAR （如表13）可能都是該品種以較大 LAI 獲得增產之原因，但詳細情形尚待繼續求證。

摘要與結論

爲探討屏東地區第二期作水稻單位面積產量較第一期作低落之原因，乃以嘉南 8 號爲主比較其在同一栽培管理但不同地力情形下（包括增收競賽歷年獲勝水田及一般水田）之兩期作生育過程，部份水田並設氮肥用量及栽植密度試驗，以探討葉面積指數與乾物生產之關係，結果獲致數點結論如下：

（1）屏東地區第二期作水稻產量之低落可以歸因於全乾物收量之低落和谷藁比率之低下兩主要因素。

（2）第二期作全乾物收量之低落主要和葉面積指數（LAI）之低落有關。葉面積指數之低落預料係高溫下土壤中所發展之生育阻礙因素（例如土壤溶液中溶出過多鈣）影響稻根之鉀素吸收及分蘖所致。

（3）地力高之水田於第二期作時依然可獲如同第一期作程度之葉面積指數，谷收量亦較葉面積指數低落者高，惟因登熟期間單位葉面之淨同化率(Net Assimilation Rate) 較低，谷藁比率低落，其收量仍較第一期作爲低（第一、二期作各以出穗時 LAI 5 獲得谷收量7.2及5.8 ton/ha, 75～85°C oven dry basis）。

（4）第二期作登熟期間葉面淨同化率之低落予料和該生育期間之平均日射量較低事實有關（第一、二期各爲 437及 377g cal/cm²/day），但從 IR 8 品種以更大葉面積指數獲得更多收量一事可以予料第二期作水稻受光態勢較劣亦是一個因素而將來由於品種之改良提高收量之希望很大。

GROWTH PERFORMANCE AND YIELD OF THE RICE PLANTS IN THE FIRST AND SECOND CROP SEASONS IN PINGTUNG AREA

by

S. Lian, Y. L. Wu and H. T. Chen

Summary and Conclusions

It is commonly acknowledged in Taiwan that the rice yield in the second crop is generally lower (15～20%) than that in the first crop. The trend is particularly significant in Pingtung area, the southernmost part of Taiwan (35 %).

By comparing the growth processes of Chianan 8 mainly under the two different crop seasons on a highly productive and a few normaly productive paddies in Pingtung, the following results were obtained.

1. Generally speaking, the low yield in the second crop in Pingtung area could be attributed to the general reduction of total dry matter and also to the relatively low grain to straw ratio of the plant.

2. The reduction of total dry matter was caused by low LAI (leaf area index) which was probably due to certain soil factors (e. g., high calcium level in soil solution) developed under high temperature responsible for the disturbances of potassium absorption by the plant and the reduction in tiller numbers.

3. Higher LAI which was obtained on the highly productive paddy in the same sea-

son gave yield increase to a certain extent. However, because of its lower leaf efficiency (or Net Assimilation Rate) in dry matter production during the ripening stage, the grain to straw ratio was lower and the grain yield was not as high as that in the first crop (5.8 and 7.2 ton/ha, respectively with the same LAI of 5 at the flowering stage). The lower solar radiation (437 and 377 g cal/cm^2/day, respectively for the ripening stage in the first and second crop season, respectively) might be a main cause attributed. However the morphologically inferior light receiving system of the plant in the second crop might also be a factor attributable since IR 8, a variety with a better plant type, got a higher yield with a higher optimum LAI in the same crop season.

參 考 文 獻

（1）中華農學會五十一年度年會專題討論綱要：如何提高第二期稻作產量（油印本）

（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改進方法　科學農業11（1，2）：6～33

（3）Chiu, T. F., S. Lian and S. C. Hsu (1960) : Studies on nutrient absorption of rice plants in Taiwan (Part l), Effect of temperature on nutrient absorption of rice plants Jour. Taiwan Agr. Res. 9(4):1-15

（4）Chiu, T. F., S. Lian and S. C. Hsu (1961) : Ditto (Part 2) Nutrient absorption by Japonica and Indica varieties of rice in relation to temperature, Jour Taiwan Agr Res. 10(1):7-20

（5）Chiu, T. F., L. T. Lee, B.L. Tran and S.M. Lin (1963):Ditto (Part 4) Comperative study on rice nutrition in the first and second crop in some paddy fields. Jour. Taiwan Agr. Res. 12(4):28-41

（6）梁鉅榮、林敬德、黎靜韻（1954）屏東縣之土壤。　臺灣省農業試驗所報告14號

（7）張守敬、馮明彬（1957）臺灣土壤中之鉀　科學農業7（11～21）。

（8）李蘭帝（1966）大量植物樣本氮磷鉀的迅速測定法　農業研究15（2）。

（6）李蘭帝（1967）植物體鈣鎂鐵及錳的迅速測定法，土壤肥料通訊（臺灣土壤肥料學會）第 205 期。

(10) Tanaka, A.,K. Kawano and J. Yamaguchi (1966) Photosynthesis, respiration, and plant type of the tropical rice plant. The International Rice Research Institute Technical Bulletin 7 P.43

(11) The International Rice Research Institute Annual Report (1965) P.51—52

(12) Tanaka A,(1964) Plant characters related to nitrogen response in rice; The mineral nutrition of the rice plant. Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland. P. 427—430

(13) 村田吉男（1962）水稻品種の生産力に關する問題とその生理的考察　農業及園藝37（12）：6～10

(14) 村山登（1966）水稻の收量水準向上に關する一考察　農業技術21（3）：101～106

(15) 武田友四郎（1961）光合成と子實生產　稻の形態と機能　P. 148農業技術協會

(16) 高雄區農業改良場：高雄區歷年稻作增產競賽決賽成績表（1957～1965）（油印資料）