臺灣省農業試驗所報告

第 九 號

BULLETIN
of
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE
No. 9

水稻氮素追肥之研究

林家棻　　陳振鐸

A STUDY ON THE TOP-DRESSING OF NITROGENOUS FERTILIZERS TO RICE

J. F. Lin　　C. T. Chen

臺灣省　臺北市

臺灣省農業試驗所刊行

中華民國四十一年十二月

Published by
Taiwan Agricultural Research Institute
Taipei, Taiwan, China
December, 1952

序

本省土壤普遍缺乏氮肥，對於水稻產量影響至鉅，而氮肥之施用法亦有研究之必要。本所有鑒及此，特於民國三十六年起舉行水稻氮素追肥試驗，迄今五載，已獲相當成果，本篇誠爲研究水稻施肥者之珍貴資料，爰予付梓，以供斯界參考。

臺灣省農業試驗所所長
農學博士 徐水泉

民國四十一年十二月

水稻氮素追肥之研究

A Study on the Top-Dressing of Nitrogenous Fertilizers to Rice

林家棻　　陳振鐸

J. F. Lin(1)　　C. T. Chen(2)

I. 緒　　論

本省土壤普遍缺乏氮肥，據過去全省180處之水稻三要素適量試驗結果[2]，顯示施用適量的氮肥有增產的效果，其增產量在第一期作可達10—30%，第二期作爲10%，又按本省農業年報[3]記載1938年爲光復前稻米產量最高年，同時亦爲臺灣販賣肥料消費量最多年，其總數約爲63萬噸（包括稻米外其他農作物所用肥料），就中化學肥料約佔21萬噸（硫酸銨爲17萬噸），植物質肥料16萬噸（大部分爲大豆餅），其他調合肥料等約26萬噸，由此可見在63萬噸販賣肥料中，氮素肥料已佔33萬噸，而調合肥料與其他肥料中的氮素含量尚未計算在內，又按本省糧食局肥料運銷處報告[6]，在1951年本省輸入及購買省產化學肥料約計29萬公噸，其中氮素肥料則佔22萬公噸。本省氮肥之需要如是迫切，各種作物之氮肥施用法誠有研究之必要。

本省大部份農地居於亞熱帶，其平均氣溫與日照[4]變化不大，但北部之氣溫與日照時數對于第一、二兩期作水稻之生育則頗有影響，若吾人將水稻的生育時期簡單分爲前期自插秧至最高分蘗期，與後期自最高分蘗期至成熟期，則第一期作水稻生育前期之平均氣溫爲20.6°C，每月之平均日照時數爲113，而後期之平均氣溫爲27.2°C，每月之平均日照時數爲197。在第二期作前期之平均氣溫爲27.1°C，每月之平均日照時數爲204.5，而後期之平均氣溫則爲21.6°C，每月之平均日照時數爲126，由此可知在第一期作水稻生長期間，氣溫與日照時數逐漸昇加，而第二期作則反是。同時第一期作水稻生育前期的平均氣溫與日照時數顯較第二期作者爲低，因此第一期作水稻於生長前期較第二期作者發育緩慢。需肥的情形因而亦異。此外本省四面環海，又受季節風的影響，雨量充沛，北部四季雨水分佈均勻，平均年雨量在2500mm.左右。至於本省北部土壤之質地[5]，除低窪盆地及洪積層紅壤外，其他第三紀砂岩頁岩所成的土壤，質地多爲疏鬆，由于高溫多雨及土壤性質，氮肥之若干部分在水稻生長期中之滲濾、氣化、固定等損失，是所難免。而水稻在分蘗期、孕穗期、出穗期與成熟期等各生育時期中對于氮肥的需要量又不相同。但氮素爲珍貴肥料之一，故在栽培第一期作或第二期作水稻中配合於土壤性質，必須在各期作之適當時期施用適量氮肥，才能提高水稻產量，減少植物營養分的損失，而達到施肥的目的。作者等爲明瞭水稻的收量，氮素的吸收量，對于氮肥的種類，追肥次數與施用時期等關係，爰於1947年起在本所舉行水稻氮素追肥試驗，以迄於茲，已歷五年時間矣，其中1947與1948兩年，除本所外尚在臺北之新莊與宜蘭兩地舉行。

II. 前 人 研 究

異態氮素對于水稻的效應：水田係在不通氣情形之下，故一般認爲施用硝酸態氮後，除一部分爲

(1) 臺灣省農業試驗所技士　(2) 國立臺灣大學農學院教授

植物吸收同化外，其他硝酸可能還原爲銨態氮或遊離氮而損失，或直接被土壤中細菌所吸收，而銨態氮則易爲土壤膠體複合物在其鹽基置換作用中所固定，或在水田氧化層中成爲硝酸，由于上述任一情形的發生均可能減低有效性或可溶性氮肥的分量。關於異態氮肥對于水稻的效應，各學者主張不一，一般言之，可分爲兩類。

i. 認爲硝酸態氮與銨態氮對于水稻增產有同樣效應者：如 Kellner[25]氏認爲對于水稻的增收，硝酸態氮較銨態氮有更好的效果，倘兩者合併施用則其效果更著。 Van Rossen [28] 氏從其水稻田間試驗結果，認爲硝酸鈉與過磷酸鈣合併施用之產量較硫酸銨與過磷酸鈣合併施用區爲高。 Hartenbower [22]與 Briggs[15] 氏在關島之試驗結果示硝酸鈉區之水稻產量除較完全肥料區稍差外，較其他任何單施一種肥料區之產量爲優。 De Jong 與 Van Rossem [21] 兩氏在其比較各種氮肥效應中， 認爲硝酸鈣對于水稻的效應幾與硫酸銨相同，並稱硝酸鈉若在晚期施用亦可得良好的效果。Willis 與 Carrero[30] 氏認爲若能調整其他因子，則硝酸鈉與硫酸銨對于水稻有同樣的效果，但影響硝酸鈉有效性的因子較硫酸銨爲多，因此渠等認爲在水稻田中施用硫酸銨較爲安全。

ii. 認爲銨態氮對于水稻有良好效應者：如 Nagaoka[27]與 Daikuhara及 Imaseki[18]諸氏，由盆栽試驗結果，認爲硫酸銨對于水稻效應較硝酸銨爲佳。 Daikuhara與 Imaseki兩氏並稱硝酸鈉與硫酸銨對于陸稻效應則無差異。 Kelley [24]氏從其數年的盆栽與田間試驗結果認爲硫酸銨遠勝于硝酸鈉。

其他尚有有機態氮分解後生成的銨態與硝酸態氮之效果以及利用該兩形態氮素的條件等研究，如 Harrison[21]氏從其田間試驗結果認爲水田需要大量有機質肥料，或在不通氣情形之下，能產生銨態氮之肥料。據Clouston[7]氏稱在印度紅壤區域栽培水稻，僅施用廐肥(牛糞)即可得良好效果。在 Louisiana [16] 的西南部只要輪作荳科作物即可得良好的效果。 Janssen 與 Metzger [21] 氏示綠肥爲水稻之有效氮素良好來源。 Bartholomew[13], [14]氏認爲硫酸銨或硝酸鈉對于水稻效應的差異，並非因爲銨態氮與硝酸態氮的關係，而係因施用前者之後增加土壤溶液的氫離子濃度，而後者則減少土壤中氫離子的濃度，渠比較各種氮態對于水稻的效應後，認爲若以硫酸銨的有效性作爲100，則硝酸鈉爲89.5，氰氨化鈣爲 69.5，並稱在水田施用硫酸銨較爲安全，蓋其在土壤中之生成物對于水稻生育的影響較少。石塚[7]氏利用水稻水耕栽培試驗，調節其水耕液的 pH 值爲 5.1 ，氮素供給則用硝酸銨，而在每週更換培養液時，測定培養液中剩餘的 NH_4^+ 和 NO_3^- 的分量，其結果示在水稻開始生育後五週，當水稻吸收的銨態氮量達 24.87mg 時 ， 硝酸態氮的吸收量則僅及 0.9mg ，而在第五週以後，（第六週開始），水稻所吸收的硝酸態氮的數量反較銨態氮爲多，水稻在生育初期吸收的銨態氮較硝酸態氮爲多， 而在後期則吸收硝酸態氮反較銨態氮爲多，就其理由 Dastur 與 Kalyani[12]兩氏認爲係水稻根細胞原形質在生育各期間等電點 (Isoelectric point)不同之故，據渠等測定結果生育初期之水稻根中蛋白質的等電點係在 pH4.30—4.40左右，在生長一個月中，水稻根液的 pH 值自4.09升至6.18，顯示稻根中蛋白質的等電點轉向鹼性方面，因此在初期根中原形質對于陽離子的結合較陰離子爲易，銨離子帶陽電荷因此較帶陰電荷的硝酸根離子易於吸收。換言之，根部蛋白質或原形質之等電點昇高時， 對于吸收硝酸根的條件較銨根者有利，因此在水稻生長後期吸收的硝酸態氮較銨態氮爲多，據 Sieve J. W. [29] 氏之研究示作物對于硝酸態氮與銨態氮的吸收，受土壤通氣情形良否之影響，一般言之，當土壤中氧氣之張力低時，作物吸收之硝酸態氮高，相反地，若土壤中氧氣張力大時則吸收之銨態氮高。

前人的研究又示硝酸態氮的效應在酸性反應的土壤中高，有促進作物對于鉀的吸收作用，該種肥料對于酸性反應敏感的作物如大麥、甜菜、小麥等尤爲適合，而銨態則在微酸性或中性反應的土壤中較佳，若有重金屬錳的存在，更可增加植物對于氮素的吸收量，同時銨態氮具有促進吸收磷酸的作用。若施用於耐酸性的作物如燕麥、馬鈴薯、水稻等則效應爲高。

關於氮肥施用時期對于水稻的效應：一般言之，水稻在生育初期，吸收氮素較少，隨生育進展而漸增加，直至某一限度後，則開始下降，石塚[7]氏據水耕試驗結果認爲水稻自子實長出子葉而其長度達48公分後八週內，需要氮肥最爲迫切，在此期間內，除最初二週之缺乏氮肥致影響於後期水稻生育外，其他任何一週若缺乏氮肥，則完全阻止水稻後期正常的發育，而水稻對于氮素的吸收，亦以第八週爲最高峯，過後漸次減少，迨至第十一週則開始急劇下降。

松木五樓[11]氏等由其水稻氮素追肥試驗結果認爲在出穗前施用氮肥則水稻植株急劇伸長，而提早最高分蘖期，增加分蘖數，但在出穗後施用則反是，並稱若以半量的氮肥作基肥，其他半量作追肥在揷秧後40日施用（約在出穗前30日），則可增加穀實的收量及其含氮百分率。

高山、瀧口[8]兩氏認爲在出穗前17日，以硫酸銨作爲追肥施用則可增加稻的穗數。松尾[6]氏稱分蘖期以後營養不良時，若施用氮肥，則雖增加莖數與穗數，但其有效分蘖數的百分率則反減少。渠等又稱若以全氮素的60%作爲基肥，而以40%在出穗前17日左右作爲追肥施用，則可增加穗數，結實粒數及穀的收量，山本、鈴木[9]兩氏稱在出穗時施用硫酸銨則可增加穗的長度與穀的收量。

山崎[12]氏等行水稻晚期氮素追肥試驗，其結果示在出穗前25日施用追肥時植株高度的增長最爲顯著，若在有效分蘖期以後，施用追肥則有效分蘖數反有減低的傾向，惟有效分蘖數佔總分蘖數的百分比，則以氮素追肥區高于氮素基肥區。關於氮素吸收方面，在出穗前20～25日左右施用氮素均可增加穀與藁的氮素吸收率及穀的收量。

本省稻作之自然與社會環境與他國者自不相同，其氮素追肥之理論與各區域適用之追肥法實有討究之必要。據臺北區農林改良場年報[1]所記載的水稻追肥試驗三年結果，施用追肥對于水稻增加收量的效應，並無一定的趨向。

III. 試 驗 方 法

本試驗的目的在探求不同氮態以及分期施用氮肥對于水稻之生育，收量與氮素吸收量的影響。故試驗設計中有以一定量的氮肥分爲全量基肥施用者。半量作基肥施用，另半量作追肥施用者。三分之一量作基肥施用，另三分之二量作一次追肥施用或平分作二次追肥施用者。三要素施用量每公頃各爲80公斤，磷肥用過磷酸鈣，鉀肥用硫酸鉀，此兩種肥料均在揷秧前一日作基肥施用。氮肥則用硫酸銨，硝酸銨及氰氨化鈣等三種。水稻品種用臺中65號。

田間區劃採用隨機排列，四重複，每小區面積爲千分之一公頃，每小區共植170穴，每穴5株，揷秧後田間管理均參照一般方法進行之。此外在水稻生育期內，舉行生育調查三次，調查其高度與分蘖數，調查後在每處理小區內，隨機刈取5穴的水稻，予以風乾，碾碎，用Kjeldahl氏法測定氮含量，藉以探討在各生育期中水稻所需要氮肥的情形。本試驗之詳細設計，生育調查，收量調查等成績列于附錄表中。至於本試驗地的土壤的成因，質地，pH 值，有機物與全氮量等如下：

第一表　各試驗地土壤之成因，質地，pH 值及有機物與全氮含量

Table 1. Soil properties showing its formation, texture, pH value and its contents of organic matter and total nitrogen

地點 Locality	成因 Mode of formation	質地 Texture	pH Value*	有機物 %** Organic matter	全氮 %*** Total nitrogen
臺北 Taipei	砂岩風化物沖積土	泥砂壤土 Silty loam	4.79	1.92	0.17
新莊 Sin-juan	同上	砂壤土 Sandy loam	4.84	1.43	0.14
宜蘭 Yilan	泥板岩風化物沖積土	泥砂質粘土 Silty clay	5.33	3.00	0.25

* pH 值用 Quinhydrone electrode method.

** 有機物用 Wet method

*** 全氮用 Kjeldahl method.

IV. 結果與討論

異態氮肥單獨施用時對于水稻的效應：由前人研究的結果，可知水稻對于各種氮態的效應受各地的風土情形以及水稻品種生育時期的影響甚大，本試驗所用的氮肥爲硫酸銨，硝酸銨與氰氮化鈣等三種，此三種氮肥單獨充爲基肥施用時對于水稻的氮素吸收量以及水稻穀實與藁稈收量的三年成績列于第2、3兩表中，該表顯示在第一期作中水稻的穀實收量均以硫酸銨施用區最高，硝酸銨區次之氰氮化鈣區又次之而在第二期作中水稻對于三種氮肥效應的差異則不明顯，換言之，在第二期作，硝酸銨或氰氮化鈣均可代用硫酸銨充爲基肥施用，但氰氮化鈣須在插秧前一星期施用較爲穩妥。至於三種異態氮肥對于水稻效應的差異，則可由其氮素的吸收狀況加以檢討，第二表示在第一期作水稻生育初期中氮的吸收量多以硫酸銨區較高，硝酸銨區次之，氰氮化鈣區更次之，在生育後期除氰氮化鈣區水稻之氮吸收量仍較低外，硫酸銨區與硝酸銨區水稻之氮吸收量幾乎相等，此似可由 Dastur 與 Kalyani 兩氏所稱水稻在生育期中對于硝酸態與銨態氮的利用受水稻根原形質之等電點變異的影響以解釋之。而硝酸銨區的穀實收量較硫酸銨稍差者，是否與石塚氏所稱生育初期吸收氮量不足時影響其後期穀實的產量有關，若是，則生育初期的氮素吸收量須達何種程度，始可促進穀實的產量誠有再研究的必要，至於氰氮化鈣區之水稻氮素吸收量較低者，因爲該種氮肥施用于土壤後，須先遊離爲 Cyanamide 與 Dicyandiamide, 更分解爲尿態氮進而成爲銨態氮後始可供爲植物利用，由于如此複雜而費時的分解過程，未免阻滯水稻的吸收，其詳細情形尚待研究。第二期作氰氮化鈣之分解可能由于氣溫高，土壤中生化作用(Biochemical process)快，同時秧苗移植本田後約經過一晝夜即行活着，因此促進水稻生育初期氮素的吸收量，減少肥料養分流失的機會，此外水稻根原形質等電點的變異亦可能較第一期作提早，而增加硝酸銨區水稻的氮素吸收量。在第二期作水稻對于該三種氮肥效應差異之不明顯，可能由于上述因子的影響。

第二表　異態氮肥單獨施用時對于生育期中水稻氮素吸收量的影響　公斤/公頃

Table 2. Effect of basic dressing of nitrogenous fertilizers on the N-absorption of rice during different growing periods. kg/ha.

臺北 Taipei	民國36年第一期作 First crop, 1947										
	生育日數 Growing days						收穫時 At harvest				
	37			65							
處理 * Treatment	藁收量 Yield of straw kg/ha	氮百分率 N %	氮吸收量 Amount of N-absorbed kg/ha	藁收量 Yield of straw kg/ha	氮百分率 N %	氮吸收量 Amount of N-absorbed kg/ha	藁收量 Yield of straw kg/ha	氮百分率 N %	穀收量 Yield of grain kg/ha	氮百分率 N %	氮吸收量 Amount of N-absorbed kg/ha
000	409.9	2.64	10.82	2049.6	1.47	30.13	2855	0.89	2855	1.10	56.81
$S_1$00	880.3	2.84	25.00	4267.2	1.49	63.58	4080	0.91	3870	1.11	80.09
$N_1$00	880.3	2.57	22.62	3847.0	1.38	53.09	4349	0.89	3746	1.09	79.54
$C_1$00	638.4	2.50	15.96	3763.0	1.37	51.56	3721	0.84	3375	1.13	69.40
	民國36年第二期作 Second crop, 1947										
	30			50			收穫時 At harvest				
000	760.2	3.02	22.96	2662.8	1.91	50.86	2988	1.04	2198	1.16	56.56
$S_1$00	928.2	3.54	32.87	3402.0	2.20	74.84	4391	1.28	2606	1.17	86.70
$N_1$00	1050.0	3.43	36.02	3292.8	2.23	73.43	4573	1.39	2703	1.26	97.61
$C_1$00	844.2	3.27	27.61	2990.4	1.99	59.51	3824	1.33	2514	1.29	83.29
	民國37年第一期作 First crop, 1948										
	40			60			收穫時 At harvest				
000	394.0	2.91	11.47	1285	1.27	16.34	2836	0.97	2083	1.11	50.63
$S_1$00	667.0	3.35	22.34	1900	1.44	27.36	3263	0.83	2566	1.14	56.33
$C_1$00	548.0	3.09	16.93	1757	1.40	24.60	3850	0.84	2451	1.13	60.04
	民國37年第二期 Second crop, 1948										
	20			50			收穫時 At harvest				
000	466	2.37	11.04	1678	1.51	25.34	2288	0.66	2961	1.20	50.63
$S_1$00	950	3.29	31.26	2409	1.58	38.06	3488	0.62	3275	1.23	61.91
$C_1$00	824	2.88	23.73	2373	1.58	37.49	3838	0.70	3492	1.19	68.42
	民國40年第一期作 First crop, 1951										
							收穫時 At harvest				
000	—	—	—	—	—	—	3063	0.81	2438	1.07	50.90
$S_1$00	—	—	—	—	—	—	4563	0.76	3138	1.11	69.51
$N_1$00	—	—	—	—	—	—	3938	0.83	2963	1.07	64.39

	民國40年第二期作 Second crop, 1951										
							收穫時 At harvest				
OOO	—	—	—	—	—	—	3050	0.67	2520	1.15	49.42
S_1OO	—	—	—	—	—	—	4063	0.82	2650	1.26	66.71
N_1OO	—	—	—	—	—	—	3850	0.82	2725	1.19	64.00

* O =無氮肥

S =硫酸鹽，右下方之1表示全量作基肥施用，餘類推之

N =硝酸鹽

C =氰氨化鈣

O representating no nitrogenous fertilizer added

S representating ammonium sulphate

N representating ammonium nitrate

C representating calcium cyanamide

The figure at the right subside of the alphabet represents the whole amount of the fertilizer added as a basic dressing.

第三表 異態氮肥單獨施用時對于水稻收量的影響 公斤/公頃

Table 3. Effect of basic dressing of nitrogenous fertilizers on the yield of rice kg/ha

臺北 Taipei	第一期作 First crop				第二期作 Second crop			
處理 Treatment	穀收量 Yield of grain	指數 Index	藁收量 Yield of straw	指數 Index	穀收量 Yield of grain	指數 Index	藁收量 Yield of straw	指數 Index
1947								
OOO	2855	—	2855	—	2198	—	2988	—
S_1OO	3870	100.0	4030	100.0	2606	100.0	4391	100.0
N_1OO	3746	96.8	4349	106.6	2703	103.7	4573	106.6
C_1OO	3375	87.2	3721	91.2	2514	96.5	3824	89.1
1948								
OOO	2083	—	2836	—	2961	—	2288	—
S_1OO	2566	100.0	3263	100.0	3275	100.0	3438	100.0
C_1OO	2451	95.5	3850	117.9	3492	106.6	3838	110.0
1951								
OOO	2458	—	3063	—	2520	—	3050	—
S_1OO	3138	100.0	4563	100.0	2650	100.0	4063	100.0
N_1OO	2963	94.4	3938	86.3	2725	102.8	3850	94.8

異態氮肥配合施用時對于水稻的效應：上節所討論者乃以三種氮肥分別充爲基肥施用。本節乃以某種氮肥充爲基肥施用，另種氮肥則充爲追肥分別在水稻的有效分蘖期與幼穗形成期施用，但氮素的

總施用量則彼此相等，歷年來試驗結果列于第 4—5 表中，由該表等可知氰氮化鈣直接充爲追肥施用時，水稻的氮吸收量以及穀實與藁稈的收量均較其他兩種氮肥配合施用時爲差。據作者等田間觀察結果，在氰氮化鈣施用後第一日，稻葉尖端的葉綠素即爲之破壞而呈現黃褐色，第二日漫延至葉片，第三日來勢更凶，有者整株已呈焦枯狀態，此種現象約須維持14—20日，然後再重新萌芽，但爲時已晚，自然環境已不容其充分發育。若就第一期作氰氮化鈣追肥區的穀實收量與第二期作者比較時，則後者較前者尤爲減收，此因在第一期作受害後回青時，爲時雖晚，但氣溫昇高，水稻發育較速，故其收量尚可達到硫酸鍵追肥區的50%左右，而第二期作者則僅及20%左右。至於以氰氮化鈣作追肥施用時在第一期作二次追肥區的氮吸收量與穀實收量均較一次追肥區爲佳。而在第二期作則反是。但若以氰氮化鈣僅作基肥施用，而以硫酸鍵配合之作追肥施用，則不問一次或二次追肥，其在第二期作水稻的氮吸收量幾與純施硫酸鍵區者相等，或竟超過之。關於硝酸鍵施用對于水稻的效應而言，就三年來試驗的結果以硝酸鍵作追肥施用時其效應似較基肥爲大，此除因水稻生育時期對于硝酸態氮與鍵態氮吸收的狀況不同外，亦可能因硝酸鍵中的硝酸態氮在土壤中較鍵態氮流失的機會較多有以致也。再次關於硫酸鍵追肥施用的次數問題，由第 4—5 表可知除 1951 年，第一、二兩期作水稻的氮吸收量以二次追肥區 ($S^1/_3S^1/_3S^1/_3$) 多于一次追肥區 ($S^1/_2S^1/_2O$) 者外，其他兩年均以一次區 $S^1/_2S^1/_2O$ 者多于二次區 $S^1/_3S^1/_3S^1/_3$。而穀實收量除1947年，一次區 $S^1/_2S^1/_2O$ 者多于二次區 $S^1/_3S^1/_3$ 外，其他兩年則均以二次區 $S^1/_3S^1/_3S^1/_3$ 者多于一次區 $S^1/_2S^1/_2O$。

綜上論述，可知氰氮化鈣若在插秧前一星期作基肥施用，而以硫酸鍵配合之作一次或二次追肥施用時，則其效應與純施硫酸鍵區無異。硝酸鍵若作追肥施用時則更有提高氮素吸收量與穀實收量的效應。至於硫酸鍵追肥施用的次數問題，則二次追肥區收量高於一次追肥區之次數多，唯兩處理區間收量差異不明顯蓋歷年之雨量，氣溫等等頗有影響故尚未能獲得較爲可靠的論據。唯可知兩者收量相近也。

第四表　異態氮肥配合施用時對于生育期中水稻氮素吸收量的影響

Table 4. Effect of top-dressing of various forms of N-fertilizer on the N-absorption of rice

臺北 Taipei	民國36年 第一期作 First crop, 1947											
	生育日數 Growing days						收穫時 At harvest					
	37			65								
處理 * Treatment	藁收量 Yield of straw kg/ha	氮百分率 N %	氮吸收量 Amount of N-absorbed kg/ha	藁收量 Yield of straw kg/ha	氮百分率 N %	氮吸收量 Amount of N-absorbed kg/ha	藁收量 Yield of straw kg/ha	氮百分率 N %	穀收量 Yield of grain kg/ha	氮百分率 N %	氮吸收量 Amount of N-absorbed kg/ha	
$S^1/_2S^1/_2O$	829.9	2.26	18.76	4368.0	1.66	72.51	4621	0.95	4118	1.15	91.26	
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	645.1	2.42	15.68	3931.2	1.56	61.33	4242	0.99	3994	1.17	87.83	
$S^1/_2C^1/_2O$	813.1	2.42	19.68	2872.8	1.98	56.88	3728	0.90	2335	1.21	61.80	
$S^1/_3C^1/_3C^1/_3$	695.5	2.19	15.23	2923.2	1.76	51.45	3693	1.05	2703	1.11	68.78	
$S^1/_2N^1/_2O$	913.9	2.63	24.46	4267.2	1.67	71.26	4774	0.84	4291	1.10	87.30	
$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	638.4	2.63	16.79	3343.2	1.48	49.48	4029	0.81	3858	1.17	77.77	

	民國36年 第二期作 Second crop, 1947										
	生育日數 Growing days						收穫時 At harvest				
	30日			50日							
$S^1/_2S^1/_2O$	894.6	3.22	28.81	3309.6	2.35	77.78	4816	1.15	2759	1.58	98.98
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	823.2	2.96	24.37	2923.2	2.08	60.80	4198	1.31	2116	1.47	94.92
$S^1/_2C^1/_2O$	1003.8	3.35	33.63	2116.6	2.78	58.84	3648	1.70	558	1.44	70.04
$S^1/_3C^1/_2C^1/_3$	869.4	3.08	26.78	2444.4	2.38	58.18	2794	1.86	536	1.68	60.97
$S^1/_2N^1/_2O$	945.0	3.10	29.30	3561.6	2.56	91.18	4640	1.45	2658	1.38	103.95
$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	861.0	3.14	27.04	3267.6	2.88	94.11	4548	1.60	3821	1.56	116.77
	民國37年 1948										
	第一期作 1st crop										
	40日			60日			收穫時 At harvest				
$S^1/_2S^1/_2O$	553	2.84	15.71	2161	1.57	33.93	4275	0.90	2334	1.21	66.36
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	589	2.87	16.90	2235	1.27	28.38	3963	0.77	2774	1.10	61.03
$C^1/_2S^1/_2O$	457	2.89	13.21	1616	1.53	24.72	3700	0.81	2238	1.06	53.69
$C^1/_3S^1/_3S^1/_3$	410	2.85	11.69	1533	1.46	22.38	3225	0.81	2666	1.14	56.51
$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	574	2.94	16.86	1850	1.49	27.57	4012	0.78	2441	1.24	61.56
	第二期作 2nd crop										
	20日			50日			收穫時				
$S^1/_2S^1/_2O$	841	2.30	19.34	2755	1.75	48.21	3863	0.70	3506	1.17	68.06
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	690	2.29	15.80	2187	1.54	33.68	3395	0.58	3894	1.30	65.11
$C^1/_2S^1/_2O$	782	2.44	19.08	2513	1.70	42.72	3723	0.77	3256	1.24	69.08
$C^1/_3S^1/_3S^1/_3$	715	2.28	16.30	2258	1.62	36.58	3638	0.81	3650	1.31	77.29
$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	690	2.71	18.70	2839	1.84	52.24	3838	0.89	3575	1.31	80.99
	民國40年 1951										
	第一期作 1st crop										
							收穫時				
$S^1/_2S^1/_2O$	—	—	—	—	—	—	3783	0.92	3213	1.34	78.34
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	—	—	—	—	—	—	4925	0.87	3338	1.22	83.57
$S^1/_2N^1/_2O$	—	—	—	—	—	—	3963	0.83	3263	1.19	71.72
$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	—	—	—	—	—	—	4225	0.87	3325	1.21	76.99
	第二期作 2nd crop										
							收穫時				
$S^1/_2S^1/_2O$	—	—	—	—	—	—	3988	0.87	2680	1.30	69.53
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	—	—	—	—	—	—	3388	1.01	2875	1.39	74.18
$S^1/_2N^1/_2O$	—	—	—	—	—	—	3825	0.84	2663	1.29	66.48
$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	—	—	—	—	—	—	3475	0.96	2813	1.34	71.05

第五表　異態氮肥配合施用時對于水稻收量的影響　公斤/公頃

Table 5. Effect of top-dressing of various forms of N-fertilizer on the yield of rice　kg/ha

臺北 Taipei 處理 * Treatment	第一期作 First crop				第二期作 Second crop			
	穀收量 Yield of grain	指數 Index	藁收量 Yield of straw	指數 Index	穀收量 Yield of grain	指數 Index	藁收量 Yield ot straw	指數 Index
民國36年 1947								
$S^1/_2S^1/_2O$	4118	100.0	4621	100.0	2759	100.0	4816	100.0
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	3994	97.0	4242	91.8	2116	76.7	4198	87.2
$S^1/_2C^1/_2O$	2335	56.7	3728	80.7	558	20.2	3648	75.7
$S^1/_3C^1/_3C^1/_3$	2703	65.6	3693	79.9	536	19.4	2794	58.0
$S^1/_2N^1/_2O$	4291	104.2	4774	103.3	2658	96.3	4640	96.3
$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	3858	93.7	4029	87.2	2821	102.2	4548	94.4
民國37年 1948								
$S^1/_2S^1/_2O$	2304	100.0	4273	100.0	3506	100.0	3863	100.0
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	2774	120.3	3963	92.7	3494	100.3	3395	87.9
$C^1/_2S^1/_2O$	2238	97.1	3700	86.5	3256	92.8	3728	96.5
$C^1/_3S^1/_3S^1/_3$	2666	115.7	3225	75.4	3650	104.1	3638	94.1
$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	2441	105.9	4012	93.8	3575	101.9	3838	99.3
民國40年 1951								
$S^1/_2S^1/_2O$	3213	100.0	3783	100.0	268(	100.0	3988	100.0
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	3338	103.9	4925	130.1	2875	107.3	3388	85.0
$S^1/_2N^1/_2O$	3263	101.6	3963	104.8	2663	99.4	3825	95.9
$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	3325	103.5	4225	111.7	2813	105.0	3475	87.1

* S代表硫酸鹽，N代表硝酸鹽　C代表氰氮化鈣　O不施用肥料

字母的右下方的數字代表施用量　首字字母代表該種肥料作基肥施用　次位字母代表在有效分蘖期施用追肥第三位字母代表在幼穗形成期施用追肥。

S representating ammonium sulphate

N representating ammonium nitrate

C representating calcium cyanamide

O representating nothing added

The figure at the right subside of the alphabet represents the amount added.

Among the three alphabets, the first is representing the kind of fertilizer added as basic dressing, the second is that added during the effective tillering period and the third is that added just before heading period.

氮素追肥施用時期對于水稻的效應：水稻的生育時期約可分爲分蘖期，孕穗期，出穗期與成熟期。在本省北部氣候情形之下，第一期作在插秧後五日左右發根，十日左右開始伸長，十五日後分蘖，有效分蘖約爲插秧後四十五日，最高分蘖期則在六十日左右。而第二期作因氣溫高，發育迅速，

故插秧後經過一晝夜即行發根，五日左右開始伸長，十日左右開始分蘖，有效分蘖期約在三十五日，最高分蘖期則在五十日左右。據過去試驗結果，移植秧苗於本田而活着後，氮素的吸收即行開始，但氮素吸收乃在分蘖期至孕穗期間最盛，孕穗以後則漸緩慢，出穗後則更微弱，因爲水稻在各生育時期所需要的氮素量不等，故在某一生育時期土壤中所含蓄的有效性氮素，若供過於求，或求過於供，（倘其他因子均已適合水稻生育的需要），則均易引起對于水稻生育不良的影響。就本試驗的結果，若氮素追肥的施用量與施用期不適當時，不但不能得到正的效應，反而得到負的效應。茲先就1947與1948兩年所得水稻在第一、二期作生育期中對于氮素的吸收狀況（如表2,4）作關係曲線如圖一，進而討論氮素追肥施用期對于穀實收量與氮素利用率的影響。由第一圖可知在水稻有效分蘖期間，而第一次追肥尚未施用時，水稻的氮素吸收量均以氮素全量基肥區爲最高，其他半量與1/3量氮素基肥區均順序低減之。但施用第一次肥追後，水稻生育狀況達最高分蘖期附近時，則半量氮素追肥區的氮素吸收量均超過氮素全量基肥區，因此令人設想在基肥區中的氮素必有經滲濾，固定，氣化等損失者，但若顧及基肥要素的損失，而施用少量時，則又有不敷水稻初期生育之慮，故適期與適量的氮素施用法誠屬重要 由第六表氮素追肥施用期與水稻收量的關係言之，在本試驗的氣候，土壤等自然環境之下，以半量的氮素充爲基肥，其他半量充爲追肥爲宜。但就此半量氮素之施用時期殊有討究必要。爲明瞭此點，吾人由1949與1950兩年試驗的結果，作成氮素追肥的施用期與穀實收量的關係曲線如圖二，該圖顯示兩年的試驗成績幾完全符合而予人饒有興趣啓示者即第一期作的曲線爲凹弧形（以60日爲限界），第二期作爲凸弧形，而第一期作在插秧後30日以內，第二期作在插秧後5日以內，施用其他半量的氮素爲追肥時，其收量反較氮素全量基肥區減低約5—10%，此種現象的發生，令人憶及施用基肥時土壤經過耕犂一次後插秧，因此施用的肥料，可能與土粒作較密切的混着而分佈于表土層內。據 Makerji 與 Vishnoi[26] 兩氏稱水田表面發生的遊離氮素，乃由土壤表面分佈着的硝酸還原細菌 (De-nitrifying bacteria)作用所致，本試驗的氮素追肥乃係施用表土上，因此氮素追肥若施用過早，由于遊離或滲透，固定等，氮素損失的速率可能較水稻吸收氮素的速率爲快，因而減低氮素追肥施用的效應。就本試驗結果在第一期作中，其他半量的氮素追肥若在插秧後60日施用，則其穀實收量較全量基肥區提高 5% 左右，蓋此時水稻的生育程度已達最高分蘖期附近而對于氮素的需要特別迫切，故施用追肥則其效應顯現但施用追肥時期若在60日以後則有減低收量之傾向。此外在第一期作的有效分蘖期（約在插秧後45日）若施用過量的氮肥，則容易發生徒長或病害的現象，如本試驗 $S^{0}1/3S^{45}2/3$ O 區的穀實收量，其兩年的成績僅及氮素全量基肥區的85%左右。至於在第二期作中其他半量氮素追肥的施用，該圖顯示若在插秧後30日施用（相當于第二期作水稻的有效分蘖期），則其穀實收量較氮素全量基肥區提高 7—20% 左右。蓋在第二期作水稻生育期過程中，氣溫與日照均漸漸降少，因此氮素追肥的施用時期較第一期作提早約30日左右。

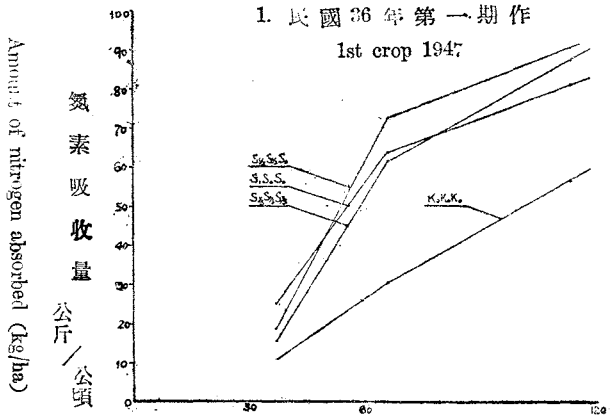
由上論述就第一二兩期作中氮素追肥的施用時期，可以略知梗概，但照此施用之後，除可提高水稻的產量外，對于氮素的利用率究竟如何，誠有加以研究的必要，就第七表三年試驗的結果顯示氮肥施用的方法與每年氣候的變異對于水稻氮素的可用率的高低，相差甚大。若吾人僅就氮素全量基肥區與第一期作之 $S^{0}1/2\ S^{60}1/2$ O 區以及第二期作之 $S^{0}1/2\ S^{30}1/2$O 區討論時，則後兩者的氮素利用率至少較前者提高10%左右。換言之，照上述方法施用追肥可以減少10%左右氮肥的浪費；同時還可提高穀實的收量 5—20%左右。

圖一 在生育期中水稻氮素的吸收狀況

Fig. 1. Nitrogen absorption of rice during different growing stages

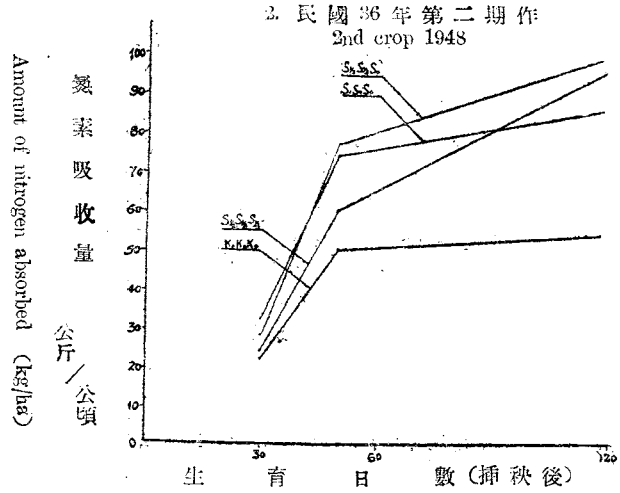
1. 民國 36 年第一期作

1st crop 1947



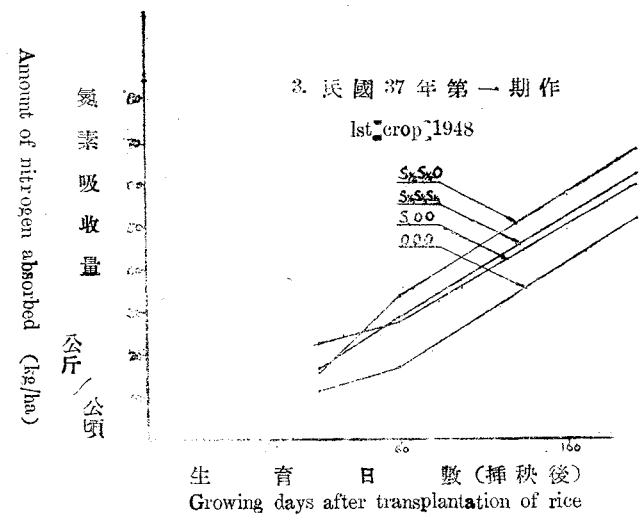
2. 民國 36 年第二期作

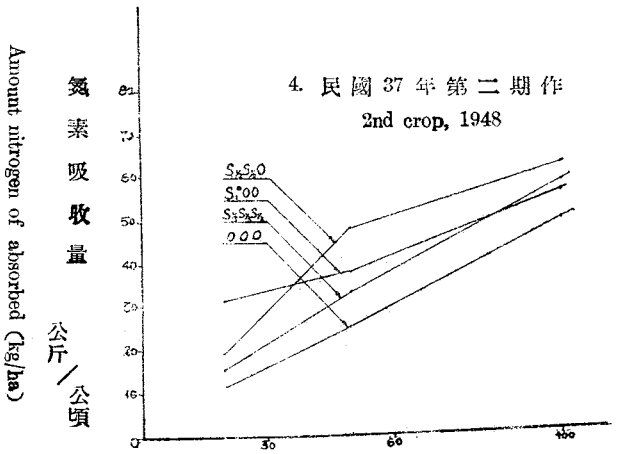
2nd crop 1948



3. 民國 37 年第一期作

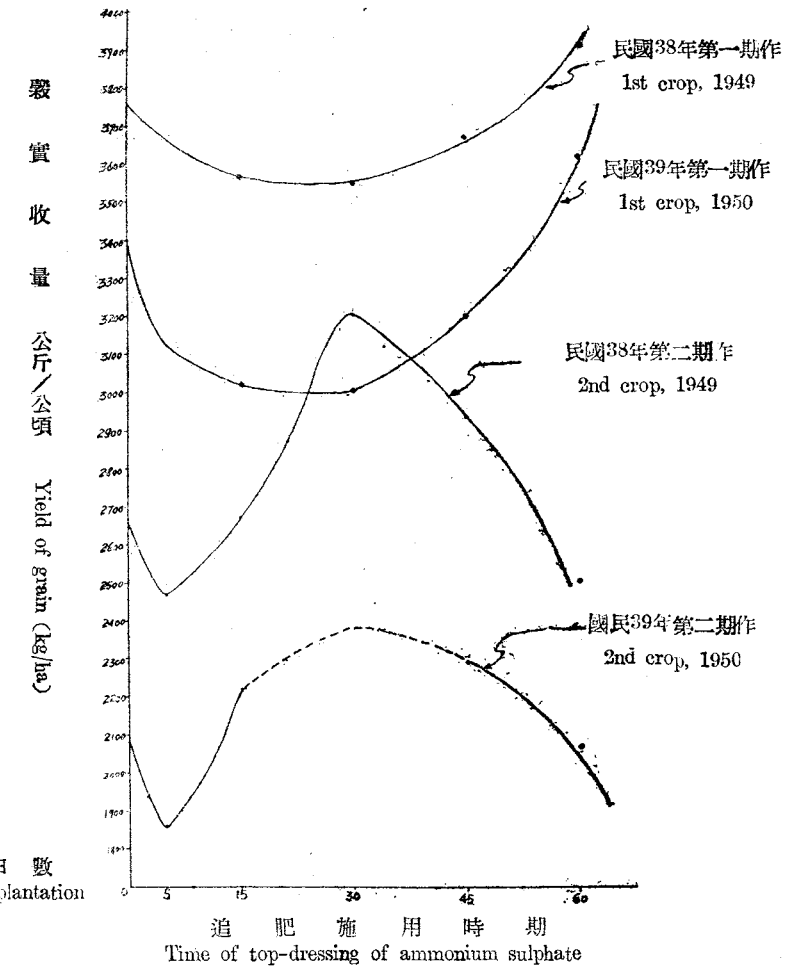
1st crop 1948





圖二 氮素追肥施用時期與水稻穀實收量之關係曲線

Fig.2 Curves showing the relation between the time of top dressing of ammonium sulphate and the yield of grain



第六表　硫酸銨之施用量與施用期對于水稻收量之影響　公斤／公頃

Table 6. Effects of time and amount of ammonium sulphate top-dressing on the yield of rice kg/ha

年份 Year	期作 Cropping period	水稻收量 Yield of rice	硫酸銨之施用量與施用期 Time and amount of ammonium sulphate top-dressing *															
			000	$S^{0}_{1}00$	$S^{01}/_{2}S^{0}$	$S^{01}/_{2}S^{151}/_{2}O$	$S^{01}/_{2}S^{701}/_{2}O$	$S^{01}/_{2}S^{451}/_{2}O$	$S^{01}/_{2}S^{01}/_{2}O$	$S^{01}/_{3}S^{02}/_{3}O$	$S^{01}/_{3}S^{152}/_{3}O$	$S^{01}/_{3}S^{302}/_{3}O$	$S^{01}/_{3}S^{402}/_{3}O$	$S^{01}/_{3}S^{02}/_{3}O$	$S^{01}/_{3}S^{1512}/_{3}S^{201}/_{3}$	$S^{01}/_{2}S^{151}/_{3}S^{451}/_{3}$	$S^{01}/_{3}S^{301}/_{3}S^{501}/_{3}$	$S^{01}/_{3}S^{401}/_{3}S^{601}/$
民國三十八年 1949	第一期作 First crop	穀收量 Yield of grain	2230	3769	3619	3577	3550	3674	3907	3564	3496	3715	3208	3427	3523	3482	3550	390
		指數 Index	61.8	100.0	96.0	94.6	94.2	97.5	103.7	94.6	92.8	98.6	85.1	90.9	93.5	92.4	94.2	103
		藁收量 Yield of straw	2897	5360	5066	5019	5417	5244	5541	5010	4732	5406	4612	4982	5261	5247	5307	498
		指數 Index	54.0	100.0	94.5	93.6	101.1	97.8	103.4	93.5	88.3	100.9	86.0	92.9	98.2	97.9	99.0	93
	第二期作 Second crop	穀收量 Yield of grain	2345	2619	2468	2674	3208	2934	2509	2660	2495	2865	2852	2372	2783	2756	2824	279
		指數 Index	89.5	100.0	94.2	102.1	122.5	112.0	95.8	101.6	95.3	109.4	108.9	90.6	106.3	105.2	107.8	106
		藁收量 Yield of straw	3372	4607	4456	4469	4703	4250	4456	4661	4058	4470	3688	4072	4469	4003	4072	383
		指數 Index	73.2	100.0	96.7	97.0	102.1	92.3	96.7	101.2	88.1	97.0	80.1	88.4	97.0	86.9	88.4	83
民國三十九年 1950	第一期作 First crop	穀收量 Yield of grain	2369	3387	3095	3018	3004	3201	3621	3135	3044	2954	2950	3451	2957	3068	3241	33
		指數 Index	69.9	100.0	91.4	89.1	88.7	94.5	106.9	92.6	89.9	87.2	87.1	101.9	87.3	90.6	95.7	98
		藁收量 Yield of straw	1686	2645	2157	2487	2213	2562	2500	2553	2365	2216	2513	2320	2100	2357	2350	24
		指數 Index	63.7	100.0	81.6	94.0	83.7	96.9	94.5	96.5	89.4	83.8	95.0	88.1	79.3	89.1	88.8	91
	第二期作 Second crop	穀收量 Yield of grain	1716	2098	1839	2221	2248	2288	2071	1771	1921	2152	2005	1989	1839	2084	2261	20
		指數 Index	81.8	100.0	87.7	105.9	107.1	109.1	98.7	84.4	91.6	102.6	95.6	94.8	87.7	99.3	107.7	96
		藁收量 Yield of straw	2510	3750	3200	3637	3675	3475	3462	3367	3437	3962	3075	3050	3660	3350	3450	32
		指數 Index	66.9	100.0	85.3	97.0	98.0	92.7	92.7	89.8	91.7	105.7	82.0	81.3	97.6	89.3	92.0	87

* 本符號所代表的意義除字母的右上方乃表示硫酸銨在插秧後若干日數施用外其他意義與前述者相同。

* The signs of treatment are the same as that stated before, but the figure at right up-corner of alphabet means top-dressing of the ammonium sulphate on days after transplantation of rice.

第七表 硫酸銨施用量與施用期對于水稻氮素吸收率的影響

Table 7. Effect of time and amount of ammonium sulphate top-dressing on the N-absorption ratio of rice

硫酸銨施用量與施用期 Time and amount of ammonium sulphate top-dressing		000	S_1OO	$S^{o1}/_2S^{5\ 1}/_2O$	$S^{o1}/_2S^{151}/_2O$	$S^{o1}/_2S^{301}/_2O$	$S^{o1}/_2S^{451}/_2O$	$O^{o1}/_2S^{601}/_2O$	$S^{o1}/_3S^{52}/_3O$	$S^{o1}/_3S^{152}/_3O$	$S^{o1}/_3S^{302}/_3O$	$S^{o1}/_3S^{452}/_3O$	$S^{o1}/_3S^{602}/_3O$	$S^{o1}/_3S^{51}/_3S^{251}/_3$	$S^{o1}/_3S^{151}/_3S^{451}/_3$	$S^{o1}/_3S^{301}/_3S^{501}/_3$	$S^{o1}/_3S^{451}/_3S^{651}/_3$
民國38年第一期作 First crop 1949	穀實之氮吸收量 Amount of nitrogen absorbed by grain	21.2	33.92	33.66	30.76	28.76	32.70	35.55	29.22	30.07	30.83	28.55	30.50	34.88	32.03	33.02	38.68
	藁桿之氮吸收量 Amount of N-absorbed by straw	19.99	41.27	37.49	37.14	40.09	38.80	44.88	35.07	32.65	41.63	32.75	37.37	41.04	42.50	36.09	40.36
	氮總吸收量 Total amount of nitrogen absorbed	41.19	75.19	71.15	67.90	68.85	71.50	80.43	64.29	62.72	72.46	61.30	67.87	75.92	74.53	69.11	79.04
	氮吸收率 Nitrogen absorption ratio		42.50	37.45	33.39	34.58	37.89	49.05	28.88	26.91	39.08	25.14	33.35	43.41	41.68	24.90	47.31
	指數 Index		100.0	88.12	78.56	81.36	89.15	115.41	67.95	63.32	91.95	59.15	78.47	102.14	98.07	58.59	111.32
民國38年第二期作 Second crop 1949	穀實之氮吸收量 Amount of nitrogen absorbed by grain	23.68	31.95	25.67	26.47	33.36	36.38	30.86	26.87	24.70	30.66	32.23	28.94	28.94	30.87	31.06	36.64
	藁桿之氮吸收量 Amount of nitrogen absorbed by straw	23.61	36.40	34.76	33.96	47.97	31.45	37.88	39.15	31.65	38.44	26.50	35.83	33.07	34.43	39.50	38.39
	氮總吸收量 Total amount of nitrogen absorbed	47.29	68.35	60.43	60.43	81.33	67.83	68.74	66.02	56.35	69.10	61.73	64.77	32.01	65.30	70.56	75.03
	氮吸收率 Nitrogen absorption ratio		26.33	16.43	16.43	42.55	25.68	26.81	23.41	11.33	27.26	18.05	21.85	18.40	22.51	29.09	34.68
	指數 Index		100.0	62.40	62.40	161.60	97.53	101.32	88.91	42.03	103.53	68.55	82.99	69.88	85.49	110.48	131.71
民國39年第一期作 First crop 1950	穀實之氮吸收量 Amount of nitrogen absorbed by grain	23.69	36.58	33.74	30.48	31.54	36.17	48.16	33.86	31.05	31.90	32.75	45.21	31.94	32.83	37.27	38.06
	藁桿之氮吸收量 Amount of nitrogen absorbed by straw	20.57	38.38	27.18	31.34	29.88	39.20	30.50	32.17	28.35	34.74	39.96	28.66	24.99	33.00	29.85	34.19
	氮總吸收量 Total amount of nitrogen absorbed	44.26	75.46	60.92	61.82	61.42	75.37	78.66	66.03	59.90	66.64	72.71	73.87	56.93	65.83	67.12	72.25
	氮吸收率 N-absorption ratio		39.00	20.83	21.95	21.45	38.89	43.00	27.21	19.55	27.98	35.56	37.01	15.84	26.96	28.58	34.99
	指數 Index		100.0	53.41	56.28	55.00	99.71	110.26	69.77	50.12	71.74	91.17	94.89	40.61	69.13	73.28	89.71

民國39年第二期作 Second crop 1950	穀實之氮吸收量 Amount of nitrogen absorbed by grain	15.27	20.77	16.73	20.21	21.30	23.42	19.67	16.12	17.29	21.95	19.85	20.09	17.65	19.80	20.35	19.56
	藁桿之氮吸收量 Amount of nitrogen absorbed by straw	15.81	25.13	24.32	27.28	26.46	23.98	22.85	24.58	22.68	29.72	22.45	22.27	28.18	24.79	25.19	25.44
	氮總吸收量 Total amount of nitrogen absorbed	31.08	45.90	41.05	47.49	47.82	46.40	42.52	40.70	39.97	51.67	42.30	42.36	45.83	44.59	45.54	45.00
	氮吸收率 N-absorption ratio		18.53	12.46	20.51	20.93	19.15	14.30	12.03	11.11	25.73	13.13	14.10	18.44	16.89	18.08	17.40
	指數 Index		100.0	67.24	110.69	112.95	103.34	77.17	64.92	59.96	138.86	70.86	76.09	99.51	91.15	97.57	93.90
民國40年第一期作 First crop 1951	穀實之氮吸收量 Amount of nitrogen absorbed by grain	26.09	34.83	—	—	—	—	43.05	—	—	—	—	—	—	—	—	40.72
	藁桿之氮吸收量 Amount of nitrogen absorbed by straw	25.12	34.68	—	—	—	—	34.80	—	—	—	—	—	—	—	—	42.85
	氮總吸收量 Total amount of nitrogen absorbed	51.21	69.51	—	—	—	—	77.85	—	—	—	—	—	—	—	—	83.57
	氮吸收率 Nitrogen absorption ratio		22.83	—	—	—	—	33.30	—	—	—	—	—	—	—	—	40.45
	指數 Index		100.0	—	—	—	—	145.54	—	—	—	—	—	—	—	—	176.79
民國40年第二期作 Second crop 1951	穀實之氮吸收量 Amount of nitrogen absorbed by grain	28.98	33.39	—	—	34.84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39.96	—
	藁桿之氮吸收量 Amount of nitrogen absorbed by straw	20.44	33.32	—	—	34.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34.22	—
	氮總吸收量 Total amount of nitrogen absorbed	49.42	66.71	—	—	69.54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	74.18	—
	氮吸收率 Nitrogen absorption ratio		21.62	—	—	25.15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30.95	—
	指數 Index		100.0	—	—	116.32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	143.15	—

* 表中水稻的氮吸收量乃由第六表與附錄四計算而得

The data of the amount of nitrogen absorbed showing in this table is calculated from the table 6 and reference table 4.

** 氮之吸收率乃依下列公式計算之：

$$\text{氮吸收率} = \frac{\text{處理區水稻之氮吸收量} - \text{無氮區水稻之氮收量}}{\text{氮施用量 (80公斤/公頃)}} \times 100$$

The computation of nitrogen availability ratio of rices in the test plot is carried out by the following formula:

$$\text{Nitrogen availability ratio} = \frac{\text{Quantity of nitrogen absorbed by rices in the test plot} - \text{Quantity of nitrogen absorbed by rices in the no-nitrogen plot}}{\text{Quantity of nitrogen applied (80 kg/ha)}}$$

第八表　氮素追肥施用期對于稻穀藁產量之影響　公斤／公頃

Table 8. Effect of the time of top dressing on the yield of rice kg/ha.

a 處理間之比較：Comparison among Treatments.　　新莊與宜蘭 Sin-juan and Yi-lang

處理 * Treatment	$S^1/_3S^2/_3O$	$S^1/_2S^1/_2O$	$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	S_1OO	$S^1/_3OS^2/_3$	$C^1/_3C^2/_3O$	$C^1/_2C^1/_2O$	$S^1/_2OS^1/_2$	$C^1/_3C^1/_3C^1/_3$	$C^1/_2OC^1/_2$	$C^1/_3OC^2/_3$	C_1OO	OOO	差異顯著性 Significance of difference
藁稈平均收量 Average yield of straw	3016	2954	2903	2794	2705	2639	2658	2645	2466	2253	2121	2061	1808	5%差異顯著值 (Significant value of difference) =283.7
指數 Index	107.9	105.7	103.9	100.0	96.8	96.2	95.7	94.7	88.3	80.6	75.9	73.8	64.7	1%差異顯著值 (Significant value of difference =361.7

* 如前說明 The signs of treatment mentioned as before

b 處理與地域連應之比較：Comparison of the interaction between treatment & regions

新莊 Sin Juan	$S^1/_2S^1/_2O$	S_1OO	$C^1/_3C^2/_3O$	$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	$S^1/_3S^2/_3O$	$C^1/_2C^1/_2O$	$S^1/_3OS^2/_3$	$C^1/_3C^1/_3C^1/_3$	$S^1/_2OS^1/_2$	C_1OO	$C^1/_3OC^2/_3$	$C^1/_2OC^1/_2$	OOO	
藁稈平均收量 Average yield of straw	3432	3384	3321	3293	3205	3073	3061	2973	2833	2771	2751	2705	2006	5%差異顯著值 Significant value of difference =401.1
指數 Index	101.4	100.0	98.1	97.3	94.7	90.8	90.5	87.9	83.7	81.9	81.3	79.9	59.3	1%差異顯值 Significant Value of difference =806.9

宜蘭 Yi Lang	$S^1/_3S^2/_3O$	$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	$S^1/_2S^1/_2O$	$S^1/_2OS^1/_2$	$S^1/_3OS^2/_3$	$C^1/_2C^1/_2O$	S_1OO	$C^1/_3C^2/_3O$	$C^1/_3C^1/_3C^1/_3$	$C^1/_2OC^1/_2$	C_1OO	$C^1/_3OC^2/_3$	OOO	
藁稈平均收量 Average yield of straw	2827	2513	2475	2456	2348	2241	2203	2057	1959	1830	1610	1491	1350	F 值不顯著
指數 Index	128.3	114.1	112.3	111.5	106.6	101.7	100.0	93.4	88.9	81.7	73.1	67.7	61.2	F-Value insignificent

c. 處理與期作連應之比較：Comparison of the interaction between treatment & cropping period.

第一期 First crop	$S^1/_3S^2/_3O$	$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	$S^1/_3OS^2/_3$	S_1OO	$S^1/_2OS^1/_2$	$S^1/_2S^1/_2O$	$C^1/_2C^1/_2O$	$C^1/_3C^2/_3O$	$C^1/_3C^1/_3C^1/_3$	$C^1/_2OC^1/_2$	$C^1/_3OC^2/_3$	OOO	C_1OO	
藁稈平均收量 Average yield of straw	3210	3183	3146	3082	3062	2955	2798	2788	2665	2563	2439	2037	1969	5%差異顯著值 Significant value of difference =401.1
指數 Index	104.2	103.3	102.1	100.0	99.4	95.9	90.8	90.5	86.5	83.2	79.1	66.1	63.9	1%差異顯著值 Significant value of difference =506.9

第二期作 Second crop	$S^1/_2S^1/_2O$	$S^1/_3S^2/_3O$	$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	$C^1/_3C^2/_3O$	$C^1/_2C^1/_2O$	S_1OO	$C^1/_3C^1/_3C^1/_3$	$S^1/_3OS^2/_3$	$S^1/_2OS^1/_2$	C_1OO	$C^1/_2OC^1/_2$	$C^1/_3OC^2/_3$	OOO	
藁稈平均收量 Average yield of straw	2952	2822	2622	2591	2516	2505	2268	2263	2228	2153	1942	1803	1579	F值不顯著
指數 Index	117.8	112.7	104.7	103.4	100.4	100.0	90.5	90.3	88.9	85.9	77.5	72.0	63.0	F-Value insignificant

處理 Treatment	$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	S_1OO	$S^1/_3S^2/_3O$	$S^1/_2OS^1/_2$	$S^1/_2S^1/_2O$	$S^1/_3OS^2/_3$	C_1OO	$C^1/_2C^1/_2O$	$C^1/_3C^2/_3O$	$C^1/_2OC^1/_2$	$C^1/_3C^1/_3C^1/_3$	OOO	$C^1/_3OC^2/_3$	差異顯著性 Significance of difference
穀實平均收量 Average yield of grain	2984	2795	2687	2612	2557	2516	2180	2112	2029	1967	1889	1851	1781	5%差異顯著值 Significant value of difference =94.3
指數 Index	106.8	100.0	96.1	93.5	91.5	90.0	78.0	75.6	72.6	70.4	67.6	66.2	63.7	1%差異顯著值 Significart value of difference =120.2

b. 處理與地域連應間之比較：Comparison of the interaction between Treatment & Regions

新莊 Sin Juan	$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	S_1OO	$S^1/_2S^1/_2O$	$S^1/_3OS^2/_3$	$S^1/_3S^2/_3O$	C_1OO	$S^1/_2OS^1/_2$	$C^1/_2OC^1/_2$	$C^1/_3C^1/_3C^1/_3$	$C^1/_3C^2/_3O$	$C^1/_2C^1/_2O$	$C^1/_3OC^2/_3$	OOO	
穀實平均收量 Average yield of grain	3653	3351	3277	3234	3209	3081	2000	2733	2724	2665	2655	2456	2048	5%差異顯著值 Significant value of difference =133.2
指數 Index	109.0	100.0	97.8	96.5	95.8	91.9	89.5	81.6	81.3	79.5	79.2	73.3	61.1	1%差異顯著值 Significant value of difference =168.4

宜蘭 Yi Lang	$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	S_1OO	$S^1/_2OS^1/_2$	$S^1/_3S^2/_3O$	$S^1/_2S^2/_1O$	$S^1/_3OS^2/_3$	OOO	$C^1/_2C^1/_2O$	$C^1/_3C^2/_3O$	C_1OO	$C^1/_2OC^1/_2$	$C^1/_3OC^2/_3$	$C^1/_3C^1/_3C^1/_3$	
穀實平均收量 Average yield of grain	2316	2240	2224	2166	1838	1800	1655	1569	1392	1280	1200	1107	1055	F 值不顯著
指數 Index	103.4	100.0	99.3	96.7	82.1	80.4	73.9	70.0	62.1	57.1	53.6	49.4	47.1	F-Value insignificant

c. 處理與期作間連應之比較：Compaison of the interaction between treatment & cropping period.

第一期作 First crop	$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	S_1OO	$S^1/_3S^2/_3O$	$S^1/_2OS^1/_2$	$S^1/_2S^1/_2O$	$S^1/_3OS^2/_3$	$C^1/_2O^1/_2O$	$C^1/_3C^2/_3O$	$C^1/_3C^1/_3C^1/_3$	$C^1/_2OC^1/_2$	C_1OO	$C^1/_3OC^2/_3$	OOO	
穀實平均收量 Average yield of grain	3141	2779	2696	2677	2667	2518	2362	2357	2098	2092	1966	1951	1707	5%差異顯著值 Significant value of difference =133.2
指數 Index	113.0	100.0	97.0	96.3	96.0	90.4	85.0	84.8	75.5	75.3	70.7	70.2	61.4	1%差異顯著值 Significant value of difference =168.4

第二期作 Second crop	$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	S_1OO	$S^1/_3S^2/_3O$	$S^1/_2OS^1/_2$	$S^1/_3OS^2/_3$	$S^1/_2S^1/_2O$	C_1OO	OOO	$C^1/_2C^1/_2O$	$C^1/_2OC^1/_2$	$C^1/_3C^2/_3O$	$C^1/_3C^1/_3C^1/_3$	$C^1/_3OC^2/_3$	
穀實平均收量 Average yield of grain	2828	2812	2678	2547	2520	2447	2395	1996	1862	1842	1700	1680	1612	F值不顯著
指數 Index	100.6	100.0	94.7	90.6	89.6	87.0	85.2	71.0	66.2	65.5	60.5	59.7	57.3	F-Value insignificant

新莊宜蘭兩地施用氮素追肥的效應：省農業試驗所在1947年間曾委託臺北區農林改良場及省立宜蘭農林學校分別在臺北縣之新莊及宜蘭兩地舉辦水稻氮素追肥試驗，1948年則僅在宜蘭一地舉行，其試驗設計列於附錄中。

1947年新莊宜蘭兩地的試驗處理均屬相同，加以綜合變量分析之結果示穀實與藁稈的產量對于處理，區域與處理，處理與期作等連應之F值均屬顯著，進而逐項比較其 Fisher 氏之 t 測定，其結果如第八表。就表中處理間穀實收量差異比較而言，吾人若以硫酸銨全量基肥施用區之穀實收量作爲100，則氮素二次追肥區 $S^1/_3S^1/_3S/_3$ 爲106，且其差異經 Fisher 氏 t 測定，認爲極顯著，但同一處理可能因當地風土不同，即在甲地優良的處理，移至乙地未必能得同樣的效果，故再就區域與處理間連應的差異予以比較則知在新莊的氮素二次追肥區 $S^1/_3S^1/_3S/_3$ 的穀實收量較氮素全量基肥區約增收9%，而在宜蘭則僅3%，且前者經測定，屬於顯著，而後者則不然，就其結果不同的原因，似可舉出土壤性質的差異，查新莊土壤爲砂壤土，而宜蘭爲泥砂質粘土，質地的差異可能影響土壤的滲透水量，且兩地土壤中的氮含量亦有顯著的差異。再就期作與處理間連應差異比較之，即示在第一期作之二次追肥 $S^1/_3S^1/_3S^1/_3$ 區之穀實收量較基肥 S_1OO 區多13%，而在第二期作則幾無增加。1948年吾人又在宜蘭農校舉辦該項試驗，其結果如第九表，該表示氮素追肥區之穀實收量除一二例外，均較氮素基肥區爲高，其中尤以第二期作氮素追肥區穀實收量之增收，特爲顯著。

綜上而言，施用氮素追肥的效果依各地風候，土壤，期作，品種，耕作法等而異，但若施用追肥得法則穀實收量均勝于基肥區者無疑。水田施肥問題之解決，固有賴水稻生育期中之營養與土中有效性養料消長等基本研究，唯多行區域試驗誠屬重要，蓋藉此得以探討從基本研究上所得的論據，在應用於各地氣候、土壤、栽培方法與不同品種時發生之諸問題也。

第九表　氮素追肥施用期對于稻穀藁收量的影響　公斤／公頃

（民國三八年）

Table 9. Effect of the time of top-dressing on the yield of rice (kg/ha)

(1948)

第　一　期　作　First Crop　宜蘭　Yi-lang

處理 Treatment	$S^1/_2S^1/_2O$	$S^1/_3S^2/_3O$	$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	$C^1/_3S^1/_3S^1/_3$	OOO	S_1OO	$C^1/_2S^1/_2O$	C_1OO	差異顯著性 Significance of difference.
穀實平均收量 Average yield of grain	2578	2559	2512	2353	2348	2316	2253	1828	1303	F值不顯著
指數 Index	114.4	113.6	111.5	104.4	104.2	102.8	100.0	81.1	57.8	F-Valne insignificant

處理 Treatment	$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	$S^1/_2S^1/_2O$	$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	$S^1/_3S^2/_3O$	S_1OO	$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	$C^1/_2S^1/_2O$	OOO	C_1OO	
藁桿平均收量 Average yield of straw	2726	2709	2681	2653	2574	2461	2139	2089	1695	F值不顯著
指數 Index	105.9	105.2	104.2	103.1	100.0	95.6	85.0	81.2	65.9	F-Valne insignificant

第　二　期　作　Second crop　宜蘭　Yi-lang

處理 Treatment	$S^1/_2S^1/_2O$	$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	$S^1/_3S^2/_3O$	$C^1/_3S^1/_3S^1/_3$	$C^1/_2S^1/_2O$	C_1OO	S_1OO	OOO	
穀實平均收量 Average yield of grain	2496	2470	2452	2430	2356	2247	2056	1802	1635	5% 差異顯著值 Significant Value of difference =393.5
指數 Index	138.5	137.1	136.1	134.9	130.7	130.2	114.1	100.0	90.7	1% 差異顯著值 Significant Value of difference

處理 Treatment	$S^1/_2S^2/_3O$	$S^1/_2S^1/_2O$	$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	C_1OO	$C^1/_2S/_2O$	$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	$C^1/_2S^1/_3S^1/_3$	S_1OO	OOO	
藁桿平均收量 Average yield of straw	2511	2333	2315	2223	2129	2095	1996	1874	1579	F值不顯著
指數 Index	134.0	124.5	123.5	118.6	113.6	111.8	106.5	100.0	84.3	F-Value insignificant

V. 結　　論

本省耕地土壤普遍缺乏有效性氮素，本試驗之目的乃探討水稻生育與氮素追肥的關係，以期提高氮肥的利用率，茲將所得結果，摘要于后：

1. 異態氮肥單獨施用時對于水稻的效應，本試驗所用之氮肥爲硫酸銨，硝酸銨與氰氮化鈣三種，若將此三種氮肥分別充爲基肥施用時，根據本所三年之試驗成績示在第一期作以硫酸銨之效應較佳，硝酸銨與氰氮化鈣次之。在第二期作則各種肥料效應之差異不明顯，可能由于第二期作施肥期之氣溫概高，肥料之分解迅速，而作物之吸收亦較速，因而基肥氮素之形態與肥料效果之關係無第一期作之明顯。

2. 異態氮肥配合施用時對于水稻的效應：本試驗中以含有半量氮素（每公頃四十公斤）的氰氮化鈣作基肥施用，另半量配合以硫酸銨作追肥用時，或以半量的硫酸銨作基肥施用，另半量則配合以硝酸銨作追肥施用時，對于水稻的效應，與半量氮素的硫酸銨作基肥，另半量的硫酸銨作追肥施用者，相差無幾。因此氰氮化鈣在酸性土壤中可代用硫酸銨作基肥施用，而硝酸銨則代用硫酸銨作追肥施用。

3. 氮素追肥區水稻的氮素吸收量與穀實收量均較基肥區爲高，可知追肥區的氮素利用率較基肥區者爲高。

4. 氮素追肥施用時期對于水稻的效應：本試驗之結果示，一次追肥區的穀實收量與二次追肥區者相差無幾，至於追肥施用量則示，以半量的氮素作爲基肥施用，另半量作爲追肥施用者穀實收量概高但此半量的氮素追肥，在第一期作以在水稻最高分蘖期附近（約在插秧後60日）施用爲妥在有效分蘖期（約在插秧後45日）切忌施用過量氮肥，以免徒長與病害之發生，而減低穀實的收量。在第二期作，若亦以一次追肥法施用時，則此半量的氮素追肥宜在最高分蘖期前（約在插秧後30日）施用，此因第二期作水稻之初期發育較第一期作爲迅速，故追肥之施用期亦須予以提早。

5. 若照上述追肥法栽培水稻，則其穀實收量在第一期作約較全量基肥區提高5％，在第二期作提高7-20％。至於氮肥利用率則不問第一或第二期作較全量基肥區至少提高10％。

6. 新莊宜蘭兩地水稻對氮素追肥的效應：1947年試驗結果示第一期作在新莊區域以$^1/_3$量的氮素作基肥，其他$^2/_3$量的氮肥平分爲二次在幼穗形成期前分別施用爲宜，如是則該處理區的穀實收量較硫酸銨全量基肥區增加9％，且經測定，差異顯著，在宜蘭區域亦以該處理區的穀實收量佔先，但差異不顯著，1948年又在該地舉行之試驗結果示氮素追肥區的穀實收量亦較硫酸銨全量基肥區爲高，唯差異仍不顯著。

氮素追肥之方法與效果，依區域、品種、栽培方法不同，故舉行區域試驗誠屬必要。

English Summary

A STUDY ON THE TOP-DRESSING OF NITROGENOUS FERTILIZERS TO RICE

by

J. F. Lin & C. T. Chen

Most soils of Taiwan are decisively deficient in nitrogen. According to the statistics of 1951, 220,000 metric tons of nitrogenous fertilizer was consumed in this province. A study on the rational application of nitrogenous fertilizer is urgently needed for increasing crop production and economizing fertilizer consumption. The purpose of this study is to investigate the response of rice crop to various chemical nitrogenous fertilizers and to find out the most effective time of applying sulfate ammonia as a top-dressing.

This experiment has been conducted for last five years since 1947. The results obtained in this experiment may be summarized as follows:

1. The response of rice crop to the various nitrogenous fertilizers applied as a base manure:- Among ammonium sulfate, calcium cyanamide and ammonium nitrate, it was found that ammonium sulfate showed the highest effect on the yield of the first crop. However, in the second crop, it was hardly to be observed a difference among them. This may be due to the difference of climate between the first and the second crop.

2. The response of rice crop to the various nitrogenous fertilizer applied as a top-dressing:- An investigation was made on the relation between the method of applying nitrogenous fertilizer to nitrogen absorption of rice crop and the yield of grain. It was found that using calcium cyanamide as a top dressing gave no favorable effect and even reduced the yield of the crop. Its harmful effect was more serious in the second crop than in the first crop. As for the result of ammoium nitrate, we found that it was more effective when it was applied as a top dressing.

3. The effective time of applying ammonium sulfate as a top dressing:- In this study, one half of ammonium sulfate was applied as a base manure and the other half as a top dressing. The top dressing was applied at the following intervals: 5, 15, 30, 4 , and 60 days after the transplantation of rice seedling. A survey on the relation of the yield of grain to the time of top-dressing of ammonium sulfate indicated that in the first crop, the proper time of applying the other half of ammonium sulfate as a top dressing is the maximum tillering period, or 60 days after the transplantation of seedling. While, in the second crop, the best time of top-dressing is 30 days after transplantation of seedling, or the effective tillering period of this crop.

The yield of grain from the plot thus treated, had an increase of 5% in the first crop and 7-20% in the second crop, when a comparison was made with the yield from the plot received the same amount of ammonium sulfate as a base manure. It was observed that the crop treated with top dressing, absorbed larger quantity of nitrogen and had a greater nitrogen absorption ratio than the crop treated with a base manure. The difference of ratio between the two was 10%. It was also found that, when in the first crop one-third of ammonium sulfate was used as a base manure, and the other two-thirds as a top-dressing in the effective tillering period, or 45 days after the transplantation, then the result was unfavorable, it caused a decrease in the yield of grain about 15% as compared with the yield of crop applied with total fertilizer as a base manure. These results indicate that the time of top-dressing has striking effects upon the yield of crop.

4. The same experiment was conducted at Sin-juang and Yi-lan in 1947-48. When the stastistical analyses of this experiment were completed, it was found that at Sin-juang, in the first crop, the best method of applying nitrogenous fertilizer was to use the one-third of the ammonium sulfate as a base manure, and two-thirds as a top dressing, but dividing into two equal portions, and applying at the effective tillering period and before heading period of the crop, respectively. The significant effect of top dressing was also observed in the experiment at Yi-lan.

VII. 參 考 文 獻

1. 臺北區農林改良場1941，農業試驗年報——水稻追肥試驗。

2. 張守敬，曾憲鼎，步焱昇，1948，臺灣省水稻三要素適量試驗結果之檢討，省農業試驗所彙報第七號。

3. 農林廳，1948，農業年報。

4. 陳正祥，1948，臺灣農業氣候，國立臺灣大學農學院農業經濟系。

5. 張守敬，1951，臺灣省土壤肥力概述，省農業試驗所報告第七號。

6. 臺灣省糧食局肥料運銷處，1952，肥料手冊。

7. 石塚喜明，1932，水耕培養に依る水稻生育各期に於ける窒素磷酸加里吸收利用狀態の研究，日本農藝化學會誌，8:49—867。

8. 高山卓爾，瀧口義資，1932，伸長期の追肥と成熟期の落水水稻の生育に及ぼよ影響，九大農學部農藝雜誌，15:17—18。

9. 山本猶吉，鈴木卜三郎，1933，穗肥の效果に就て，日本土壤肥料學雜誌，7:189。

10. 松尾五郎，1940，水稻の發育過程に於ける生育相の差異收量米質との關係，農藝及園藝，845—852。

11. 松本五樓，勝谷信一，堀田良一，1941，水稻に對する追肥施用の時期に就て，日本土壤肥料學雜誌15:419—426。

12. 山崎 傳，山田利喜衛，野澤外仁，1945，晚期の追肥水稻發育竝量に及影響，日本土壤肥料學雜誌，17:585—596。

13. Bartholomew, R. P. 1928, Effect on Soil Reaction of Nitrogenous Fertilizers under the Anaerobic Conditions of Rice Production, Jour. Amer. Soc. Agron. 20:1305-1313.

14. Bartholomw, R. P. 1929, The Availability of Nitrogenous Fertilizers to Rice, Soil Sci. 28:85-100.

15. Briggs Glew, 1920, Fertilizer tests, Guam Agr. Exp. Sta. Rpt.

16. Chambers, C. E. & Jenkins, J. M.,1925, Experiments in Rice Production in Southwestern Louisiana, U. S. Dept. Agr. Bul. 1356.

17. Clouston. D. 1919, Manures inTheir Relation to Soils and Crop Production in the Central Provinces, Agr. Jour. India, 14:101-106.

18. Daikuhara, G. & Imaseki, F., 1907, On the Behavior of Nitrate in Paddy Soils, Bul. Imp Cent. Agr. Exp. Sta. Japan, 2:7-36.

19. Dastur, R. H. & Kalyani, V. V. 1934, Ion Concentration and the Intake of Nitrogen by Rice Plant, Indian Jour. Agr. Sci. 4:803-831.

20. De Jong, A. W. & Van Rossem C., 1917, Fertilizer Experiments with Rice, Rpt. Landb, Nijv en Handel (Dutch East Indies), Meded Agr. Chem. Lab., 16-45.

21. Harrison, W. H. Aiyer, S. P. A., 1916, The Gases of Swamp Rice Soils III-The Sources of the Gaseous soil Nitrogen, Mem. Dept Agr. India Chem. Ser., 5:1-31.

22. Hartenbower. A. C., 1916, Agronomical Investigations at the Guam Experiment Station, Guam Agr. Exp. Sta. Rpt.

23. Janssem, G. & Metzger, W. H., 1928, Transformation of Nitrogen in Rice Soil, Jour. Amer, Soc, Agron, 26:459-476

24. Kelley., W. P., 1911, The Assimilation of Nitrogen by Rice, Hawai Agr. Sta. Bul., 24.

25. Kellner, O., 1891, Researches on the Action of Lime as a Manure with Special Regard to Paddy Field, Tokyo Imp. Univ. Col. Agr. Bul. 1.

26. Mukerji, B. K. & Vishnoi, S. L., 1936, A Biochemical Study of the Decomposition of Farmyard Manure and Sulphate of Ammonia in the Paddy Soils of the Central Provinces, Indian Jour. Agr. Sci. Vol. 6, Part 1, pp.17-33.

27. Nagaoka, M., 1904, On the behavior of the Rice Plant to Nitrate and Ammonia Salts, Tokyo Imp.Univ. Col. Agr. Bul. 6.

28. Van Rossem, C., 1920, Fertilizer Experimental Plots, Dept. Landb, Nijv en Handel (Dutch East Indian) Meded, Alg. Proefsta Landb, 6:2-31.

29. Sieve J. W. 1941, The Balance of Ions and Oxygen Tension in Nutrient Substrates for Plants, Soil Sci., 51:445-459.

30. Willis, L.C. & Carrero, J. O., 1920, Rice Investigations, P. R. Agr. Exp. Sta. Rpt.

附錄一　試驗設計之說明
Description of experimental design

a. 臺　北　Taipei 1947

處理號 Sign of treatments	基肥 Basic dressing		有效分蘖期施用追肥 Top-dressed during effective tillerng period		幼穗形成期施用追肥 Top-dressed just before heading period	
	氮肥種類 Kind of nitrogenous fertilizer	施用分量 Amount added	氮肥種類 Kind of nitrogenous fertilizer	施用分量 Amount added	氮肥種類 Kind of nitrogenons ferlilizer	施用分量 Amount added
OOO	—	—	—	—	—	—
S_1OO	硫酸鹽 Ammonium sulphate	1	—	—	—	—
$S^1/_2S^1/_2O$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_2$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_2$	—	—
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_3$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_3$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_3$
C_1OO	氰氮化鈣 Calcium cyanamide	1	—	—	—	—
$C^1/_2C^1/_2O$	氰氮化鈣 Calcium cyanamide	$^1/_2$	氰氮化鈣 Calcium cyanamide	$^1/_2$	—	—
$S^1/_2C^1/_2O$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_2$	氰氮化鈣 Calcium cyanamide	$^1/_2$	—	—
$C^1/_3C^1/_3C^1/_3$	氰氮化鈣 Calcium cyanamide	$^1/_3$	氰氮化鈣 Calcium cyanamide	$^1/_3$	氰氮化鈣 Calcium cyanamide	$^1/_3$
$S^1/_3C^1/_3C^1/_3$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_3$	氰氮化鈣 Calcium cyanamide	$^1/_3$	氰氮化鈣 Calcium cyanamide	$^1/_3$
N_1OO	硝酸鹽 Ammonium Nitrate	1	—	—	—	—
$N^1/_2N^1/_2O$	硝酸鹽 Ammonium Nitrate	$^1/_2$	硝酸鹽 Ammonium nitrate	$^1/_2$	—	—
$S^1/_2N^1/_2O$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_2$	硝酸鹽 Ammonium nitrate	$^1/_2$	—	—
$N^1/_3N^1/_3N^1/_3$	硝酸鹽 Ammonium Nitrate	$^1/_3$	硝酸鹽 Ammonium nitrate	$^1/_3$	硝酸鹽 Ammonium nitrate	$^1/_3$
$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_3$	硝酸鹽 Ammonium nitrate	$^1/_3$	硝酸鹽 Ammonium nitrate	$^1/_3$

b. 新莊與宜蘭　Sin-juong and Yi-lan, 1947

處理號 Sign of treatments	氮肥種類 Kind of nitrogenous fertilizer	基肥施用量分 Amount basic-dressed	有效分蘖期施用追肥 Amount top-dressed during effective tillering period	幼穗形成期施用追肥 Amount top-dressed just before heading period
OOO	—	—	—	—
S_1OO	硫酸鹽 Ammonium sulphate	1	—	—
$S^1/_2S^1/_2O$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_2$	$^1/_2$	—

$S^1/_2OS^1/_2$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_2$	—	$^1/_2$
$S^1/_3S^2/_3O$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_3$	$^2/_3$	—
$S^1/_3OS^2/_3$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_3$	—	$^2/_3$
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_3$	$^1/_3$	$^1/_3$
C_1OO	氰氨化鈣 Calcium cyanamide	1	—	—
$C^1/_2C^1/_2O$	氰氨化鈣 Calcium cyanamide	$^1/_2$	$^1/_2$	—
$C^1/_2OC^1/_2$	氰氨化鈣 Calcium cyanamide	$^1/_2$	—	$^1/_2$
$C^1/_3C^2/_3O$	氰氨化鈣 Calcinm cyanamide	$^1/_3$	$^2/_3$	—
$C^1/_3OC^2/_3$	氰氨化鈣 Calcium cyanamide	$^1/_3$	—	$^2/_3$
$C^1/_3C^1/_3C^1/_3$	氰氨化鈣 Calcium cyanamide	$^1/_3$	$^1/_3$	$^1/_3$

c. 臺北與宜蘭 Taipei and Yi-lan, 1948

處理號 Sign of treatment	基肥 Basic dressing		有效分蘖期施用追肥 Top-dressed during effective tillering period		幼穗形成期施用追肥 Top-dressed just before heading period	
	氮肥種類 Kind of nitrogenous fertilizer	施用分量 Amount added	氮肥種類 Kind of nitrogenous fertilizer	施用分量 Amount added	氮肥種類 Kind of nitrogenous fertilizer	施用分量 Amount added
OOO	—	—	—	—	—	—
S_1OO	硫酸鹽 Ammonium sulphate	1	—	—	—	—
$S^1/_2S^1/_2O$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_2$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_2$	—	—
$S^1/_3S^2/_3O$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_3$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^2/_3$	—	—
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_3$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_3$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_3$
$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_3$	硝酸鹽 Ammonium nitrate	$^1/_3$	硝酸鹽 Ammonium nitrate	$^1/_3$
C_1OO	氰氨化鈣 Calcium cyanamide	1	—	—	—	—
$C^1/_2S^1/_2O$	氰氨化鈣 Calcium cyanamide	$^1/_2$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_2$	—	—
$C^1/_3S^1/_3S^1/_3$	氰氨化鈣 Calcium cyamimide	$^1/_3$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_3$	硫酸鹽 Ammonium sulphate	$^1/_3$

d. 臺 北 Taipei, 1949-1950

處理號 Sign of treatment	基肥施用分量 Amount basic-dressed	在插秧後若干日之氮素追肥施用分量 Amount top-dressed on the days after transplantation							
		5	15	25	30	45	50	60	65
OOO	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$S^{0}_{1}OO$	1	—	—	—	—	—	—	—	—
$S^{0}_{1/2}O^{5}_{1/2}O$	1/2	1/2	—	—	—	—	—	—	—
$S^{0}_{1/2}S^{15}_{1/2}O$	1/2	—	1/2	—	—	—	—	—	—
$S^{0}_{1/2}S^{30}_{1/2}O$	1/2	—	—	—	1/2	—	—	—	—
$S^{0}_{1/2}S^{45}_{1/2}O$	1/2	—	—	—	—	1/2	—	—	—
$S^{0}_{1/2}S^{60}_{1/2}O$	1/3	—	—	—	—	—	—	1/2	—
$S^{0}_{1/3}S^{5}_{2/3}O$	1/3	2/3	—	—	—	—	—	—	—
$S^{0}_{1/3}S^{15}_{2/3}O$	1/3	—	2/3	—	—	—	—	—	—
$S^{0}_{1/3}S^{30}_{2/3}O$	1/3	—	—	—	2/3	—	—	—	—
$S^{0}_{1/3}S^{45}_{2/3}O$	1/3	—	—	—	—	2/3	—	—	—
$S^{0}_{1/3}S^{60}_{2/3}O$	1/3	—	—	—	—	—	—	2/3	—
$S^{0}_{1/3}S^{5}_{1/3}S^{25}_{1/3}$	1/3	1/3	—	1/3	—	—	—	—	—
$S^{0}_{1/3}S^{15}_{1/3}S^{45}_{1/3}$	1/3	—	1/3	—	—	1/3	—	—	—
$S^{0}_{1/3}S^{30}_{1/3}S^{50}_{1/3}$	1/3	—	—	—	1/3	—	1/3	—	—
$S^{0}_{1/3}S^{45}_{1/3}S^{65}_{1/3}$	1/2	—	—	—	—	1/3	—	—	1/3

處理號 Sign of treatment	基肥 Basic dressing		氮素追肥在插秧後若干日施用 Top-dressed on days after transplantation					
			14		45		60	
	氮肥種類 Kind of nitrogenous fertilizer	施用分量 Amount added	氮肥種類 Kind of nitrogenous fertilizer	施用分量 Amount added	氮肥種類 Kind of nitrogenous fertilizer	施用分量 Amount added	氮肥種類 Kind of nitrogenous fertilizer	施用分量 Amount added
1st crop								
$O^{0}O^{14}O^{60}$	—	—	—	—	—	—	—	—
$S^{0}_{1}O^{14}O^{60}$	硫酸銨 Ammonium sulphate	1	—	—	—	—	—	—
$S^{0}_{1/2}S^{60}_{1/2}O^{14}$	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/2	—	—	—	—	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/2
$S^{0}_{1/3}S^{45}_{1/3}S^{60}_{1/3}O^{14}$	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/3	—	—	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/3	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/3
$O^{0}S^{14}_{1/2}S^{60}_{1/2}$	—	—	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/2	—	—	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/2
$N^{0}_{1}O^{14}O^{60}$	硝酸銨 Ammonium nitrate	1	—	—	—	—	—	—
$S^{0}_{1/2}N^{10}_{1/2}O^{60}$	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/2	—	—	—	—	硝酸銨 Ammonium nitrate	1/2
$S^{0}_{1/3}N^{45}_{1/3}N^{60}_{1/3}$	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/3	—	—	硝酸銨 Ammonium nitrate	1/3	硝酸銨 Ammonium nitrate	1/3

	基肥 Basic dressing		氮素追肥在插秧後若干日施用 Top-dressed on days after transplantation					
			7		30		50	
2nd crop								
$O^{0}O^{7}O^{30}$	—	—	—	—	—	—	—	—
$O^{0}_{1}O^{7}O^{30}$	硫酸銨 Ammonium sulphate	1	—	—	—	—	—	—
$S^{0}_{1/2}S^{30}_{1/2}O^{7}$	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/2	—	—	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/2	—	—
$S^{0}_{1/3}S^{30}_{1/3}S^{50}_{1/3}O^{7}$	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/3	—	—	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/3	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/3
$O^{0}S^{7}_{1/2}S^{30}_{1/2}$	—	—	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/2	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/2	—	—
$N^{0}_{1}O^{7}O^{30}$	硝酸銨 Ammonium nitrate	—	—	—	—	—	—	—
$S^{0}_{1/2}N^{36}_{1/2}O^{7}$	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/2	—	—	硝酸銨 Ammonium nitrate	1/2	—	—
$S^{0}_{1/3}N^{30}_{1/3}N^{50}_{1/3}$	硫酸銨 Ammonium sulphate	1/3	—	—	硝酸銨 Ammonium nitrate	1/3	硝酸銨 Ammonium nitrate	1/3

附錄二　水稻之生育狀況
Growing state of rice

a. 臺　北 Taipei 1947

處理 Treatment \ 期作 Growing period / 生育日數 Growing days	第一期作 First crop			第二期作 Second crop		
	37	65	收穫時 At harvest	30	50	收穫時 At harvest
000	a.* 39.6*	67.6	90.9	52.9	81.9	84.4
	b.* 15.2	12.5	11.8	13.5	12.3	12.5
$S_1$00	a. 48.8	74.8	98.4	56.3	85.6	88.6
	b. 23.0	17.5	15.3	16.2	14.9	16.0
$S^1/_2S^1/_2$0	a. 46.2	83.7	101.7	56.2	93.9	92.9
	b. 19.6	14.6	14.8	15.2	14.6	15.2
$S^1/_3S^1/_3O^1/_3$	a. 43.4	79.2	101.6	57.4	89.5	92.7
	b. 16.2	15.0	14.4	14.0	13.6	14.6
$C_1$00	a. 42.9	70.8	94.4	55.9	85.2	86.8
	b. 18.8	15.5	14.3	14.6	12.7	13.4
$C^1/_2C^1/_2$0	a. 43.0	72.9	95.3	53.0	75.8	81.1
	b. 18.9	14.7	13.7	12.9	13.1	15.1
$S^1/_2C^1/_2$0	a. 45.7	72.2	95.8	55.1	74.5	78.3
	b. 20.5	14.7	13.4	15.8	16.7	16.6
$C^1/_3C^1/_3C^1/_3$	a. 42.8	74.9	94.6	54.5	80.2	79.4
	b. 17.7	14.2	13.3	14.0	13.9	15.0
$S^1/_3C^1/_3C^1/_3$	a. 43.3	77.5	95.9	54.9	80.2	77.6
	b. 17.6	13.7	12.4	14.5	14.0	15.3
$N_1$00	a. 46.4	73.6	96.7	58.1	86.6	87.8
	b. 22.5	15.6	15.2	16.8	14.0	15.0
$N^1/_2N^1/_2$0	a. 43.8	81.4	98.9	56.4	98.4	93.2
	b. 17.1	14.1	13.6	15.0	14.5	16.9
$S^1/_2N^1/_2$0	a. 46.2	82.8	102.2	55.5	93.7	92.5
	b. 20.9	15.7	15.0	15.0	14.6	15.2
$N^1/_3N^1/_3N^1/_3$	a. 42.1	78.5	99.6	54.7	90.8	91.6
	b. 16.9	14.1	14.4	14.0	13.6	15.2
$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	a. 44.2	79.2	100.8	55.5	92.1	93.5
	b. 17.5	14.1	14.1	14.5	14.0	14.7

* a: 葉桿之高度 Height of plant (cm.)　b. 分蘖數 Numbers of culms
數四重複區之平均數 Average of four replicates plots.

b. 臺　北 Taipei 1948

處理 Treatment \ 期作 Growing period / 生育日數 Growing days	第一期作 First crop			第二期作 Second crop		
	40	60	收穫時 At harvest	20	50	收穫時 At harvest
000	a. 40.3	57.9	89.0	46.1	71.7	83.0
	b. 10.4	13.1	11.6	7.2	7.8	7.7
$S_1$00	c. 46.5	62.2	96.6	56.7	77.9	88.2
	d. 13.8	17.4	15.8	10.4	11.3	10.5

$S^{1}/_{2}S^{1}/_{2}O$	a. 45.1	67.9	96.1	53.1	85.2	96.2
	b. 11.8	19.3	15.8	11.1	12.4	11.7
$S^{1}/_{3}S^{2}/_{3}O$	a. 45.6	59.9	95.9	51.1	81.2	93.8
	b. 11.0	18.5	13.5	8.2	11.5	10.7
$S^{1}/_{3}S^{1}/_{3}S^{1}/_{3}$	a. 45.2	66.8	98.9	49.5	77.7	92.4
	b. 12.6	16.6	15.2	9.3	11.2	11.1
$S^{1}/_{3}N^{1}/_{3}N^{1}/_{3}$	a. 44.1	68.0	100.9	50.9	83.8	94.8
	b. 11.6	17.2	16.6	9.7	11.0	11.7
$C_{1}OO$	a. 43.8	61.4	95.3	52.7	78.2	91.4
	b. 11.6	16.7	14.7	10.5	11.2	10.7
$C^{1}/_{2}S^{1}/_{2}O$	a. 44.2	66.5	94.0	52.1	80.1	94.4
	b. 11.7	17.4	14.8	9.3	10.7	10.7
$C^{1}/_{3}S^{1}/_{3}S^{1}/_{3}$	42.4	63.0	93.5	50.9	80.8	93.4
	9.5	15.1	13.5	8.9	9.4	11.1

c. 臺　北 Taipei, 1949

處理 Treatment \ 生育日數 Growing days / 期作 Growing period	第一期作 First crop			第二期作 Second crop		
	42	63	收穫時 At harvest	44	64	收穫時 At harvest
OOO	a. 41.7	56.1	88.3	64.9	89.6	85.9
	b. 10.6	12.1	10.5	11.4	9.8	9.7
$S^{0}_{1}OO$	a. 48.1	61.6	99.3	68.4	92.3	90.9
	b. 16.4	17.3	15.3	13.9	12.8	13.5
$S^{0}_{1/2}S^{5}_{1/2}O$	a. 48.3	61.4	97.6	68.4	92.9	90.7
	b. 15.3	16.3	15.1	13.5	13.1	12.9
$S^{0}_{1/2}S^{15}_{1/2}O$	a. 47.8	59.9	95.4	68.6	93.3	91.2
	b. 14.5	16.7	14.6	12.5	12.9	13.0
$S^{0}_{1/2}S^{30}_{1/2}O$	a. 49.0	61.5	99.5	77.2	99.1	94.6
	b. 14.0	17.6	14.6	14.4	14.1	14.4
$S^{0}_{1/2}S^{45}_{1/2}O$	a. 46.8	68.0	99.0	67.5	95.4	93.9
	b. 13.1	17.8	15.5	12.1	11.9	13.6
$S^{0}_{1/2}S^{60}_{1/2}O$	a. 47.2	68.0	100.6	67.1	89.5	88.7
	b. 13.0	15.9	16.0	12.9	12.1	13.1
$S^{0}_{1/3}S^{5}_{2/3}O$	a. 48.4	59.8	95.7	68.7	94.6	90.4
	b. 13.1	15.8	13.4	14.3	13.7	13.7
$S^{0}_{1/3}S^{15}_{2/3}O$	a. 47.6	60.1	96.1	67.9	92.2	89.2
	b. 15.8	19.1	15.2	14.1	13.3	13.3
$S^{0}_{1/3}S^{30}_{2/3}O$	a. 48.8	62.0	98.0	79.2	100.0	94.4
	b. 15.1	18.8	15.3	14.2	13.5	13.9
$S^{0}_{1/3}S^{45}_{2/3}O$	a. 45.1	67.1	96.4	64.2	93.1	92.7
	b. 14.0	16.1	14.6	11.1	11.8	12.3
$S^{0}_{1/3}S^{60}_{2/3}O$	a. 45.4	59.7	96.4	63.7	88.2	86.6
	b. 13.4	14.9	16.0	11.6	10.9	12.1
$S^{0}_{1/3}S^{5}_{1/3}S^{25}_{1/3}$	a. 48.8	60.5	96.1	71.7	93.8	92.3
	b. 14.6	15.7	13.4	13.2	12.1	12.5
$S^{0}_{1/3}S^{15}_{1/3}S^{45}_{1/3}$	a. 46.1	63.5	97.4	67.2	94.4	93.7
	b. 14.2	17.3	15.8	12.3	11.8	11.9

$S^{0}_{1/3}S^{30}_{1/3}S^{60}_{1/3}$	a. 47.3 b. 14.5	68.1 15.9	96.9 14.6	74.7 12.2	95.1 11.8	92.7 12.2
$S^{0}_{1/3}S^{45}_{1/3}S^{65}_{1/3}$	c. 46.1 d. 14.1	64.0 17.2	102.0 15.2	65.7 11.5	94.8 11.5	94.2 11.8

d. 臺　北 Taipei, 1950

期作 Growing period / 處理 Treatment / 生育日數 Growing days	第一期作 First crop			第二期作 Second crop		
	42	32	收穫時 At harvest	60	50	收穫時 At harvest
000	a. 42.9 b. 10.9	58.8 10.6	87.6 10.6	50.0 8.6	70.0 9.2	90.4 8.8
$S^{0}_{1}00$	a. 49.2 b. 16.3	64.5 14.8	94.3 13.6	54.4 11.5	74.6 13.0	98.3 14.4
$S^{0}_{1/2}S^{5}_{1/2}0$	a. 48.8 b. 16.8	63.7 14.9	93.0 13.9	54.4 10.8	73.9 13.9	94.9 12.1
$S^{0}_{1/2}S^{15}_{1/2}0$	a. 48.0 b. 15.7	64.3 14.9	91.8 13.9	63.3 11.4	74.9 14.5	97.6 13.4
$S^{0}_{1/2}S^{30}_{1/2}0$	a. 48.5 b. 15.5	62.9 13.5	90.5 12.8	53.1 10.3	79.8 13.0	96.8 12.1
$S^{0}_{1/2}S^{45}_{1/2}0$	a. 47.6 b. 14.4	74.3 15.9	97.2 15.8	52.5 11.2	71.1 12.3	98.1 12.2
$S^{0}_{1/2}S^{60}_{1/2}0$	a. 47.3 b. 14.4	64.0 13.6	96.2 13.4	53.7 11.7	73.9 12.7	94.1 11.1
$S^{0}_{1/3}S^{5}_{2/3}0$	a. 49.2 b. 17.3	63.8 14.9	91.1 13.6	54.6 11.5	73.8 13.3	94.6 12.0
$S^{0}_{1/3}S^{15}_{2/3}0$	a. 48.7 b. 15.7	63.3 13.9	91.6 13.1	53.9 11.3	72.9 12.2	93.3 11.7
$S^{0}_{1/3}S^{30}_{2/3}0$	a. 48.8 b. 15.4	63.1 14.1	91.3 13.2	53.4 10.6	81.1 13.8	98.6 12.2
$S^{0}_{1/3}S^{45}_{2/3}0$	a. 45.9 b. 13.2	76.4 14.5	95.6 13.6	53.7 10.2	74.0 11.0	97.1 11.2
$S^{0}_{1/3}S^{60}_{2/3}0$	a. 46.6 b. 14.2	63.9 12.5	95.7 13.7	52.7 11.0	71.7 11.8	90.9 10.8
$S^{0}_{1/3}S^{5}_{1/3}S^{25}_{1/3}$	a. 47.9 b. 15.1	63.3 13.2	90.1 12.6	55.8 11.4	72.9 12.7	93.7 12.3
$S^{0}_{1/3}S^{15}_{1/3}S^{45}_{1/3}$	a. 48.7 b. 14.9	69.4 14.4	92.8 14.7	53.4 10.8	74.0 13.3	96.9 11.9
$S^{0}_{1/3}S^{30}_{1/3}S^{60}_{1/3}$	a. 47.5 b. 13.9	69.7 14.1	92.8 14.2	53.1 10.0	77.2 12.6	96.0 12.0
$S^{0}_{1/3}S^{45}_{1/3}S^{65}_{1/3}$	a. 46.0 b. 13.5	73.1 13.9	92.5 14.1	53.1 10.5	72.5 11.4	97.6 11.7

e. 臺　北 Taipei, 1951

處理 Treatment ＼ 期作 Growing period ／ 生育日數 Growing days	第一期作 First crop			第二期作 Second crop		
	56	86	收穫時 At harvest	30	60	收穫時 At harvest
0 0 0	a. 53.7 b. 12.0	84.5 11.4	87.7 11.2	53.9 12.1	77.9 9.9	92.9 9.6
S_1 0 0	a. 59.3 b. 14.9	90.3 13.5	93.1 14.6	55.8 16.2	79.9 14·1	98.2 13.1
N_1 0 0	a. 58.2 b. 14.9	87.5 13.8	89.8 13.8	56.9 16.2	81.5 12.9	98.9 12.3
$S^{0}_{1/2}S^{30}_{1/2}$ 0	a. b. —	—	—	55.2 13.4	84.8 12.9	99.4 11.4
$S^{0}_{1/2}S^{60}_{1/2}$ 0	a. 56.4 b. 14.7	95.3 13.2	95.4 14.0	—	—	—
$S^{0}_{1/2}N^{30}_{1/2}$ 0	a. b. —	—	—	54.9 14.6	82.6 13.1	100.4 12.4
$S^{0}_{1/2}N^{60}_{1/2}$ 0	a 57.4 b. 13.7	95.6 12.5	95.5 13.1	—	—	—
0 $S^{7}_{1/2}S^{30}_{1/2}$	a. b. —	—	—	55.3 13.2	82.3 12.2	97.8 11.7
0 $S^{14}_{1/2}S^{60}$	a. 61.2 b. 14.8	100.4 13.1	101.7 14.7	—	—	—
$S^{0}_{1/3}S^{30}_{1/3}S^{60}_{1/3}$	a. b. —	—	—	53.9 12.7	79.7 11.6	100.4 11.5
$S^{0}_{1/}$ $S^{45}_{1/3}S^{60}_{1/3}$	a. 59.8 b. 14.3	98.2 13.6	100.0 14.9	—	—	—
$S^{0}_{1/3}N^{30}_{1/3}N^{60}_{1/3}$	a. b. —	—	—	53.8 12.4	79.6 11.4	100.4 11.1
$S^{0}_{1/3}N^{45}_{1/3}N^{60}_{1/3}$	a. 59.4 b. 14.5	97.3 13.7	97.3 14.4	—	—	—

附錄三　水稻之收量 公斤/公頃 Yield of rice kg/ha

a. 臺北 Taipei 1947

處理 Treatment	第一期作 First crop								第二期作 Second crop							
	穀收量 Yield of grain				藁收量 Yield of straw				穀收量 Yield of grain				藁收量 Yield of straw			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0 0 0	3135	3135	2245	2905	2575	3185	2525	3125	2275	2555	1876	2085	3345	3130	2680	2795
S_1 0 0	4060	4060	3730	3630	4390	4390	3795	3745	2715	2765	2425	2520	4900	5275	3660	3730
$S^1/_2S^1/_20$	4225	4340	4175	3730	4770	4935	4240	4440	3025	3155	2160	2695	5285	5415	4050	4515
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	4390	4275	3515	3795	4550	4935	3630	3845	2925	3275	2350	2315	4800	4530	3735	3725
C_1 0 0	3730	3565	3300	2905	4060	4010	3515	3300	2880	2955	2185	2035	4855	4065	3175	3200
$C^1/_2C^1/_20$	3070	2905	2825	2245	4275	4275	3350	3350	1470	1060	630	165	4205	4030	3200	3150

$S^1/_2C^1/_2O$	2640	2575	1980	2145	3895	4555	3300	3165	445	1240	390	155	4165	4065	3160	3200
$C_1/_3C^1/_3C^1/_3$	2855	2740	2800	1815	4125	3895	3845	2905	1020	1060	410	120	3290	3030	2825	2830
$S^1/_3C^1/_3C^1/_3$	3020	2970	2575	2245	3845	3895	3680	3350	545	960	325	315	2965	3770	2380	2060
N_1 O O	3730	3895	3730	3630	4225	4175	4010	4985	2705	2705	2835	2565	4810	4950	4180	4350
$N^1/_2N^1/_2O$	4505	3845	3565	2690	4885	4310	4060	3900	2970	2570	2580	2265	5565	5330	4520	4110
$S^1/_2N^1/_2O$	4935	4110	4060	4060	5265	4670	4390	4770	2600	2705	2775	2550	4820	5410	3975	4355
$N^1/_3N^1/_3N^1/_3$	3895	3960	3400	4060	4025	3965	3895	3845	3070	3080	2470	2300	4500	3335	4200	3780
$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	3960	4060	3730	3680	4175	3965	3965	4010	2845	3345	2765	2330	4900	5065	4010	4215

b. 臺北 Taipei, 1948 kg/ha

處理 Treatment	第一期作 First crop								第二期作 Second crop							
	穀收量 Yield of grain				藁收量 Yield of straw				穀收量 Yield of Grain				藁收量 Yield of straw			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
O O O	2280	2425	2145	1480	3000	3450	3200	1800	2825	2970	3200	2850	1750	1800	3000	2600
S_1 O O	2630	2830	2395	2410	4000	3400	3100	3550	3050	3150	3450	3450	2950	3150	3700	4150
$S^1/_2S^1/_2O$	2225	2430	2565	1995	4400	4600	4450	3650	3350	3500	3600	3575	4050	3450	3650	4300
$S^1/_3S^2/_3O$	2530	2385	2620	1765	4000	3200	3500	3550	3250	2925	3300	3475	4200	3150	3950	3800
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	3025	2785	2855	2430	2950	3900	4650	4350	3350	3575	3650	3400	2900	3400	3600	3680
$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	2470	2530	3015	1750	4300	4400	4550	3800	3550	3450	3600	3700	3850	3250	3900	4350
C_1 O O	2665	2260	2490	2390	4350	4050	3500	3500	3370	3300	3500	3800	3550	3500	4000	4100
$C^1/_2S^1/_2O$	2695	2820	1585	1850	3550	4400	3350	3500	2600	3500	3325	3600	3960	3500	3750	3700
$C^1/_3S^1/_3S^1/_3$	2850	2775	2395	2645	3150	4150	2450	3150	3625	3650	3700	3625	3200	3900	3900	3550

c. 臺北 Taipei, 1949 kg/ha

處理 Treatment	第一期作 First crop								第二期作 Second crop							
	穀收量 Yield of grain				藁收量 Yield of straw				穀收量 Yield of grain				藁收量 Yield of straw			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
$S^0_{1/3}S^5_{1/3}S^{25}_{1/3}$	3400	3729	3400	3564	6008	4963	5279	4792	3071	2632	2687	2742	4716	4332	4277	4552
$S^0_{1/3}S^{15}_{1/3}S^{45}_{1/3}$	2961	3838	3344	3783	4807	5798	4992	5391	2852	2797	2797	2577	4003	4442	4058	3510
$S^0_{1/3}S^{30}_{1/3}S^{50}_{1/3}$	3455	3783	3344	3618	6343	5594	4856	4434	3016	2742	2742	2797	4658	4223	4168	3839
$S^0_{1/3}S^{45}_{1/3}S^{65}_{1/3}$	3564	4003	3838	4222	4584	5630	4954	4763	2523	2961	2852	2852	3784	4332	3510	3729
$S^0_{1/2}S^5_{1/2}O$	3125	3729	3838	3783	4473	5606	5280	2905	2577	2742	2413	2139	4113	4990	4826	3894
$S^0_{1/2}S^{15}_{1/2}O$	3235	3828	3618	3618	4895	5259	5189	4733	2687	2523	2852	2632	4716	4497	4658	4606

$S^{0}_{1/2}S^{30}_{1/2}O$	3125	3618	3783	3674	4919	5132	6176	5441	3016	3345	3071	3400	4771	4826	4332	4881
$S^{0}_{1/2}S^{45}_{1/2}O$	4112	3235	3729	3618	5894	4573	5593	4815	2906	3071	3742	3016	3894	4553	4058	4497
$S^{0}_{1/2}S^{60}_{1/2}O$	3783	3729	4003	4112	5935	4810	5817	5602	2523	2468	2468	2577	4387	4113	4223	5100
$S^{0}_{1/3}S^{5}_{2/3}O$	3455	3948	3509	3344	5062	5757	4524	4696	2797	2523	2742	2577	4881	5210	4277	4277
$S^{0}_{1/2}S^{15}_{1/3}O$	3125	2455	3838	3564	4417	4684	5262	4565	2742	2742	2303	2194	4387	4277	4168	3400
$S^{0}_{1/3}S^{30}_{2/3}O$	3181	4003	3729	3948	3856	6499	5282	5987	2906	2852	2742	2961	4826	4387	4497	4168
$S^{0}_{1/3}S^{45}_{2/3}O$	3070	3400	3509	2851	4805	5212	2646	3790	3126	3235	2632	2413	3894	4003	3345	3510
$S^{0}_{1/3}S^{60}_{2/3}O$	3070	3618	3400	3618	4518	5236	4834	5341	2468	2194	2523	2303	4058	4113	4113	4003
$S^{0}_{1}O\ O$	3016	3838	4112	4112	3992	5806	5765	5876	2852	2468	2577	2577	4826	5374	4003	4223
O O O	2557	2248	2138	2577	2896	2578	2835	3279	2742	2139	2194	2303	3784	3845	3071	3290

d. 臺北 Taipei, 1950 kg/ha

處理 Treatment	第一期作 First crop								第二期作 Second crop							
	穀收量 Yield of grain				藁收量 Yield of straw				穀收量 Yield of grain				藁收量 Yield of straw			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
$S^{0}_{1/3}S^{5}_{1/3}S^{25}_{1/3}$	3294	2656	2848	3028	2400	1850	1900	2250	1580	1852	1744	2180	3850	3550	3300	3950
$S^{0}_{1/3}S^{15}_{1/3}S^{45}_{1/3}$	3028	2975	3294	2975	2450	—	2470	2150	2180	2234	2180	1744	3450	3650	3200	3100
$S^{0}_{1/3}S^{30}_{1/3}S^{50}_{1/3}$	3347	3188	3188	3241	2550	2300	2400	2150	2234	2234	2507	2071	—	3600	—	3300
$S^{0}_{1/3}S^{45}_{1/3}S^{60}_{1/3}$	3188	3347	3400	3421	2600	2150	2600	2350	1798	2125	1907	2234	3400	2950	2950	2750
$S^{0}_{1/2}S^{5}_{1/2}O$	3081	3188	2975	3134	2100	2300	2280	1950	2016	2234	1635	1471	3350	3600	3200	2650
$S^{0}_{1/2}S^{15}_{1/2}O$	2923	3060	3060	3028	2750	2300	2300	2600	1962	1905	2289	2725	3800	3800	3450	3500
$S^{0}_{1/2}S^{30}_{1/2}O$	2922	3060	2954	3081	2490	2155	2100	2200	2234	2398	1962	2398	3800	3900	3400	3600
$S^{0}_{1/2}S^{45}_{1/2}O$	2975	2816	3028	3084	2800	2200	2250	3000	2125	2234	2398	2398	3450	3150	3700	3600
$S^{0}_{1/2}S^{60}_{1/2}O$	3506	3559	3719	3698	2150	2500	2500	2850	1962	2289	1798	2234	3950	2750	3600	3550
$S^{0}_{1/3}S^{5}_{2/3}O$	2922	3134	3188	3294	2815	2300	2500	2600	1580	1635	1635	2234	3400	3450	3250	—
$S^{0}_{1/3}S^{15}_{2/3}O$	3092	3134	3028	2923	2700	2500	2100	2200	2071	1962	1744	1907	3550	3350	3250	3600

$S^{0}_{1/3}S^{30}_{2/3}O$	3241	2816	2678	3081	—	2260	2155	2235	2125	2016	2071	2398	4250	3800	4000	3800
$S^{0}_{1/3}S^{45}_{2/3}O$	2922	2709	2922	2848	2700	2800	2765	1850	2465	2125	1907	1526	3450	3200	3000	2650
$S^{0}_{1/3}S^{60}_{2/3}O$	3400	3347	3602	3453	2210	2350	2250	1850	2016	2071	2016	1853	3100	2900	3000	3200
$S^{0}_{1}OO$	3559	3453	3188	3347	2800	2300	2700	2780	2125	2452	1744	2071	3750	3650	3550	4050
OOO	2709	2178	2146	2444	2250	1550	1650	1295	1744	1417	1798	1907	2700	2300	2350	2700

e. 臺北 Taipei, 1951 kg/ha

處理 Treatment	第一期作 First crop								第二期作 Second crop							
	穀收量 Yield of grain				藁收量 Yield of straw				穀收量 Yield of grain				藁收量 Yield of straw			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
$N^{0}_{1}OO$	3050	2800	3050	2950	3500	4100	4050	4100	2700	2700	2850	2650	3800	3750	3850	4000
$S^{0}_{1/2}N^{60}_{1/2}O$	3150	3250	3400	3250	3700	4500	4250	3400	2600	2550	2600	2900	3450	3650	4250	3950
$S^{0}_{1/3}N^{45}_{1/3}N^{60}_{1/3}$	3450	3450	3250	3150	4800	4150	4200	3750	2900	2750	2800	2800	3500	3300	3600	3500
$S^{0}_{1}OO$	3100	3100	3250	3000	4900	4500	4550	4200	2800	2700	2500	2604	3850	4050	3950	4100
$S^{0}_{1/2}S^{60}_{1/2}O$	3150	3200	4350	3050	3600	—	4400	3250	2650	2500	2720	2850	3900	3850	3350	4350
$S^{0}_{1/3}S^{45}_{1/3}S^{60}_{1/3}$	3300	3450	3450	3150	4700	5550	4850	4600	2950	2950	2800	2800	3200	3350	3500	3500
$OS^{14}_{1/2}S^{60}_{1/2}$	3500	3450	3400	3250	4350	5050	4550	4250	2500	3000	2400	2350	3200	3900	3250	3150
OOO	2250	2550	2750	2200	2750	3400	3200	2900	2400	2610	2550	2520	2800	3100	3100	3200

f. 新莊與宜蘭 Sin-juang and Yi-lan, 1947

處理 Treatment	穀實之收量 公斤/公頃 Yield of grain kg/ha															
	新莊 Sin-juarn								宜蘭 Yi-lan							
	第一期作 First crop				第二期作 Second crop				第一期作 First crop				第二期作 Second crop			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
OOO	1302	1980	1919	1630	2509	2391	2378	2274	1725	1800	2025	1275	1650	1463	1500	1800
S_1OO	2839	4001	3803	2737	2999	3571	3330	3524	2325	2400	2400	1725	2210	2138	2175	2550
$S^{1}/_{2}S^{1}/_{2}O$	3216	3645	3341	3259	2262	3341	3428	3730	1500	2400	2100	1875	1800	1013	1950	2063
$S^{1}/_{2}OS^{1}/_{2}$	2844	3088	3280	3000	2600	3325	3386	2480	2825	2700	2475	1200	2100	3025	2063	2400
$S^{1}/_{3}S^{2}/_{3}O$	2924	3132	3383	2681	2993	3443	3332	3780	2925	3075	2475	975	1950	1800	1912	2213

$S^1/_3OS^2/_3$	3192	3580	3348	3160	2575	3572	3213	3222	1950	1950	1500	1475	2063	1538	2062	1912
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	3177	3708	3671	3507	3524	3938	3792	3906	2588	3075	3000	2400	1800	1688	1988	1588
C_1OO	3671	3496	3445	3464	2492	2655	2656	2766	713	675	150	113	1950	2175	2175	2288
$C^1/_2C^1/_2O$	3294	3220	3284	2960	2176	2091	1857	2358	1125	1463	1575	1973	1988	1500	1350	1575
$C^1/_2OC^1/_2$	3488	2834	2907	2777	2420	2776	2264	2397	788	1313	1200	1425	1425	712	1538	1200
$C^1/_3C^2/_3O$	3093	3152	3375	2864	1826	2497	2432	2080	1275	1800	1950	1350	900	938	1125	1800
$C^1/_3OC^2/_3$	3301	2681	2542	2360	1944	2151	2322	2347	1388	825	1463	1050	200	790	938	1200
$C^1/_3C^1/_3C^1/_3$	3465	3081	3234	2657	2271	2532	2550	2000	975	900	1350	1125	788	1088	788	1425

處理 Treatment	藁稈之收量 公斤/公頃 Yield of straw kg/ha															
	新莊 Sin-juam								宜蘭 Yi-lan							
	第一期作 First crop				第二期作 Second crop				第一期作 First crop				第二期作 Second crop			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
OOO	1688	2088	2199	1992	2116	2295	2020	1652	2250	2175	2550	1350	1163	1013	875	1500
S_1OO	3428	3333	3139	3209	3092	3802	3650	3419	3075	3600	2775	2100	1500	1425	1425	1725
$S^1/_2S^1/_2O$	3473	3468	2828	2472	3372	4108	3458	4278	3000	3600	2400	2400	2213	2363	2025	1800
$S/^1/_2OS/^1/_2$	2694	3567	2460	2572	2517	3000	2964	2890	3525	3150	3600	2925	1500	1388	1463	2100
$S^1/_3S^2/_3O$	3097	2552	3255	2901	3400	3745	3208	3485	3675	3750	3300	3150	1875	1800	3000	2063
$S^1/_3OS^2/_3$	3208	2781	3081	3351	2600	3071	3260	3075	3900	3450	3000	2400	1575	1312	1500	1650
$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	3074	2944	2593	3053	3480	4141	3910	3147	3675	3600	3525	3000	1650	975	1800	1875
C_1OO	2794	2995	2753	3344	2450	2856	2352	2625	1013	1350	900	600	1350	1875	1725	1988
$C^1/_2C^1/_2O$	3324	3312	3311	3174	2541	2903	2772	3160	1913	2250	2625	2475	2925	1950	1950	1838
$C^1/_2OC^1/_2$	3366	2989	2872	2575	2062	2754	2475	2548	2025	2288	1988	2400	1575	1312	1312	1500
$C^1/_3C^2/_3O$	3381	3804	3596	2750	2614	3360	3969	3093	1800	2363	2058	2550	2175	1763	1650	2100
$C^1/_3OC^2/_3$	3093	3023	2614	3243	2478	2925	2625	2010	1988	1950	1500	2100	938	1200	900	1350
$C^1/_3C^1/_3C^1/_3$	3366	2473	3502	3504	2618	2744	2727	2851	1800	1875	2250	2550	1725	1800	1725	1950

g. 宜 蘭 Yi-lan, 1948

處理 Treatment	第一期作 First crop 公斤/公頃 kg/ha								第二期作 Second crop 公斤/公頃 kg/ha							
	穀收量 Yield of grain				藁收量 Yield of straw				穀收量 Yield of grain				藁收量 Yield of straw			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	VIII
OOO	2625	2250	2250	2175	2250	1875	1975	2100	1870	1285	1500	1735	1380	1830	2160	980
S_1OO	2550	2250	2250	2100	3600	2400	2400	2663	1820	1920	1800	1680	1580	1820	2035	3585
$S^1/_2S^1/_2O$	2550	2250	2700	2250	3000	2700	2513	2625	2885	2400	2445	2660	3035	2725	2450	2685
$S^1/_3S^2/_3O$	3000	2400	2400	2700	3300	2700	2573	3000	2365	2515	2250	2240	2220	3265	3590	2820

$S^1/_3S^1/_3S^1/_3$	3000	2250	2625	1950	3300	2858	2700	2775	2430	2630	2480	2200	2435	1870	2100	2060
$S^1/_3N^1/_3N^1/_3$	2250	2400	2150	2025	3000	2400	2400	2400	2695	2370	2260	2570	2675	2750	3540	2485
C_1OO	600	1050	600	1800	1125	1500	1725	2195	2220	2220	2200	2140	2780	1880	3410	2170
$C^1/_2S^1/_2O$	1275	2250	1350	1350	1800	2475	2250	2400	2320	2420	2415	2655	2505	2255	2180	2625
$C^1/_3S^1/_3S^1/_3$	2213	2100	2550	2100	2475	2642	2625	2250	2590	2675	2400	2260	2175	2155	2290	2410

附錄四　水稻的含氮百分率 (風乾重%)

Nitrogen percentage of rice (based on air-dried weight)

臺　北 Taipei

處　理 Treatment	1949				1950			
	第一期作 First crop		第二期作 Second crop		第一期作 First crop		第二期作 Second crop	
	穀GrainN%	藁StrawN%	穀GrainN%	藁StrawN%	穀GrainN%	藁StrawN%	穀GrainN%	藁StrawN%
O O O	0.91	0.69	1.01	0.7	1.00	1.22	0.89	0.63
S^0_1 O O	0.90	0.77	1.22	0.79	1.08	1.47	0.99	0.67
$S^0_{1/2}S^5_{1/2}O$	0.93	0.74	1.04	0.78	1.09	1.26	0.91	0.76
$S^0_{1/2}S^{15}_{1/2}O$	0.86	0.74	0.99	0.76	1.01	1.26	0.91	0.75
$S^0_{1/2}S^{30}_{1/2}O$	0.81	0.74	1.04	1.02	1.05	1.35	0.95	0.72
$S^0_{1/2}S^{45}_{1/2}O$	0.89	0.74	1.24	0.74	1.13	1.53	0.98	0.69
$S^0_{1/2}S^{60}_{1/2}O$	0.91	0.81	1.23	0.85	1.33	1.22	0.95	0.66
$S^0_{1/3}S^5_{2/3}O$	0.82	0.70	1.01	0.84	1.08	1.26	0.91	0.73
$S^0_{1/3}S^{15}_{2/3}O$	0.86	0.69	0.99	0.78	1.02	1.22	0.90	0.66
$S^0_{1/3}S^{30}_{2/3}O$	0.83	0.77	1.07	0.86	1.08	1.57	1.02	0.75
$S^0_{1/3}S^{45}_{2/3}O$	0.89	0.71	1.13	0.8	1.11	1.59	0.99	0.73
$S^0_{1/3}S^{60}_{2/3}O$	0.89	0.75	1.22	0.88	1.31	1.23	1.01	0.73
$S^0_{1/3}S^5_{1/3}S^{25}_{1/3}$	0.99	0.78	1.04	0.74	1.08	1.19	0.96	0.77
$S^0_{1/3}S^{15}_{1/3}S^{45}_{1/3}$	0.92	0.81	1.12	0.86	1.07	1.40	0.95	0.74
$S^0_{1/3}S^{30}_{1/3}S^{60}_{1/3}$	0.93	0.68	1.10	0.97	1.15	1.27	0.90	0.73
$S^0_{1/3}S^{45}_{1/3}S^{65}_{1/3}$	0.99	0.81	1.31	1.00	1.14	1.41	0.97	0.78

處理 Treatment	1951			
	第一期作 First crop		第二期作 Second crop	
	穀 Grain N%	藁 Straw N%	穀 Grain N%	藁 Straw N%
O O O	1.07	0.82	1.15	0.67
S_1 O O	1.11	0.76	1.26	0.82
N_1 O O	1.07	0.84	1.19	0.82
$S^{0}_{1/2}S^{30}_{1/2}O$	—	—	1.30	0.87
$S^{0}_{1/2}S^{60}_{1/2}O$	1.34	0.92	—	—
$S^{0}_{1/2}N^{30}_{1/2}O$	—	—	1.29	0.84
$S^{0}_{1/2}N^{60}_{1/2}O$	1.19	0.83	—	—
$OS^{7}_{1/2}S^{30}_{1/2}$	—	—	1.24	0.83
$OS^{14}_{1/2}S^{60}_{1/2}$	1.27	0.89	—	—
$S^{0}_{1/3}S^{30}_{1/3}S^{50}_{1/3}$	—	—	1.39	1.01
$S^{0}_{1/3}S^{45}_{1/3}S^{60}_{1/3}$	1.22	0.87	—	—
$S^{0}_{1/3}N^{38}_{1/3}N^{50}_{1/3}$	—	—	1.35	0.96
$S^{0}_{1/3}N^{45}_{1/3}N^{60}_{1/3}$	1.21	0.87	—	—