台灣種與蓬萊種水稻生理化學之研究

茹皆耀　鳥居崧　林家棻

台灣種與蓬萊種水稻，在種屬、生態及利用價值上顯有差異，故討究其特性、利用法等以發揮兩種水稻在本省之栽培價值，至屬重要。本研究乃欲闡明肥料要素對於該兩種水稻在生育期中之光合作用、呼吸作用、葉綠素含量及於收量之關係。本試驗係自民國三十五年由鳥居崧、林家棻二先生担任，嗣因鳥居氏回返日本，在三十六年間由茹皆耀、林家棻先生接續進行，並就光合作用與呼吸作用測定方法加以若干修正，現其初步試驗已完畢，並經茹皆耀、林家棻兩先生編成報告。本文在本省稻作與肥料研究上有參考價值，故予以發表，謹綴數言，以識本文之緣起。

陳振鐸識　三十七年十月二日

引　言

本省水稻之品種，按民國十六年之統計（註一）*(1)約有三百餘種。除極少數南洋系稻種在高山地帶栽培外，大別之可分爲台灣種（即在來種）與蓬萊種二者。所謂蓬萊種，即日本人在台灣栽培或雜交成功適於台灣風土生長之日本型水稻品種之總稱；蓋日本人佔台灣後，爲求適合其嗜好之米質及供應其國內米糧之需求，即有在台灣推廣栽培日本型水稻品種之舉。由於風土種種因子之限制，推行過程中經不少挫折，惟經多年之不斷努力與研究，終克服各種困難，育成不少認爲品質優良之"蓬萊"種水稻。按日本型水稻在台灣推廣之過程(4)，於民國六年栽培面積僅僅爲三公頃，降至民國十四年增至五萬四千餘公頃，按最近之統計，全省蓬萊種水稻栽培面積佔水稻栽培總面積一半以上。育成之蓬萊種水稻中推行最廣者厥爲台中 65 號（磯治×神力）。故本研究乃取此品種及台北栽培較廣之台灣種水稻——短廣花螺，下脚格仔——作爲試驗之材料。

關於台灣種與蓬萊種水稻之特性調查及肥料試驗，前人已有記載(6)，就其一般結果言之，蓬萊種產量概較台灣種爲高而需肥亦特多，故蓬萊種水稻有嗜肥性水稻之稱。據謂台灣種水稻之優點，即在瘦瘠之地亦有相當收成，而蓬萊種水稻在同樣之瘦瘠土壤，收量大減；換言之，蓬萊種水稻需肥多而效應顯著，報酬漸減率每較台灣種水稻爲大。此種現象，在肥料試驗上已有極明顯之事實，而此種現象之緣由，在植物生理作探討者，目前研究之報告尚極鮮見。本文研究之目的，乃於同一之處理及環境下，就兩種水稻之重要生理化學現象闡明其產量差異之緣由，並擬應用此生理化學之測定，作水稻品種產量與需肥關係之推定。

試　驗　方　法

I. 田間栽培試驗：　田間栽培試驗之目的，在水稻生態之觀察與產量之測定。取隨機排列法，共四區集，每區集八小區 (1/100 Hectar)，重複四次，合計 32 小區。收穫量以 Fisher 氏之變量分析法測定其差異之顯著性。

A. 供試驗之場圃：　在本所試驗場圃中進行，排水灌溉均甚方便，試驗田之土質屬埔質壤土，其一般之化學性，含有機質 1.63%，全氮 0.14%，全磷酸 0.08%，全鉀 0.2%。

B. 供試驗之水稻品種：　蓬萊種兩期作均用台中 65 號；台灣種第一期作用短實花螺，第二期作用下脚烙仔。播種前均行鹽水選種並用昇汞水消毒。每小區植 170 叢，每叢 5 株。茲將台灣種與蓬萊種水稻之主要特性介紹如下：(2)

1. 台灣種水稻穀形細長，色濃；蓬萊種水稻穀短而略帶圓形，色白黃以至純黃，且有毛茸。

2. 台灣種米粒小，細長，飯乏粘性；而蓬萊種米粒大，短圓，飯富粘性，香氣較濃。

3. 台灣種於黃熟時脫粒容易，蓬萊種則較難，

4. 蓬萊種葉色素較台灣種濃厚，且毛茸較多。前者葉鞘中脈具有細毛，後者則無。

5. 蓬萊種之幼芽及幼根發育雖較遲緩而纖弱，然一經發芽後，生長較爲迅速，且强壯，對病蟲害及低溫之抵抗力均較强。

6. 兩者插秧時期約略相同，惟收穫時期，台灣種較蓬萊種約早一週。

7. 蓬萊種穗頸細長，穀粒多，故易倒伏。

8. 蓬萊種育苗期短，第一期作約 30—40 日，第二期作約 15—25 日；台灣種通常需 50—60 日。在育苗時期，蓬萊種須特別注意施足肥料，否則秧苗纖弱，影響收量。

C. 施用肥料：　肥料施用之分量，每小區氮、磷、鉀各 94 克（即每公頃 94 公斤），分 NPK，NP，PK，NK，等四種不同處理。氮肥施用硫酸銨，磷肥施用過磷酸石灰，鉀肥施用硫酸鉀，均一次作基肥施用。

D. 管理：　按照一般農家管理方法行之。惟特別注意排水灌溉，生育期間並作數度之生態觀察與調查。

II. 生理化學之測定：　另於玻璃溫室內舉行盆栽試驗；土壤及水稻品種均與場圃者同。每盆（Wagner 氏盆）秤取風乾之土壤 16 公斤，三要素施用量各爲一克，作基肥一次施用。處理數目及其他管理等均與場圃者同。在生育各時期分別作下列生理現象之測定：

A. 光合作用之測定：　光合作用測定之裝置，乃依據 Baysen 氏（8）裝置之原理而加以改良，使適於稻葉光合作用之測定者。茲將其裝置稍加說明如下：

圖一 A 與 B 各爲容量 0 吋刻度之玻璃瓶。A 瓶與 B 瓶之高距爲 1.5 公尺。於底部瓶口各聯以玻璃管而中間接以二通路之玻塞 S_2，上部瓶口之膠塞各開二孔，其一接水銀刻度計 M，另一接三通路玻塞 S_1 之一通路，另二通路分別接聯三角管 T 及吸收管 R。C_1 爲透光之葉室，C_2 爲不透光之葉室。

當試驗開始時，先將一定面積（50cm² 左右）稻葉放入葉室內，室之底部以棉花或中空兩開之木栓。裝入葉室之葉應注意勿使二葉重疊。吸取一定量（30—50 ml）之 n/10 $Ba(OH)_2$ 裝入吸收管之內，然後轉動 S_2 塞使 A 瓶之水由管下注入 B 瓶，其時將 S_1 轉動聯接 y 管，俟水面由 6 吋流至 5 吋時，即轉動 S_1 接通 x 管，此時由於 A 瓶之減壓作用，R 管內所盛之標準試液受壓制而上昇 x 管（試液以抵達 a 之 1/3 爲最適宜），葉室之空氣經 R 成氣泡狀緩慢上昇由 a 越入 A 瓶，氣泡中之 CO_2，經緩慢之洗滌而全部被 $Ba(OH)_2$ 吸收。俟 A 瓶之水流至 0 刻度時，即將 S_1 及 S_2 關閉，

吸取 R 內試液一定量（通常 20—30ml），用同濃度之 HCl 液滴定之。其結果以 CO_2 mgm/葉面 50 cm^2/hr 表示之。

B. 呼吸作用：　裝置，試驗方法及進行均與光合作用測定者同，惟葉室須改用不透光者。

C. 葉綠素之定量：　於田間試驗之田中，隨機抽取一定量（5—10gm）稻葉樣品，將其剪細碎後，裝於乳鉢中，並加入約 20 克之石炭酸砂粒，將葉磨爛之，磨將並加入少許之炭酸鈉溶液以中和其中之有機酸。磨後，加純 Acetone 液約 50 ml. 將葉綠素抽出，用 Buchner 氏漏斗減壓濾過之，並用少許 Acetone 洗滌數回，直至濾液不呈綠色爲止。最後將全部濾液傾入分液漏斗中，加入約與原液相當容量之 ether 及 5 ml. 之 methy alcohol，然後用蒸溜水洗滌數回以除去 Acltone 及其他不純物質。分液漏斗所保留之 ether 溶液中，加入 5—10ml. 濃苛性鉀溶液及 Methyl alcohol 後，置於冰箱中，使其鹼化，待鹼化完畢，葉綠素沉澱後，用水抽出之，並以比色計與標準液比較之，卽得其相當葉綠素之濃度。

試驗結果

I. 場圃水稻栽培試驗之結果

A. 水稻生育調查之結果：　在生育期間，曾舉行三次生育調查，第一次在插秧後四十天，第二次在抽穗時間，第三次在收獲前二星期。調查所得之結果見表一。

表一　分蘖與高度之調查（民國 35—36 年）

處理	插植後四十天 分蘖（株） 台灣	蓬萊	高度（糎） 台灣	蓬萊	部份開始抽穗期 分蘖（株） 台灣	蓬萊	高度（糎） 台灣	蓬萊	收穫前兩週間 分蘖（株） 台灣	蓬萊	高度（糎） 台灣	蓬萊
					第一期作							
NPK	18.67	20.46	74.71	58.18	17.59	18.59	81.57	64.82	12.66	15.69	106.74	94.24
PK	21.37	24.44	86.89	61.07	20.24	22.39	94.43	67.44	14.48	18.73	115.39	95.34
NK	21.66	26.25	81.72	59.91	20.54	24.34	88.19	65.51	15.03	18.82	114.73	93.72
NP	20.96	25.30	83.71	61.79	19.55	22.88	93.19	67.71	15.14	18.78	109.04	95.39
					第二期作							
NPK	19.6	14.7	70.5	55.1	18.7	14.6	99.7	77.8	18.4	14.1	91.6	78.9
PK	13.5	10.1	54.7	45.2	13.8	9.1	77.3	75.1	13.4	8.7	71.8	71.2
NK	20.1	16.2	67.9	55.3	17.8	15.1	97.2	80.9	18.8	15.3	88.2	81.8
NP	18.0	13.3	58.3	48.1	19.1	13.7	87.6	74.3	20.2	15.0	82.2	76.5

就表一調查所得結果，兩品種水稻，第一、二期作水稻高度均以台灣種爲高，至於水稻之分蘖數，第一期作蓬萊種較多，第二期作台灣種較多。

B. 水稻之收量：　水稻產量，就穀實與藁稈兩者分述之。

1. 穀實：　水稻穀實之收量見表二。並算得其變量分析結果列於表四。由上二表可知處理、品種、期作及期作與品種連應等因子，對於水稻穀實收量甚有影響。茲分述之如下：

a. 處理間之比較：　各種處理對於穀實收量之影響固甚明瞭，然何種處理可以提高收量何種處理抑低收量，尤須加以探討。由表五顯示無氮區產量最低，且其差異均極顯著；無磷與無鉀區

其產量雖不若三要素區之多，但其相對效應之差異不顯著，故施用氮肥對於穀實之增收，毋待繁言。

b. 品種間之比較：　台灣種穀實每公頃收量爲2091公斤，蓬萊種爲2385公斤。兩者每公頃平均相差294公斤，5%差異顯著，標準值爲221.8，故蓬萊種穀實之收量確較台灣種爲多。

c. 期作間之比較：　第一期作每公頃平均收量爲2950公斤，第二期作爲1526公斤，兩者每公頃平均相差1424公斤，1%差異顯著，標準值爲389.5，故第一期作之收量確較第二期作爲多。

d. 品種與期作連應之比較：　第一期作台灣種收量每公頃平均爲2713公斤，蓬萊種爲3138公斤；第二期作台灣種爲1469公斤，蓬萊種爲1583公斤，可見蓬萊種穀實之收量均較台灣種爲多。第一期作相差475公斤，第二期作相差114公斤，5%差異標準值爲253.7，1%差異顯著，標準值爲380.5，故第一期作蓬萊種穀實確較台灣種增收，且極顯著；第二期作蓬萊種雖亦佔先，但其差異不顯著。

2. 藁稈之收穫量：　水稻藁稈之收穫量如表三，並算得藁稈收量之變量分析如表六，由上二表，可知水稻藁稈之收量，受處理、品種、期作及處理與期作連應、品種與期作連應等因子之影響，茲更分別申述之如下：

a. 處理間比較：　各種處理對於藁稈收量之影響，由表七，可知三要素區與無磷區之藁稈收量均較無氮區與無鉀區爲多，且極顯著；但無氮鉀區稈之收量則較無氮區爲多，且顯著。故控制藁稈收量之因子，氮爲最緊要，次爲鉀無疑。

b. 期作間比較：　第一期作藁稈每公頃平均收量爲4157公斤，第二期作爲3728公斤，兩者每公頃平均相差429公斤。1%差異顯著，標準值爲384.4，故第一期作之收量確較第二期作多。

c. 品種間之比較：　台灣種藁桿之收量爲4112公斤，蓬萊種之收量爲3728公斤，差值爲384，1%差異顯著，標準值爲284.4。故以藁稈之收量而言，台灣種居優。

d. 處理與期作連應之比較：　由第八、九兩表可知藁稈之收量，就同一期作而言，以三要素區與無磷區較無氮區與無鉀區爲優，且極顯著；就同一處理不同期作而言，則均以第一期作藁稈之收量居先，除三要素區差異不顯著外，其他均顯著。

表二　穀實之收量（公斤/公頃）（民國35—36年）

區集	品種	NPK 第一期作	NPK 第二期作	PK 第一期作	PK 第二期作	NK 第一期作	NK 第二期作	NP 第一期作	NP 第二期作
1.	台灣	2700	1525	2000	930	2300	1690	3300	1315
	蓬萊	3242	1315	2895	1285	3345	2155	3505	1745
2.	台灣	3100	2085	1950	1135	2650	1520	2800	1520
	蓬萊	3502	1500	2750	1025	2950	1640	3345	1410
3.	台灣	2600	1700	2450	470	2950	1770	2750	1700
	蓬萊	3327	2095	2785	1510	3191	1695	2982	2045
4.	台灣	3350	1690	2300	1215	3350	1645	2850	1600
	蓬萊	3450	1585	3097	1000	3440	1710	3200	1610

表三　藁稈之收量（公斤/公頃）（民國35—36年）

區集	品種	NPK 第一期作	NPK 第二期作	PK 第一期作	PK 第二期作	NK 第一期作	NK 第二期作	NP 第一期作	NP 第二期作
1.	台灣	4100	5300	3600	5070	3980	4250	4300	3 25
	蓬萊	4523	3610	4132	1390	5230	3980	4887	3665
2.	台灣	4340	4890	3100	2310	4680	4300	3550	5000
	蓬萊	4385	3940	2750	1295	4300	3765	4114	3215
3.	台灣	4250	4650	3850	2810	4200	5350	3950	3670
	蓬萊	4438	4060	3787	1920	4533	3450	4138	3800
4.	台灣	4280	4620	3700	2690	4250	4270	3770	5270
	蓬萊	4900	3665	3788	1375	4910	3385	4300	3660

表四　穀實收量之變量分析

變異原因	自由度	平方和	變量	F	5%	1%
區集	3	179,343	59,781	0.9	2.8	4.2
處理	3	4,137,425	1,379,142	20.9**	2.8	4.2
品種	1	1,386,212	1,386,212	21.1**	4.1	7.2
期作	1	32,445,839	32,445,839	49.4**	4.1	7.2
處理×品種	3	231,063	77,021	1.2	2.8	4.2
處理×期作	3	90,990	30,330	0.4	2.8	4.2
期作×品種	1	523,634	523,634	7.9**	4.1	7.2
機誤	48	3,153,380	65,695			

表五　各種處理間穀實收量之比較（公斤/公頃）

處理	平均收量	差異比較			
NPK	2423				1%差異顯著標準值=
NK	2375	48			$\sqrt{65695/16\times2}\times92=389.5$
NP	2355	68	20		5%差異顯著標準值=
PK	1800	623**	575**	555**	$\sqrt{65695/16\times2}\times4.1=221.8$

表六　藁稈收量之變量分析

變異原因	自由度	平方和	變量	F	5%	1%
區集	3	884,593	294,864	1.2	2.8	4.2
處理	3	20,155,495	6,718,498	26.8**	2.8	4.2
品種	1	2,358,144	2,358,144	9.4**	4.1	7.2
期作	1	3,593,394	3,593,394	14.4**	4.1	7.2
處理×品種	3	1,214,044	404,681	1.6	2.8	4.2
處理×期作	3	3,316,961	1,105,654	4.4**	2.8	4.2
品種×期作	1	8,062,051	8,062,051	32.2**	4.1	7.2
機誤	48	12,013,848	250,289			

表七　各種處理間平均收量之比較（公斤/公頃）

處理	平均收量	差異比較		
NPK	4370			1％差異顯著標準值＝234.8
NK	4302	70		5％差異顯著標準值＝156.5
NP	4032	340**	270**	
PK	2973	1399**	1329**	1059**

表八　同一期作各種處理間之比較（公斤/公頃）

第一期作					第二期作				
處理	平均收量	差異比較			處理	平均收量	差異比較		
NK	4510				NPK	4342			
NPK	4402	103			NK	4094	248**		
NP	4126	384**	300**		NP	3933	404**	156	
PK	3588	922**	814**	538**	PK	2358	1984**	1736**	1580**

表九　同一處理不同期作間之比較（公斤/公頃）

期作	NPK	PK	NK	NP
第一期作	4402	3338	4510	4126
第二期作	4342	2358	4094	3936
差值	60	230	516	188

1％差異顯著標準值＝234.8　　5％差異顯著標準值＝156.5

品種與期作連應之比較：

表十　品種與期作連應之比較

品種	第一期作	第二期作	差值
台灣	3994	4230	236
蓬萊	4320	3136	1184
差值	326	1094	

1％差異顯著需要值＝234.8　　5％差異顯著需要值＝156.5

就表十而言，第一期作藁稈之平均收量以蓬萊種佔先，第二期作則以台灣種佔先；僅就品種而言，台灣種第一期作藁稈之收量較第二期作爲低，蓬萊種則相反。

II. 生理化學測定之結果：

A. 光合作用：　光合作用爲植物從無機物質製造成爲有機質之一種過程。光合作用測定之方法有多種，其主要之原理基於（a）氧氣放出之測定，（b）CO_2 吸入之測定，（c）有機物質或乾物質產量之測定。本研究於民國 35 年依(c)項之原理應用 Sachs（23）氏之半葉法，民國 36 年依(b)項之原理應用 Baysen（8）氏測定器加以改良者。

就第十一、二兩表所用兩種方法測定結果觀察，兩品種水稻之同化作用，大致以 NPK 處理者

最盛，PK 處理者爲最低。由 Sachs 氏法所測定之結果，光合作用以最高分蘗期爲最强，至穗揃期則急減；而應用改良 Baysen 氏法所測得者，兩種水稻之 CO_2 吸收率，以局部抽穗時期爲最高，至收穫前兩週間則銳減。就兩品種比較，第一期作水稻應用兩種方法所測定者頗爲一致，卽均以蓬萊種較台灣種爲高，其差異以收穫前兩週最爲顯著。第二期作水稻之光合作用測定結果與第一期作者頗有出入，卽一般以台灣種（下脚格仔）之作用較强，PK 處理者雖較其他處理之作用稍弱，但不若第一期作之顯著。

B. 呼吸作用：　呼吸作用對植物生理之意義，適與光合作用相反，卽由複雜之植物體之有機質化爲簡單之無機物。此種過程供給植物各種生理活動之能。通常植物呼吸作用測定之法亦有三種：(a) 重量法，卽秤定其重量之損失，(b) 氧氣之吸收率，(c) CO_2 之放出率。就中應用最廣且較爲準確者厥爲(c)法。本研究對兩品種水稻呼吸作用之測定，民國三十五年採用 Pirschle 氏法 (9)，民國三十六年改用 Baysen 氏改良器行之。茲將兩種方法所得之結果列於第十三、十四兩表。

表十一　(a) Sachs 氏法 (35 年度第一期作水稻)

處理	最高分蘗期 葉片重量增加數 種克/平方種葉面積 台灣	蓬萊	最高分蘗期 同化指數比率 (以台灣種爲100) 台灣	蓬萊	穗揃期 葉片重量增加數 種克/平方種葉面積 台灣	蓬萊	穗揃期 同化指數比率 (以台灣種爲100) 台灣	蓬萊
NPK	66.8	74.4	100%	111	10.2	41.9	100%	410
PK	25.1	61.8	100	246	4.6	13.6	100	295
NK	27.2	121.6	100	447	6.8	17.8	100	261
NP	29.3	67.4	100	229	5.4	28.3	100	524
平均	37.1	61.2	100	258	9.0	25.4	100	372

表十二　(b) 改良 Baysen 氏法 (36 年第一、二期作水稻)

處理	期作	插植後四十天 CO_2 吸收率 mg/hr50cm² 台灣	蓬萊	CO_2 吸收指數 以台灣爲100 台灣	蓬萊	測定時之氣溫 t°C	部份的開始抽穗 CO_2 吸收率 mg/hr50cm² 台灣	蓬萊	CO_2 吸收指數 以台灣爲100 台灣	蓬萊	測定時之氣溫 t°C	收穫前兩週間 CO_2 吸收率 mg/hr50cm² 台灣	蓬萊	CO_2 吸收指數 以台灣爲100 台灣	蓬萊	測定時之氣溫 t°C
NPK	一	2.43	2.92	100	120	30.4	2.68	3.43	100	120	31.0	1.01	2.81	100	278	31.9
	二	2.337	4.915	100	210	28.0	1.275	0.406	100	31	21.4	0.543	0.394	100	72	18.8
PK	一	1.46	1.64	100	112	30.4	1.61	1.90	100	119	31.0	0.79	1.04	100	133	31.9
	二	0.927	0.653	100	70	28.0	1.890	0.972	100	51	21.4	0.378	0.031	100	8	18.8
NK	一	1.91	2.52	100	132	30.4	1.35	3.42	100	253	31.1	0.53	1.87	100	353	33.2
	二	2.185	0.567	100	25	28.0	1.064	1.978	100	185	21.4	0.039	0.117	100	299	21.2
NP	一	1.40	1.86	100	118	29.4	2.22	2.31	100	104	31.1	1.26	2.18	100	173	33.2
	二	4.640	1.355	100	29	28.0	3.252	2.160	100	66	21.4	3.447	2.130	100	58	21.2
平均	一	1.80	2.23	100	120	——	1.96	27.6	100	149	——	0.89	1.97	100	234	——
	二	2.49	1.870	100	75	——	1.870	1.379	100	73	——	1.102	0.668	100	66	——

第十三表所顯示之結果，三品種水稻根際之呼吸作用所放出之 CO_2，以台中65號爲最多，下脚格仔次之，短廣花螺最低。就第十四表葉之呼吸作用測定之結果觀之，第一期作，台中65號在各種處理均較短廣花螺爲强，第二期作則以下脚格仔之作用較强。

表十三　台灣種與蓬萊種水稻呼吸作用之測定

(a) Pirschle氏法(幼苗根之呼吸作用)(民國35年)

水稻品種	CO_2 mg/hour/plant (dry matter in gram)
台中65號	85.8
短黃花螺	48.1
下脚烙仔	82.6

表十四　(b)改良Baysen氏法(水稻葉之呼吸作用)(民國三十六年)

處理	期作	插植後四十天 CO_2放出量 mg/hr50cm² 台灣	蓬萊	CO_2放出指數 以台灣爲100 台灣	蓬萊	部份開始抽穗期 CO_2放出量 mg/hr50cm 台灣	蓬萊	CO_2放出指數 以台灣爲100 台灣	蓬萊	收穫前兩週間 CO_2放出量 mg/hr50cm² 台灣	蓬萊	CO_2放出指數 以台灣爲100 台灣	蓬萊
NPK	一	0.76	1.32	100	173	1.02	1.39	100	101	0.34	0.85	100	150
	二	0.67	1.80	100	268	0.888	——	—	—	—*	——	—	—
PK	一	0.81	0.84	100	103	0.31	0.37	100	119	—*	0.31	—	—
	二	1.07	——	—	—	0.136	——	—	—	0.944	0.396	100	41
NK	一	0.93	1.14	100	116	0.97	1.06	100	109	0.78	0.82	100	105
	二	——	0.613	—	—	0.464	0.322	100	69	—*	0.259	—	—
NP	一	1.72	1.46	100	84	0.72	0.38	100	52	—*	0.91	—	—
	二	1.75	0.634	100	36	0.905	0.455	100	50	0.89	0.767	100	86
平均	一	0.91	1.19	100	130	0.75	0.80	100	106	0.56	0.72	100	128
	二	1.13	0.78	100	69	0.596	0.388	100	65	0.917	0.474	100	52

*已結實葉變黃

C. 葉綠素含量：　兩種水稻就葉色觀之，蓬萊種確較台灣種之葉色深綠，本試驗所測定之葉綠素爲a、b兩種之總量。通常表示葉綠素濃度之方法，有基於每單位細胞容量，或每單位細胞面積，或每ml.細胞浮懸液之含量。本試驗測定之結果，乃以新鮮葉之百分率表示之。茲將結果列於第十五表。

表十五　台灣種與蓬萊種水稻葉綠素濃度表

處理	移植後四十天 葉綠素%(新鮮物質計算) 台灣	蓬萊	抽穗時期 葉綠素%(新鮮物質計算) 台灣	蓬萊	收穫前一週間 葉綠素%(新鮮物質計算) 台灣	蓬萊
			第一期作			
NPK	0.2700	0.3600	0.2525	0.3700	0.2500	0.3400
PK	0.2140	0.2700	0.2000	0.2530	0.1900	0.2100
NK	0.2550	0.3790	0.2040	0.3840	0.2000	0.3675
NP	0.2900	0.4250	0.2650	0.4010	0.2600	0.3775
			第二期作			
NPK	0.3415	0.3640	0.1640	0.2150	——	——
PK	0.2540	0.3010	0.1030	0.1230	——	——
NK	0.3250	0.3775	0.1660	0.2245	——	——
NP	0.3530	0.4445	0.2090	0.2518	——	——

就上表測定之結果，台中 65 號葉綠素之濃度，在各生長時期及各不同處理之下，均較台灣種水稻爲高。植物之葉綠素含量，一般學者之見解(11, 13, 15, 18)均謂與光合作用速率有密切關係，本試驗結果，除因品種之差異緣因外，葉綠素之濃度確有增加光合作用速率之現象。

結 果 討 論

水稻之生理現象與產量關係最密切者，厥爲光合與呼吸作用。植物之光合作用，其過程雖可以簡單之方程式表示之：$6CO_2 + 6H_2O + 673kg\text{-}cal \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$，此種現象之存在亦久爲吾人所認識，然由 CO_2 與 H_2O 結合成爲有機體之 $C_6H_{12}O_6$，其過程中之祕奧與複雜，經半世紀之研究，而明瞭其底蘊者仍屬有限。此種作用受內外因子之影響而起變異頗大，就現行測定之三種方法，無一可能得完全控制各種影響之因子而獲正確不移之結果。即應用三種方法，同一時間及條件之下所測得之結果，亦必各異。茲就 Sachs 氏重量法而言，其引起與正常及實際同化量離異之緣因，可舉出下列數種：(1)由於呼吸作用而消耗一部份同化產物，(2)同化產物由葉移運至他處，(3)由於葉面在太陽之下起收縮作用而使同面積之葉面所含細胞數量增加，(4) 由於損傷而增强葉之呼吸作用，抑制同化作用。由上舉四種因子之影響，應用半葉法所測得同化作用之結果，與實際之同化量必有差異，實無可諱言。再就 CO_2 吸收方法而論，應用改良 Baysen 氏法測定葉之 CO_2 吸收率，必須將葉放進葉室 (Leaf chamber)，而葉室內光之强度、CO_2 之濃度、溫度、水蒸氣等足以影響光合作用速率之因子，概與在大氣下者不同，則其測得之結果，由於環境與大氣不同而起差異。又葉之光合作用與呼吸作用在太陽光下相伴而行，植物葉之細胞，一方面由於光合作用而吸收空氣中之 CO_2，他方面由於呼吸作用而放出 CO_2；由呼吸作用所放出之 CO_2 復爲原細胞利用作爲光合作用之材料。無疑葉在太陽光下光合作用較呼吸作用爲强，故其所需之 CO_2，除一部取自呼吸作用產物外，大部尙須取給於空氣。所應探討者，究竟植物葉在太陽光下所利用呼吸產物之量有多少？此數量若無法測定，則應用改良 Baysen 氏法所測得之結果，僅爲 CO_2 之假吸收率(Apparent rate of CO_2 absorption)，而實際光合作用所需之 CO_2 量當不止此數量。

植物之呼吸作用，其作用過程適與光合作用相反，即由複雜之有機質分解爲簡單物質如 CO_2 及 H_2O 等。如 $C_2H_{12}O_5$ 分解過程中發生 673 kg-cal 之動能 (Kinetic energy)，其對植物生理之意義爲供給植物體內一切生理活動之能，故在一般情形，植物生長愈速，則所需活動能量愈多，而呼吸作用亦必愈盛。就本試驗之結果，可知呼吸作用速率與水稻產量有極密切之關係。

影響本試驗光合與呼吸作用結果之外在因子，有：(1)太陽光强度，(2) 溫度，(3) 生長時期，(4) 肥料等四種，此外葉綠素濃度可影響光合作用之內部因子，茲分別略述之。

1. 太陽光强度之影響：　植物之綠葉曝於太陽光下，光合與呼吸作用同時進行。其作用之速率尤以光合作用與太陽光之强度有關。按 Blackman 及 Matthaei 氏 (9) 等研究之結果，如溫度適當及 CO_2 充裕，則光合作用速率與投射光之强度成正比例。在一定之溫度下，相同面積之葉，其光合作用最高率所需光之强度因品種而各異。本試驗之結果，在相同之環境及條件下，兩品種水稻

之光合作用强度，第一期作以台中 65 號較短實花螺爲速；第二期作以下脚烙子較速。光合作用之速度，乃植物葉合成碳水化合物速度之指標，結果與田間試驗之水稻收穫頗相符。

太陽光强度測定之方法，乃以黑色平面與光線成直角時所吸收之輻射熱量而測定之。日間太陽光之强度依太陽距離地平綫之高度、空氣及雲之情況、太陽之位置等而變化，故同一品種在日間不同時間所測定光合作用速率之結果亦必有差異，其差異之緣因，主要者爲日中太陽光强度不一所致。故欲避免因光强度不均一所引起之差異，通常有應用 100—200—500Watt 之鎢絲投射燈，投射光帶中之紫外線(Extra violet) 用飽和之硫酸亞鐵濾過器除之 (19)，如此所測定光合作用速率之結果，不因測定時間不同而起大差異。本文試驗光合作用乃利用太陽光，在測定時間方面固因早、午不同而光之强度不同，且在測定之際常因雲之遮蔽，致使測定之結果發生差異。但本試驗之主要目的爲比較兩品種水稻在同一環境下之光合速率。按 Brown 氏(12) 等謂成長之葉對太陽輻射能吸收係數 (Coefficient of absorption of radiant energy)，同品種頗爲均一，不同品種者頗有差異。試驗之結果，因兩水稻品種不同而起差異，尚可達比較之目的。

與光合作用相輔而行者厥爲呼吸作用。植物如一工場，其產量愈多所需之能量亦愈多；植物製造碳水化合物增加時，則其移運、蒸發及其內部一切機械活動亦必增强，植物之呼吸作用亦必隨而增速。故 Spaehr 氏 (24) 謂植物之呼吸作用在陽光之下較在黑暗處爲强。本文試驗之結果，光合與呼吸作用速率之强弱頗爲一致，試驗之結果頗與理論相符。

2. 溫度之影響：　植物之光合及呼吸作用均受溫度之限制。按 Matthaei 氏(20)對 Cherry laurel 研究之結果，謂光合作用之速率因溫度之增加而增加，直至 25°C 爲最高，其葉之呼吸作用按測定之結果於 5.8°C 時 2 克之葉，其呼吸量爲每小時放出 CO_2 0.1mgm，而溫度增加至 33.1°C 時，每小時 CO_2 放出量爲 1.35mgm。植物最高速之光合與呼吸作用所需之溫度，因植物種類及其生長習性不同而頗有差異 (14)。水稻爲亞熱帶及熱帶作物，其光合與同化作用必需相當高溫始進行旺盛。按 Kennedy 氏 (18) 謂 40°C 不妨礙 Chlorella 細胞之光合作用。就台北之氣溫而言，第一期作氣溫隨水稻生長期而遞增；生長初期平均爲 30°C 左右，至收穫時期平均爲 33°C 左右。第二期作氣溫隨生長期而遞減，生長初期平均爲 28°C 而至收穫時期平均 21°C 左右。由於兩期作氣溫之不同，直接影響水稻光合與呼吸作用之速率，而間接影響水稻之收量。第一期作水稻之穀實產量兩品種均較第二期作增收一倍；至於蓬萊台中 65 號約增收 70%，而台灣種則約略相等。

3. 生長時期之影響：　植物葉之光合作用按 Agati 氏 (7) 之說，以幼嫩之葉爲最盛，黃老者銳減。葉之呼吸作用亦有同樣現象。Bezagu 氏(21) 謂依葉之成長而遞增，至長成後爲最旺盛，其後遞減。兩氏對光合與呼吸作用僅就一葉之成長度而研究，究作物各生長時期之光合及呼吸作用之變化如何，尚未加以說明。就本研究試驗之結果，水稻之光合與呼吸作用隨移植後而遞增，至抽穗時期而最盛，部份成熟時期銳減以至停止，尤以呼吸作用爲顯著。此點按 Gustafson 氏 (21) 之解釋謂呼吸作用之增減與植物細胞液 H 離子濃度有關，即植物生長最旺盛時，細胞液 H 離子濃度增加，故加速呼吸作用可減低其 H 離子之濃度，果實成熟時，植物之生活機能減退，葉之呼吸作用自亦低減

以至於停止。水稻抽穗時期植物體內碳水化合物開始大量積聚，故光合作用速度增强亦爲生理上必然之現象。

4. 肥料之影響：　肥料三要素對植物生理之效用：氮爲蛋白質之重要成分，亦即原形質中最活躍之成分；磷雖爲 Licithin, nucles protein, nucleic acid 等主要成分，但對澱粉之形成亦有助力；鉀一般認爲澱粉形成不可缺之物質。就本試驗之結果，P、K 之施用似對水稻之產量無大影響，而缺 N 處理則影響水稻產量殊鉅，此並非說明 P、K 對水稻生理無若何效用，僅可證明在此亞熱帶地方，氮素之損失最速，故需要補給最殷，苟不加以補給，植物原形質之形成與活動即受限制，直接影響水稻光合與呼吸作用之速率。故水稻產量愈多所需肥料愈多，亦屬必然之生理現象。

5. 葉綠素濃度之影響：　葉綠素之濃度爲影響光合作用速率之內在因子。由試驗之結果，蓬萊種水稻不論在外觀上及實際測定，葉綠素之含量確較台灣種水稻爲高，而葉綠素之濃度亦確與光合作用速率有定性之相關。葉綠素與光合作用速率之關係如何，迄無定論，Weber 氏(25) 證明各不同種類之植物，同面積葉面光合作用之速率有差異，但並未指出其緣因。Haberlandf 氏 (16) 曾作各不同植物葉每單位面積葉綠體 (Chloroplast) 分量之測定，但無確定之結論，蓋等量之葉綠體是否含等量之葉綠素 (Chlorophyll) 尚未能證明。Willstatter 氏 (26) 氏欲尋求葉綠素與光合作用速率之定量關係，曾作各種植物之"光合數" (Photosynthetic number) 之測定，結果亦因植物種類不同而異，其定量關係亦無法確定。近年來對此問題之研究頗爲熱烈，如 Emerson(13) Fleischer 15) Kennedy(18) 等氏曾先後應用鎂之施用量以控制 Chlorella 細胞葉綠素之濃度，結果，否定葉綠素爲限制光合作用速率之惟一內在因子，認爲葉綠素不同所引起光合作用速率變異之緣因，乃由於 Blackman 氏反應所致。鎂之缺乏，可減低葉綠素之含量，亦即影響 Blackman 氏反應之速率。自此葉綠素與光合作用速率得有更進一步之瞭解。

提　要　與　結　論

本研究試驗分圃場與盆栽兩種，共進行二年 (民國 35—36 年)，每年二期作，共計除民國 35 年第二期作因颱風損害外，實共得三期作之結果。圃場試驗之目的在水稻生態之調查及產量之測定，取隨機排列法，共四區集，每區集八小區 (1/100 公頃)，重複四次，合計 32 小區。盆栽試驗每盆所定與圃場試驗同之土壤 16 公斤 (風乾)，共 32盆，處理、排列、及重複均與圃場者同。

肥料之處理分 NPK、NK、PK、NP 等四種。肥料之種類，氮施用硫酸銨，磷施用過磷酸石灰，鉀施用硫酸鉀。施用分量，圃場試驗者每小區施三要素各 94 克，盆栽試驗者，每盆施三要素各一一克，均於移植前作基肥一次施用。

水稻品種台灣種第一期作用矮廣花螺，第二期作用下脚格仔；蓬萊種第一、二期作均用台中 65 號 (龜治×神力)。

水稻之生理現象曾作稻葉之光合與呼吸作用之測定。民國 35 年光合作用之測定採用 Sachs 氏半葉法行之，民國 36 年改用 Baysen 氏 CO_2 吸收率原理行之。呼吸作用，民國 35 年應用 Pirschle

氏法作幼苗根系呼吸作用之測定，民國 36 年亦改用 Baysen 氏法作 CO_2 放出率之測定。至水稻之化學成分，僅作葉綠素濃度之測定。

茲將圃場試驗及其生理化學測定之結果，提要述之如下：

1. 水稻穀實之產量，因品種、處理、期作等不同頗有差異。就品種言，蓬萊種確較台灣種產量爲高，尤以第一期作爲最顯著。就兩品種全年總產量而言，蓬萊種較台灣種每公頃平均增收 291 公斤，此增收之數量，在一百次中僅有五次爲機會所成。處理間以 NPK 之產量最高，PK 之產量最低，平均差異爲 623 公斤，此差數在一百次中僅有一次爲機會所造成。期作間之差異，第一期作較第二期作每公頃增收 1424 公斤，此差數在一百次中亦僅有一次爲機會所造成。

2. 水稻藁稈之收穫量與穀實之收穫量稍有不同，台灣種較蓬萊種收量爲高，其差值已達 1% 之顯著標準值。處理間之比較，亦以 NPK 之產量最高，PK 者最低，其差值亦達 1% 之顯著標準值。

3. 兩品種水稻光合作用之速率，第一期作以台中 65 號較高，第二期作以下脚格仔較高。其變化大致與水稻之產量相同，即以 NPK 處理者爲最高，PK 處理者爲最低，至於生長各時期則以抽穗時之作用最強。

4. 兩品種水稻之呼吸作用速率之變化大致與光合作用者同，惟自抽穗以後之減退率較光合作用爲速，至成熟時，葉之呼吸作用速率甚低以至於停止。

5. 葉綠素之濃度不論在外觀及測定之結果，均以蓬萊種水稻爲高。第一期作葉綠素之濃度與光合作用速率呈正相關，而第二期作關係極不明顯。

就上述試驗之結果，水稻之產量以 NPK 處理者爲最高，PK 處理者爲最低，此足說明在熱帶及亞熱帶地方，N 爲增產之決定因素。水稻之光合及呼吸作用之速率，依太陽光之強弱、空氣之溫度、水稻生長各時期、及肥料處理之不同等因素而頗有變異。在同一處理與環境條件之下，光合與呼吸作用之強度，均以蓬萊種較台灣種爲高，由試驗之結果，光合與呼吸作用之變化與水稻之產量頗爲一致。故藉此等之測定，可預知水稻產量之豐嗇。

參 考 文 獻

1. 大島金太郎：稻之品種及分布面積統計　中央研究所農業部彙報第 60 號（民國 17 年）
2. 磯永吉：水稻耕耘法講義　台灣農會出版第 18 號（民國 23 年）
3. 松山芳彥：農藝化學分析　東京帝大農學部農藝化學教室（民國 28 年）
4. 水稻內地種　農業部彙報第 25 號　台、總、中、研、所（民國 15 年）
5. 中野治房：植物生理及生態學實驗法（民國 22 年）
6. 台灣省光復前農業化學論著索引　H. 植物營養及肥料試驗 P 15—25
   台農試所農化系（民國 36 年）
7. Agati J. A.（1937）　The rate of photosynthesis of corbao mango leaves under field conditions　Philipine Jour. Agri. 8:121

8. Baysen J. (1923) Uber neue Apparatus zur messung der Cohlensaure Assimilation, der Respiration, der Offnungsweite der Spaltaffnunggen und der Beleuchten ungsstarke. Planta 6, 456—472

9. Blackman F. F. and G. L. C. Matthaei (1905) Experimental researches in vegetable assimulation and respiration. IV. A quantitative study of carbon-dioxide assimulation and leaf-temperature in natural illumination. Proc. Roy. Soc. B. 76:402—460

10. Bose J. C (1924) Physiological of Photosynthesis. Longmans, Green and Co. London.

11. Brigys G. E. (1933) Experimental researches on vegetable assimulation and respiration XXI Proo. Roy. Soc. London B. 113:1

12. Brown H. T. and F. Escnmbe (1902) The influence of varying amounts of carbon dioxide in the air on the photosynthesis process of leaves and on the mode of growth of plants. Proc. Roy Soc. 70:397—413

13. Emerson R. (1929) Relation between maximum rate of photosynthesis and chlorophyll concentration. J. Gen. Physiol. 12:609—623

14. Ewart A. J. (1896) On asimulatory inhibition in plants. J. Linn Soc. Bot. 31:363 -397

15. Fleishcher W. E. (1935) Relation hetween chlorophyll content and rate of photosynthesis. J. Gen. physiol. 18:573—597

16. Haberlandt G. (1882) Vergleichende Anatomie des Assimilatorischen Gewebesytems der Pflanzen. Jahrb. F. Wiss., Bot. 13:74—188

17. Heiniche A. J. and N. F. Childers (1937) Influence of respiration on the daily rate of photosynthesis of entire apple trees Proc. Amer. Soc. Hort. Sei., 34:142—144

18. Kennedy S. R. (1940) The influeuce of magnesium deficiency, chlorophyll concentration, and heat treatment on the rate of photosynthesis of chlorella. Am. J. Bot., 27:68—72

19. Livingston R. and J. Franck (1940) Assimulation and respiration of excised leaved at high concentrations of carbon dioxide Am. J. Bot., 27:449—457

20. Matthaei G. L. C. (1905) Experimental on vegetable assimilation and respiration III. On the effect of temperature on carbon dioxide assimilation. Phil. Trans. Roy. Soc. London B 197:47—105

21. Miller E. C. (1931) Plant physiology. Mc. Graw-Hill chapt. XIII.

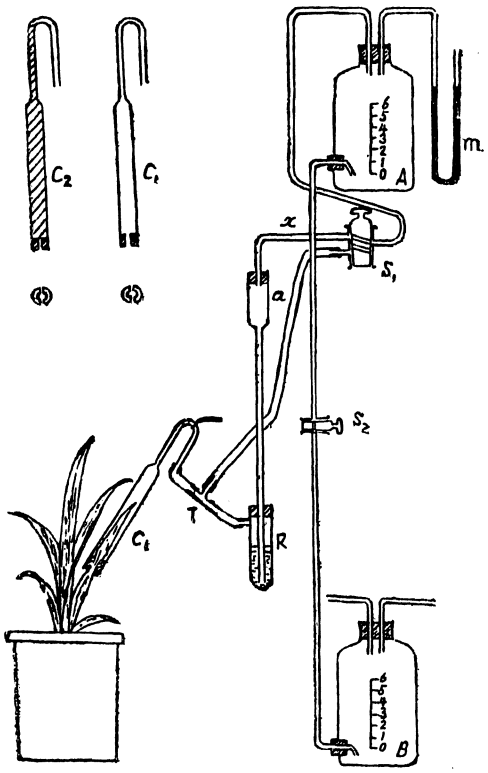
22. Pirschles K. (1932) Deutch. Bot. Ges. 5:42

23. Sachs J. (1884) Ein Beitrag zur kenntriss der Ernahrungsthatigkelt der Blatter. Arbeiten bot. Inst. in Wurzburg 3:1—33

24. Spoehr H. A. (1915) Variations in respiratory activity in relation to sunlight. Bot. Gaz., 57:366—387

25. Weher C. (1879) Ueber specifische Assimilation senergie. Orb. Bat. Inst. Wurzburg, 2:346—352

26. Willstatter R., and A. Stoll (1918) Untersuchungen ubex die Assimilation der Kahlensaure. Berlin, Julius Spunger



圖：光合與呼吸作用測定之裝置