

水稻氮素對群體質量提升與產量效應

江志峰

行政院農業委員會農業試驗所

摘 要

氮素對於水稻的生產潛力於三要素中最為敏感，同時也控制其它大量元素的吸收。同其他作物一樣，氮素過多或不足均會給水稻生長發育帶來不利影響。不同基因型水稻產量的差異是由氮吸收和利用效率共同引起的，兩者主要受外界栽培環境與人為管理影響，本研究為水稻地區性高產量目標的達成，根據群體對供氮反應的質量診斷指標，期以調整關鍵生長階段氮肥投入量的措施，訂定合理的氮肥施用量。進行本省不同水稻氣候區當地推廣之5種水稻品種，共計14個不同品種，5種不同氮肥施用量(0、90、150、210、270 kg N/ha)之田間試驗。以定址的水稻專區可以量測乾物質重、氮含量與累積的熱量明確的定義這種指標關係。初步結果顯示不同水稻品種各等級氮肥施肥量下配因效率(PFP)隨施氮量的增加而降低，有效田塊自然供氮力(EINS)與配因效率(PFP)呈相同的趨勢之關係，顯示水稻生長需氮量主要來自田塊自然供氮力，這其中包括土壤來源氮與非土壤來源氮。稈籼不同品種其對施氮肥量產生的產量效應與肥料利用率(PFP)並無明顯的差異。兩期作氮素利用效率則以施用90 kg N/ha明顯高於其它氮肥等級；氮肥施用210 kg N/ha，平均產量為最高，一期作可達7300 kg/ha，二期作達6100 kg/ha，施用超過210 kg N/ha時，稻穀產量反而隨著施肥量之增加而減少。

關鍵字：水稻、氮肥利用率、田塊自然供氮力。

前 言

合理化施肥為科學栽培重要的一環，衡量栽培科學的理論與技術水平，很大的程度上是實現作物群體(Crop population)在一些關鍵生育指標和措施應用的定量水平，並應用這些定量指標設計高產栽培，實現高產的重現。任何一個群體的描述，最終都得通過一定的數量來表述，而所謂群體質量，即是各項指標中最優化的數值(凌啓鴻, 2000)。高產群體質量指標就是只能不斷優化群體結構，實現高產更高產的各項形態、生理的指標。在合理基本苗的基礎上，群體的合理調控較程度上依賴肥水兩個主要因素，而一般情況下肥料更是起主導作用。

肥料的合理運籌要圍繞全面提高群體質量指標，取得高產這個目標進行，並提高肥料的利用率和經濟效益，合理施肥必然涉及水稻的需肥量，高產水稻各生育時期的吸收百分率，水稻吸肥的營養元素來源，肥料本身的釋肥特性，不同土壤、生態條件下不同類型品種高產施肥的運籌模式和方法等問題，前人在這方面已進行了廣泛的研究，取得極為豐富的研究成果，為制定施肥策略提供了理論依據，並出版「施肥推薦手冊」，對增產起了極顯著的作用。然而，自1980年以後，我國水稻生產條件和以往相較，發生了很大的變化，對於水稻施肥技術需要進一步的研究，以求得發展與提高。

一是產量水準大幅度提高。農試所於1990年大規模所作的『臺灣地區稻田生產力分及規範及調查』，認定 $>6,200 \text{ kg/ha}$ 為第一級高產稻田，但從1990年以後，臺灣水稻的生產水準逐年升高，平均每公頃約 $7,300 \text{ kg}$ ，南部水稻專業區平均單產每公頃超過 $12,000 \text{ kg}$ 也屢見不鮮。這種情況下每公頃產 $6,200 \text{ kg}$ 與 $12,000 \text{ kg}$ 稻穀產量相比，在吸肥量與吸肥時期等方面有何不同，至今並不十分清楚。

二是自1980年以後，水稻施肥以化肥為主，與過去的以農家自行堆肥為主的情況不同，化肥施用量占主要地位，甚至於占施肥的全部。這與以往施用有機肥為主的情況相比，土壤的供肥規律與施肥模式必然會發生改變。

三是水稻的吸肥受施肥的影響很大，其中又以氮肥的施用為最。氮素是農業生產中投入最多的養分元素，氮素對水稻生產的影響僅次於水，氮卻構成水稻生產成本投入的主要部份，為了開發現代水稻栽培品種的生產潛力，在大部分的水田土壤中施用氮肥是必需的。作者曾於全省16個雙季稻試區，觀測到14個水品種，在不施肥情況下一生的水稻莖葉吸氮的曲線，以分蘖盛期和齊穗期達最高峰。而在分次施肥情況下(基肥、蘖肥、穗肥)，一生吸氮呈單峰曲線，峰值出現幼穗分化基期的趨勢。氮肥利用效率隨施用量的增加而減少，說明了水稻的吸肥並無固定的曲線，而受到施肥的強烈影響。以往在不同施肥運籌下測得的水稻吸肥曲線，是施肥等因素影響結果，並不完全是水稻高產的本身吸肥規律。進一步高產必須在以往的各种研究中，探明有利於其高產的吸肥規律。

在作物栽培的定量診斷指標體系中，首先明確高產群體發展的時間和空間結構上的定量診斷指標，然後才能對措施運用在時間和數量強度上做科學定量(凌啓鴻, 2000)。高產群體發展的時間結構上的定量診斷指標的確立，氮高效品種的選育是其中的策略。由於氮高效品種的選育需要耗費大量的時間與精力。因此，從永續農業的角度出發，以目前地區性現有栽培品種為主，選擇產量的同時加上一些與產量密切相關的次級性狀，則可以大大增加選擇效率，開發水稻氮高效的種質資源，是進一步研究氮效率的生理系列化的基礎，並為通過遺傳改良培育氮高效品種的先驅工作。

高產群體發展的空間結構上的定量診斷指標的確立，定量化農田化肥氮的去向是研究其農學效應和環境效應的基礎。過去，這些研究大多侷限於對作物的回收、土壤中殘留氮和氮總損失的評估，雖然有些研究也涉及不同損失途徑的原位定量研究，但多數針對個別損失途徑(如氨揮失或氮排放等)，而有關農田化肥氮的去向以及通過不同損失途徑的遷移通量與施氮量關係的研究很少，因而難以較全面地同時定量評估化肥氮的農學效應與環境效應，更難以擴展到區域尺度。因此需要進行點的完備整合，並建立模式，擴展到區域。

土壤對一季作物的供氮量和供氮進程與土壤有機氮的礦化特性和土壤結構性以及作物生長期間的水熱條件等有密切關係(朱兆良, 2008)。田間田塊自然供氮力(Indigenous N supply, INS)是可在不施氮肥和無其他養分、病蟲害和水分的限因下由作物的吸收氮量可評估。一項在亞洲的田間試驗顯示, INS的變異相當大, 即使在相同土壤範圍內經過不同的氣候變化(Cassman *et al.*, 1996b)。不施氮肥的狀況下, 水稻的產量從2.3至5.7 t/ha。Toriyama and Sekiya (1991)在日本的報告指出, 每年被水稻吸收的氮有60%的變動。儘管這種變異, 但目前在亞洲地區國家的地區或區域還是作為水稻氮肥推薦量的基礎。為永續農業生產環境, 即使在這種程度變異農民的稻田土壤自然供氮力下, 不管農民能否由這種不同來調整氮肥管理, 地區性的單一氮肥推薦量的研究需要繼續的進行。定址田區試驗可平衡源自田區自然氮磷鉀素的供應力, 並將養分交互作用與氣候潛能的機能影響作物產量的預期反應模式化(Dobermann and White, 1999; Witt *et al.*, 1999; Dobermann *et al.*, 2002)。

為明確地區性水稻群體稻穀高產或提高高產頻率的合理化策略, 本研究提出利用不同水稻品種在稻田生態系統中土壤氮素轉化和遷移規律、損失途徑及生態、環境效應, 基本明確水稻高效利用氮肥的生理機制和遺傳學基礎, 探討以「土壤管理組」模式的空間結構上的定量診斷指標, 調控水稻氮肥高效利用的原理和方法。

材料與方法

試驗田區的設置

建置各鄉鎮不同特性之土壤管理組別包括宜蘭縣三星鄉、桃園縣新屋鄉、楊梅鎮、苗栗縣公館鄉、臺中市清水區、霧峰區、南投縣南投市、彰化縣溪州鄉、雲林縣莿桐鄉、土庫鎮、嘉義縣民雄鄉、太保市、朴子市、臺南市東山區、屏東縣屏東市、恒春鎮等16個鄉鎮(市), 每鄉鎮每一管理組土壤設1地點, 每一地點面積須約2分地(約2000 m²)。

供試材料

依當地栽培面積較廣，且較適合的水稻品種選擇高雄139號、高雄145號、臺南11號、臺稈8號、臺稈9號、臺中秈10號、臺中秈17號、臺稈14號、臺稈16號、臺農84號、臺農71號、臺秈2號、臺農秈19號、臺農秈22號等稈稻9個，秈稻5個等14個品種栽種，每一鄉鎮市試區種植5個品種，以3個稈稻和2個秈稻為主，其中以臺南11號稈稻和臺中秈10號各試區均插植以爲參考品種，各品種均以行株距(30×21cm)插秧至本田，苗數則控制在每分地22~24片。

氮肥等級處理與田間管理

5個氮肥等級分別爲0、90、150、210、270 kg/ha，每公頃0公斤施肥量爲瞭解試驗田區的自然供氮量；90公斤施肥量爲維持穩定基本產量所需，150公斤施肥量爲6,000公斤~8,000公斤稻穀推薦施肥量，210公斤爲農民爭取高產12,000公斤的施肥量，270公斤爲求取水稻對高氮量之反應與求取最大生質量的氮肥量。施氮處理分別於水稻移植前、分蘖始期(一期作移植後15天和二期作移植後10天)、最高分蘖期(一期作移植後30天和二期作移植後20天)、幼穗分化期(一期作移植後56~70天和二期作移植後45~53天)施用，每公頃重分別爲總氮量之25、20、15、40%施用。所有的處理磷鉀肥一致，磷肥用量爲60 P₂O₅ kg/ha(肥料爲過磷酸鈣)基肥施用、鉀肥用量爲90 K₂O kg/ha(肥料爲氯化鉀)分別於水稻移植前、分蘖始期、最高分蘖期、幼穗分化期，每公頃重分別爲總鉀量之40、20、20、20%施用。由於15試區有不同農民的管理，但因有統一的作物曆，每一試區的水分管理並無很大差別(如曬田時間等管理措施...)，但病蟲害管理則根據農民經驗與地區性改良場的通報而進行防治，效果則有不等的差別。

水稻產量調查及土壤與植體採樣方法

101年一期作起，每鄉鎮中依農試所1998年歸納之「土壤管理組」爲調查單位，調查收集二年四期作之水稻產量與土壤及植體樣本。

每一小區採集50叢，並記錄行株距，稻穀烘乾後，稱乾產量換算為kg/ha產量，每一試區兩重覆，合計每一品種100叢，分別調查產量。並給予農民栽培曆，以為正常管理之依循。小區量測20叢株高、每叢枝數與穗數，並調查百粒重與稔實率。

肥料利用率計算

農藝效率(AE, Budhar *et al.*, 1994)

$$AE = (GY_N - GY_0) / (N_r \times 100)$$

配因效率(PFP, Dobermann, A., 2007)

$$PFP = GY_N / N$$

N表氮肥施用的量 (kg N/ha)

GY_N氮肥施用乾稻穀的產量(kg/ha)

GY₀不施氮肥乾稻穀的產量(kg/ha)

栽培期間主要試區影響水稻生長重要氣象因子，列於表1。

表 1-1、101 年一期作各試區生長期間氣象資料

	縣市	鄉鎮	生育 日數 (天)	T _{ave} (°C)	GDD (T _{ave} -10) (°C)	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	GDD (°C)	Pre (mm)	Rad (MJ/m ²)
1	宜蘭縣	三星鄉	133	24.0	1879.8	28.2	20.9	1947.4	79.8	1916.1
2	桃園縣	新屋鄉	133	23.7	1836.5	27.4	20.8	1892.4	85.3	2164.3
3	桃園縣	楊梅鎮	133	23.8	1852.8	27.6	20.9	1909.4	85.2	2187.7
4	苗栗縣	公館鄉	123	24.9	1851.0	28.3	22.1	1884.3	73.0	--
5	臺中市	清水區	125	24.9	1872.1	28.0	22.3	1911.4	65.8	2191.2
6	臺中市	霧峰鄉	161	21.0	1787.0	26.0	17.5	1904.2	60.1	2189.3
7	嘉義縣	太保市	128	24.1	1823.2	29.0	20.6	1909.5	--	1690.4
8	嘉義縣	朴子市	134	23.8	1866.3	28.7	20.4	1960.4	938.5	1738.1
9	臺南縣	東山區	136	23.7	1877.1	28.6	20.2	1975.2	883.0	1770.3
10	屏東縣	屏東市	125	23.7	1726.0	29.5	19.6	1830.8	34.6	1272.3
11	屏東市	恆春鎮	146	23.7	2007.6	27.0	21.1	2068.3	56.2	2475.0

表 1-2、101 年二期作各試區生長期間氣象資料

	縣市	鄉鎮	生育 日數 (天)	T _{ave} (°C)	GDD (T _{ave} -10) (°C)	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	GDD (°C)	Pre (mm)	Rad (MJ/m ²)
1	桃園縣	新屋鄉	127	23.6	1732.7	27.6	20.8	1800.6	25.8	1821.4
2	桃園縣	楊梅鎮	128	23.6	1738.2	27.5	20.7	1806.0	27.3	1821.4
3	苗栗縣	公館鄉	116	24.9	1729.6	29.0	21.7	1781.2	14.9	--
4	臺中市	清水區	105	25.9	1664.3	29.1	23.5	1708.7	57.5	1803.3
5	臺中市	霧峰鄉	120	25.1	1812.2	30.4	21.4	1909.7	140.8	1761.7
6	嘉義縣	太保市	120	25.8	1900.8	31.4	22.1	2012.6	536.4	1511.7
7	嘉義縣	朴子市	111	26.4	1817.5	31.9	22.7	1920.3	468.0	1467.8
8	臺南縣	東山區	120	26.2	1938.4	31.7	22.5	2048.9	605.5	1551.8

試驗設計與統計方法

為5個不同水稻品種(A)及5個不同氮肥等級(N)，兩重覆共50個處理區試驗的灌水與施肥管理準確，試驗採條區設計(split-block design)的變型，混合巢式(nesting)和跨越(crossing)劃分方法的設計。

結果與討論

氣象因子對水稻產量構成因子與產量之影響

本省水稻栽植時期，按地理區域而有差異，各區一期作初期育苗或插秧不久後遇低溫，但不影響產量。直至收穫，氣溫影響產量之因子大抵可以忽略。二期作栽培期間，氣溫、水溫皆高，常遠超過35°C，故對於水稻根之發展、養分吸收、分蘖數、開花、稔實率等等影響甚大，對於產量自有嚴重之影響。在北部區域二期作之末期，則常有低溫出現，除了對養分吸收、轉運有影響外，光合作用產物之運送亦然。氣象因子對水稻產量構成因子與產量具重大影響，本文主要以101年兩期作栽培期間氣象條件顯然不同，土壤管理組也不同，桃園新屋試區土壤管理組為細質地排水良好紅壤(R1a)、臺南東山試區細質地排水良好低臺地沖積土(T1a)討論。其不同施氮等級對不同品種產量構成因子，如表2。

表 2-1、新屋試區不同施氮等級對不同品種產量構成因子之影響

SinWu Varieties	N application (kg/ha)	Plant height (cm)	Panicle number per hill	Spikelet number per panicle	100 - grain weight (g)	Seed-setting (%)	Grain yield (kg/ha)
Tainan 11							
	0	73(1)	13(0)	59(1)	2.37(0.01)	98(1)	3059(158)
	90	81(1)	14(1)	88(8)	2.32(0.02)	97(0)	4220(219)
	150	86(2)	15(1)	81(2)	2.30(0.02)	97(1)	4770(243)
	210	90(4)	17(0)	75(6)	2.32(0.08)	97(0)	4917(144)
	270	91(3)	15(2)	66(10)	2.46(0.00)	95(2)	4835(137)
Taikeng 14							
	0	76(1)	11(0)	54(4)	2.19(0.06)	96(1)	2536(225)
	90	89(1)	13(0)	71(9)	2.08(0.02)	96(0)	3894(347)
	150	91(2)	14(1)	89(12)	2.09(0.07)	93(1)	4399(56)
	210	96(1)	14(1)	79(6)	2.21(0.11)	92(1)	4716(275)
	270	97(3)	16(3)	81(7)	2.36(0.06)	93(2)	5297(651)
Taikeng 9							
	0	74(2)	11(0)	51(1)	2.43(0.04)	97(0)	2638(45)
	90	79(1)	15(2)	59(20)	2.34(0.11)	96(1)	3728(604)
	150	87(3)	15(2)	62(10)	2.34(0.02)	95(3)	3801(342)
	210	89(6)	16(0)	68(5)	2.39(0.06)	94(0)	4408(917)
	270	94(3)	15(1)	76(1)	2.42(0.06)	94(0)	4625(867)
Taichung Sen 10							
	0	75(3)	14(0)	40(3)	2.43(0.09)	93(0)	3005(86)
	90	79(2)	17(2)	36(7)	2.41(0.01)	93(0)	3997(106)
	150	82(1)	17(2)	45(6)	2.29(0.10)	93(1)	4386(390)
	210	83(2)	18(3)	43(14)	2.41(0.10)	92(1)	4684(14)
	270	86(1)	16(3)	53(8)	2.39(0.04)	92(1)	4520(273)
Taichung Sen 17							
	0	69(10)	16(3)	39(14)	3.26(0.20)	96(2)	3983(807)
	90	75(7)	18(2)	42(6)	3.16(0.27)	95(0)	4655(766)
	150	80(11)	18(3)	45(26)	2.72(0.30)	94(3)	4944(723)
	210	79(8)	19(2)	40(11)	3.20(0.08)	94(1)	5288(97)
	270	84(6)	19(0)	43(16)	3.11(0.04)	93(1)	5246(462)

表 2-2、東山試區不同施氮等級對不同品種產量構成因子之影響

DongShan Varieties	N application (kg/ha)	Plant height (cm)	Panicle number per hill	Spikelet number per panicle	100-grain weight (g)	Seed-setting (%)	Grain yield (kg/ha)
Tainan 11							
	0	88(0)	15(1)	114(1)	2.51(0.06)	96(0)	6985(279)
	90	93(3)	17(0)	115(8)	2.65(0.10)	97(3)	7058(248)
	150	88(2)	16(0)	120(4)	2.64(0.01)	98(0)	7043(394)
	210	90(0)	18(1)	113(9)	2.57(0.09)	97(1)	8336(523)
	270	98(5)	20(1)	92(29)	2.53(0.10)	97(2)	8799(1967)
Taikeng 16							
	0	90(4)	16(0)	96(1)	2.20(0.06)	95(1)	4658(595)
	90	95(3)	17(2)	91(8)	2.43(0.06)	93(1)	7028(584)
	150	91(3)	16(3)	102(10)	2.41(0.09)	96(1)	6471(27)
	210	95(0)	17(0)	94(23)	2.53(0.15)	95(2)	7947(789)
	270	94(8)	19(1)	114(32)	2.76(0.52)	93(1)	8396(964)
Tainun 84							
	0	83(4)	17(3)	89(8)	2.58(0.02)	97(0)	5399(372)
	90	93(3)	16(2)	79(8)	2.82(0.06)	97(0)	6545(131)
	150	91(2)	18(1)	80(14)	2.78(0.10)	98(1)	6634(185)
	210	98(7)	18(2)	87(2)	2.72(0.07)	97(0)	7590(1609)
	270	100(2)	22(4)	76(4)	2.66(0.05)	96(1)	8275(230)
Taichung Sen 10							
	0	93(0)	18(1)	86(5)	2.51(0.03)	92(0)	5525(460)
	90	98(0)	15(1)	111(14)	2.54(0.07)	92(1)	7002(678)
	150	91(5)	16(1)	89(10)	2.50(0.04)	89(5)	6602(351)
	210	97(5)	19(2)	108(8)	2.55(0.06)	93(3)	7988(234)
	270	98(2)	14(2)	106(56)	2.43(0.07)	93(2)	6852(926)
Taichung Sen 17							
	0	81(3)	16(1)	87(7)	3.25(0.07)	97(0)	7090(324)
	90	87(2)	17(1)	87(13)	3.27(0.07)	96(1)	7620(435)
	150	83(0)	18(0)	82(0)	3.24(0.07)	95(0)	8852(221)
	210	86(2)	20(2)	88(7)	3.26(0.06)	94(1)	8651(1329)
	270	92(5)	21(0)	88(1)	3.42(0.05)	98(0)	10198(899)

不同水稻氣候區的新屋與東山試區相較，其兩試區的稻穀產量隨施氮量的增加而增加，直至施氮量210 kg/ha稻穀產量增加已緩和。相同品種比較時，南部東山試區水稻株高均高於新屋試區，大致隨施氮量的增加而增高。

由於各試區栽種的品種略有不同，可將不同水稻品種區分稈籼兩種稻型，進行相同試區不同期作間的比較，結果顯示，新屋試區稈稻產量隨施氮量的增加稻穀產量增加的趨勢較籼稻高，但二期作時籼稻則高於稈稻，當施用至210 kg N/ha時稈稻稻穀產量已追至籼稻，東山試區兩稻型對於稻穀產量隨施氮量的增加變化的趨勢相同，唯一期作氮肥效應不明顯。說明籼稻對於環境適應的能力較稈稻敏感，尤其是溫度，當生長期間平均氣溫高於24°C時，籼稻對高溫適應的能力將喪失，日本調查出穗前10天至成熟期最適氣溫為21.5°C，本省人工氣候室試驗，日溫25°C夜溫20°C最有利於氮之吸收及轉運至穀實，利於生殖生長，亦有21°C為成熟期最佳氣溫之試驗結果。籼稻對地區性的土壤肥力適應力也較稈稻敏感，如在紅壤管理組的新屋試區，二期作生長期間平均溫度雖低於24°C(23.6°C)，其平均稻穀產量也較稈稻為高。至於不同稻型稻穀產量與土壤肥力的關係，則需更多的資料為佐證。

氮肥量對水稻生長之影響

兩期作不同品種與施氮量對產量與氮肥利用效率

水稻單位產量的需氮量隨產量的提高而增加。將供試的不同水稻品種區分為稈籼稻型，對於稻穀產量，呈現期作間的不同，一期作稈籼稻型稻穀產量隨氮肥施用量的增加而增加，籼稻型高於稈稻型，至210 kg N/ha時呈緩慢增加，稈稻型則呈降低趨勢，但兩稻型並無統計上的差異。二期作呈兩稻型呈相同趨勢，但稈稻型施用高於90kg N/ha後其稻穀產量高於籼稻型，兩稻型也無統計上的差異。16個試區不同品種平均稻穀產量以氮肥施用210 kg N/ha，平均產量為最高，一期作可達7300 kg/ha，二期作達6100 kg/ha，施用超過210 kg N/ha時，稻穀產量反而隨著施肥量之增加而減少，如圖1。

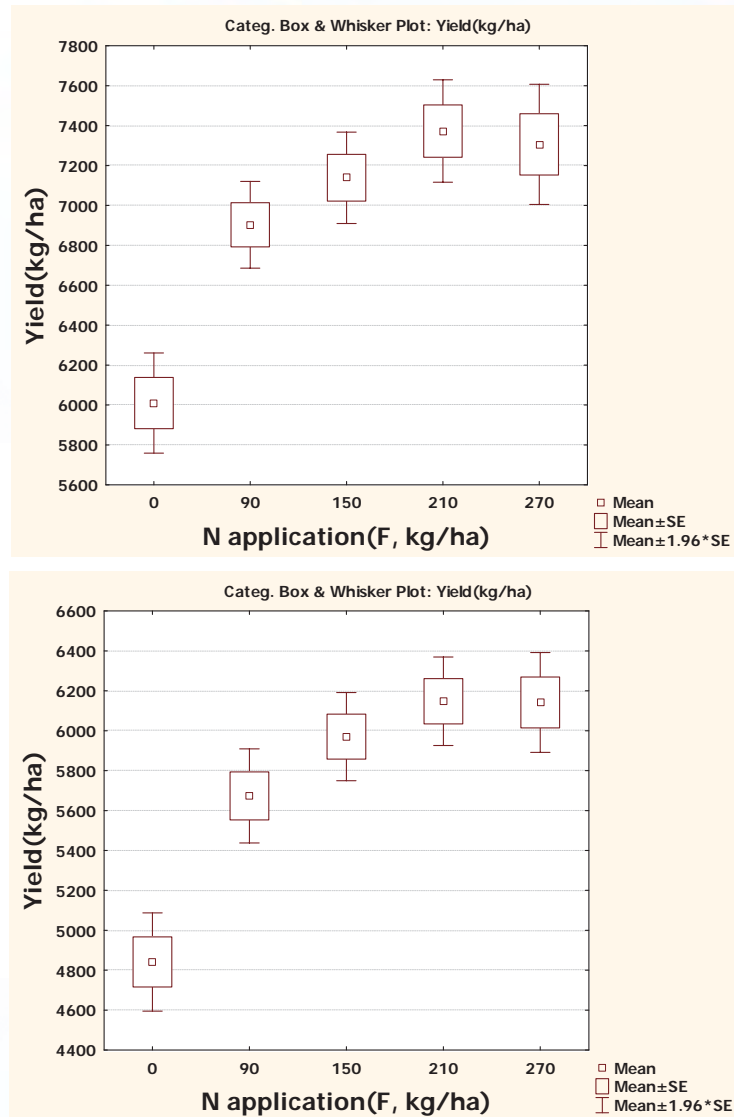


圖 1、101 年兩期作不同水稻品種氮肥施用量與稻穀平均產量關係，一期作(上 圖)，二期作(下圖)，14 個品種，16 個試區(2012)。

每一試區不同施氮量對於期作間平均最高稻穀產量則有品種間的差異，不同氣候區的東山與新屋兩試區比較，新屋地區一期作以臺梗14號為最高，二期作以臺中秈17號為最高，臺梗14號則隨施氮量的增加稻穀產量增加的趨勢(圖2)。

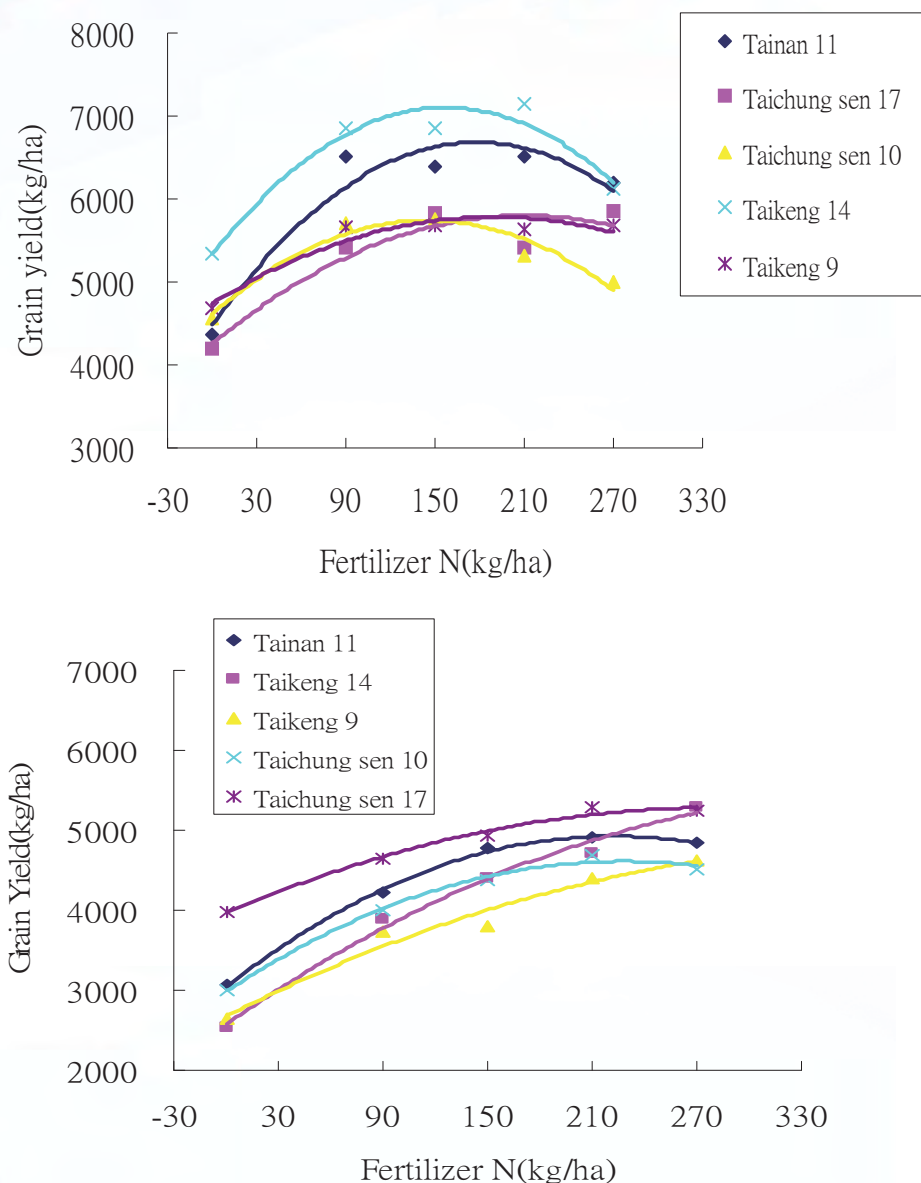


圖 2、不同施氮量於不同期作品種之稻穀產量表現，一期作(上圖)，二期作(下圖)，新屋(2012)。

東山試區一期作品種間與施氮量的產量效應不明顯，二期作除臺中秈10號外，其它品種稻穀產量隨施氮量的增加而增加的趨勢(圖3)。

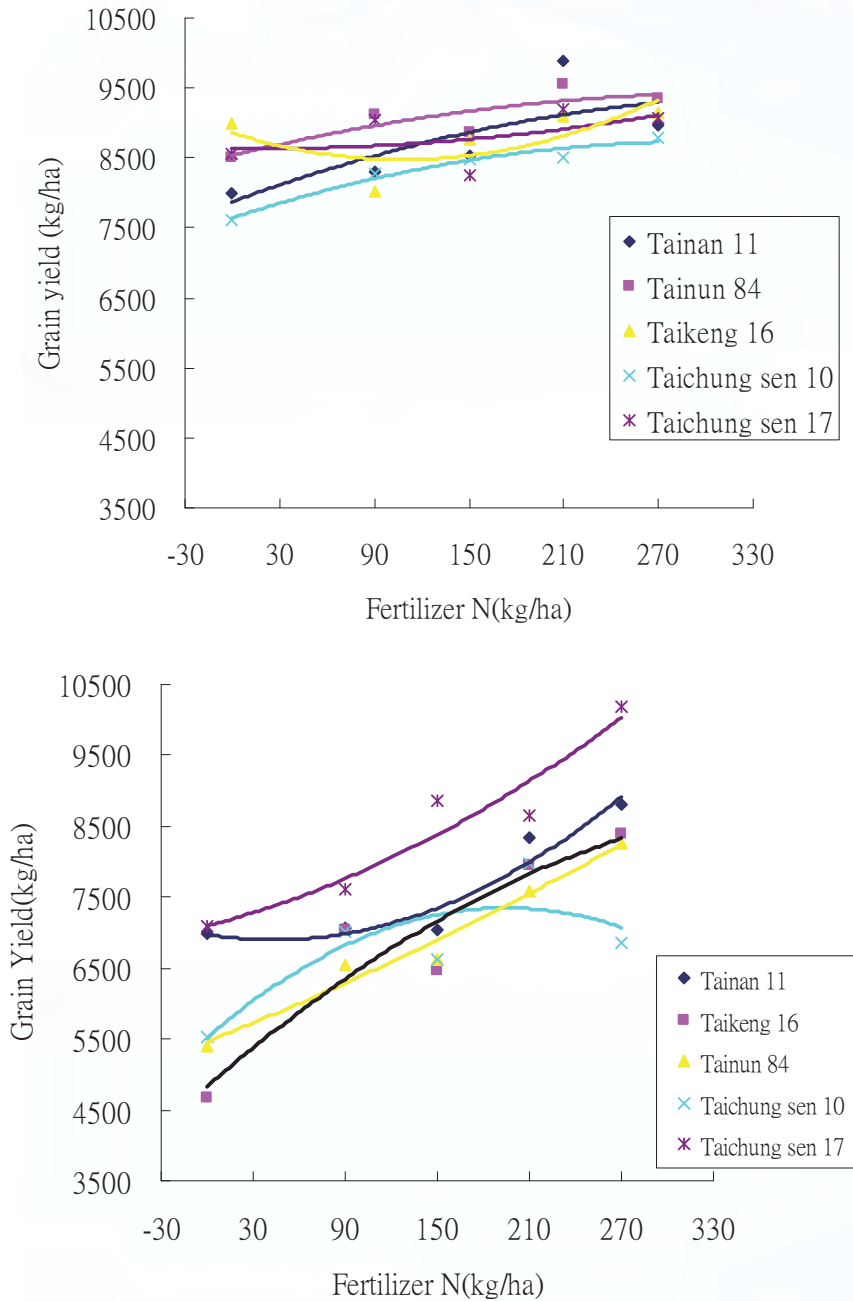


圖 3、不同施氮量於不同期作品種之稻穀產量表現，一期作(上圖)，二期作(下圖)，東山(2012)。

各試區不同品種氮肥利用效率(PFP)兩期作均以氮肥施用90 kg N/ha為最高，圖4，但以一期作高於二期作，氮肥利用效率(PFP)高，可能造成水稻一期作平均稻穀產量高於二期作主要原因，提高二期作氮肥利用效率，為日後欲提高二期作稻穀產量主要研究工作。

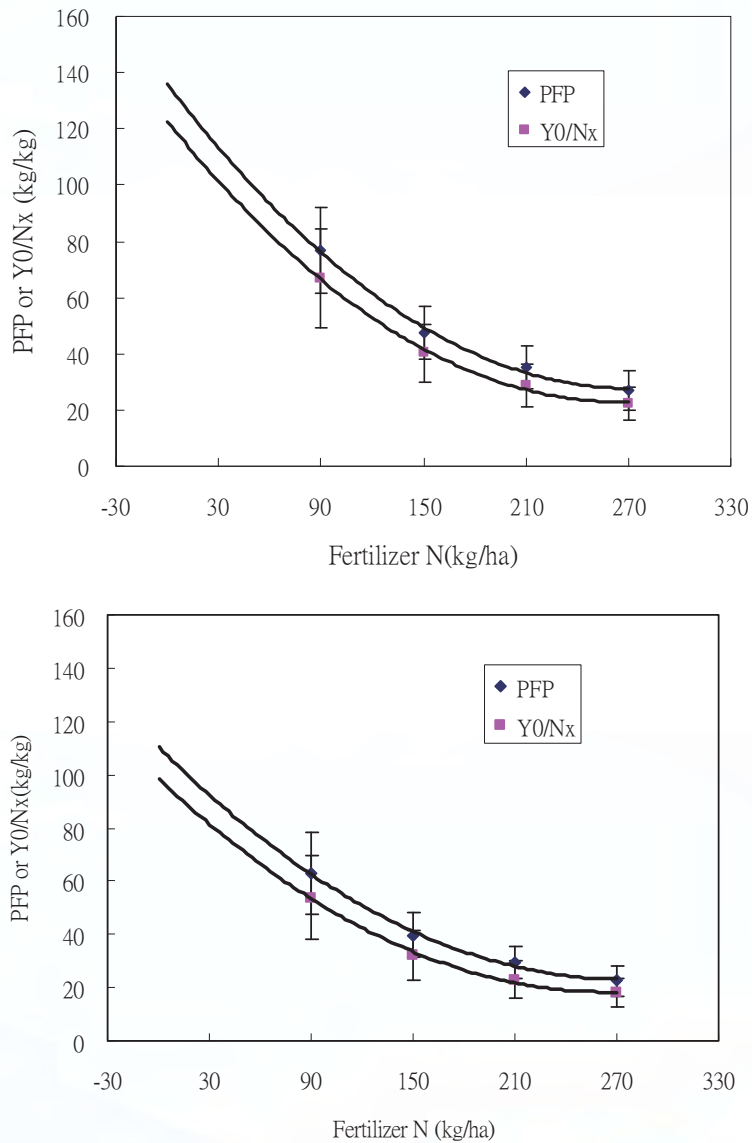


圖4、不同水稻品種各等級氮肥施肥量下配因效率與有效田塊自然供氮力(EINS)之關係一期作(上圖)，二期作(下圖)，14個品種，16個試區(2012)。

不同氮肥施用量對於乾物質生產與分配

水稻產量的物質來源主要是光合產物，其餘是根吸收的養分(無機為主)，水稻產量的形成過程是乾物質的累積與分配的過程。在水稻生長發育過程中，群體所累積的乾物質越多，並且分配到稻穗部的比例越大，產量越高。籽粒充實過程是產量形成中重要的生理階段，該時期除受水稻品種本身的生物學特性影響外，栽培措施特別是氮肥施用對水稻充實過程和產量品質有重要影響。

將供試的不同水稻品種區分為稈秈稻型，對於乾物質的累積與分配，呈現南北不同的型態，東山試區對於施氮量的增加，秈型收穫指數高於稈型，兩種稻型變異不大(圖5)，而新屋地區秈稻品型對於施氮量呈稈型收穫指數高於秈型，稈稻品型隨施氮量的增加，其收穫指數呈增加趨勢，推測乃由於施用270 kg N/ha時，莖葉中的乾物質累積呈減少的傾向(圖6)。

不同氮肥施用量對於氮素吸收累積與轉運

氮素是影響水稻產量與品質形成的敏感因素之一。生產實務上存在氮肥用量總體偏大，氮肥分配不合理等問題。一定範圍內增施氮肥對提高產量具有一定意義，過高的氮肥施用量增加了成本投入也帶來一系列的環境問題，而且過量的氮素易使葉片早衰及光合能力下降，不利於提高水稻產量和氮肥利用效率。籽粒氮主要來源於花前植株累積的氮素轉運以及開花後植株對土壤氮素的吸收。土壤施氮對於改善水稻品質和提高產量具有重要意義，尤其在作物關鍵期影響較大。

今以無氮區產量百分率作為土壤氮素供應的指標，以氮素收穫指數(NHI)為氮素於水稻吸收氮素後轉運分配的指標。新屋東山試區不同氮肥施用量對供試的不同水稻品種的無氮區產量百分率與氮素收穫指數的關係，如圖7與圖8。新屋試區供試5個品種無氮區產量百分率隨施氮量的增加而降低的趨勢，不同品種間以臺稈14號為最低，臺中秈17號最高，兩者於施氮量等級處理呈明顯的差異。雖然臺稈14號於不施氮肥區其氮素收穫指數低於臺中秈17號，但隨施氮量的增加，臺稈14號氮素收穫指數也隨之增加，臺中秈17號隨之減少，當施氮量為270 kg N/ha時，

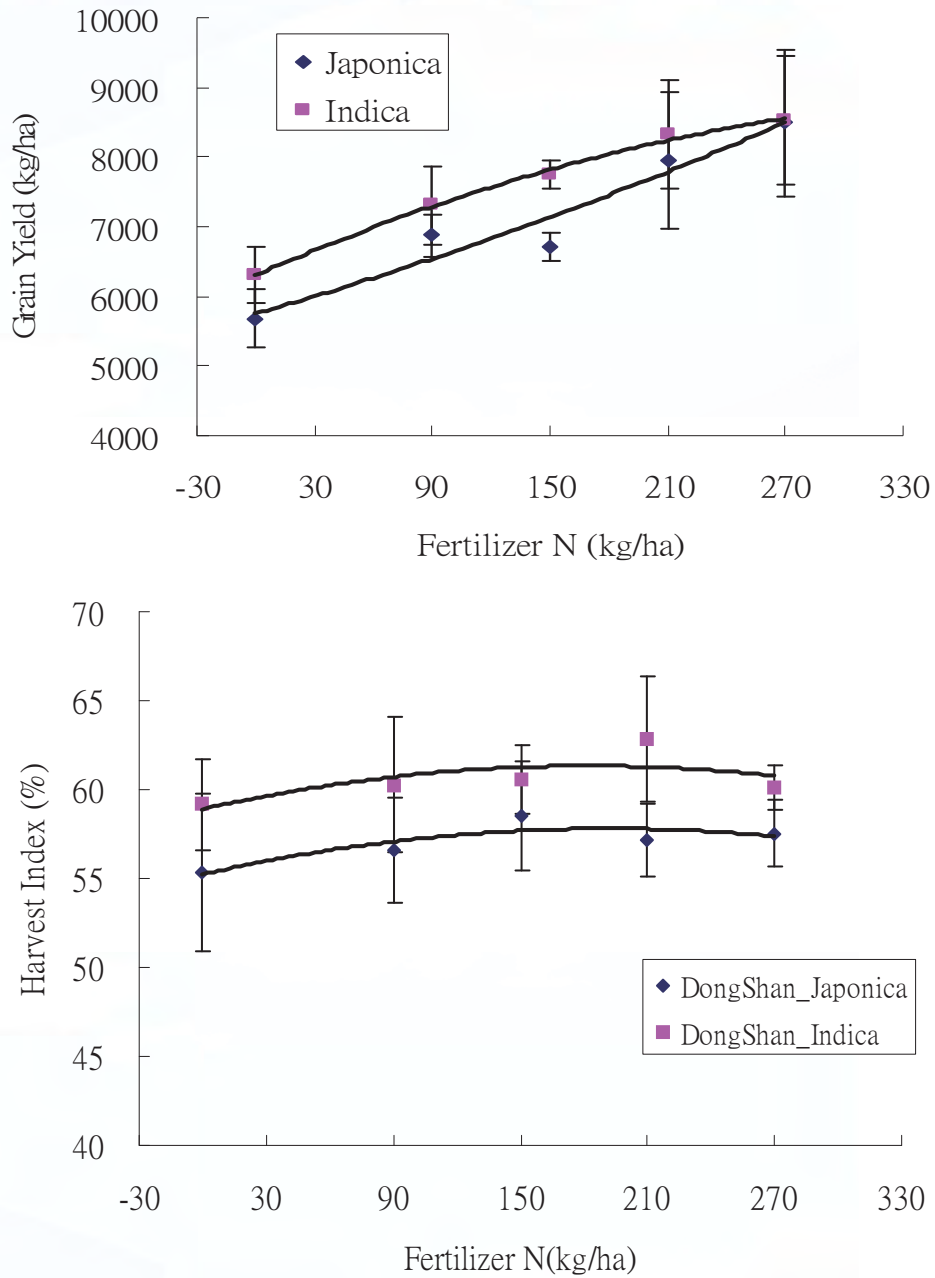


圖 5、東山試區不同水稻稈秈品種於不同氮肥施用量對產量與收穫指數(Harvest Index, HI) 之影響(2nd Crop,2012)。

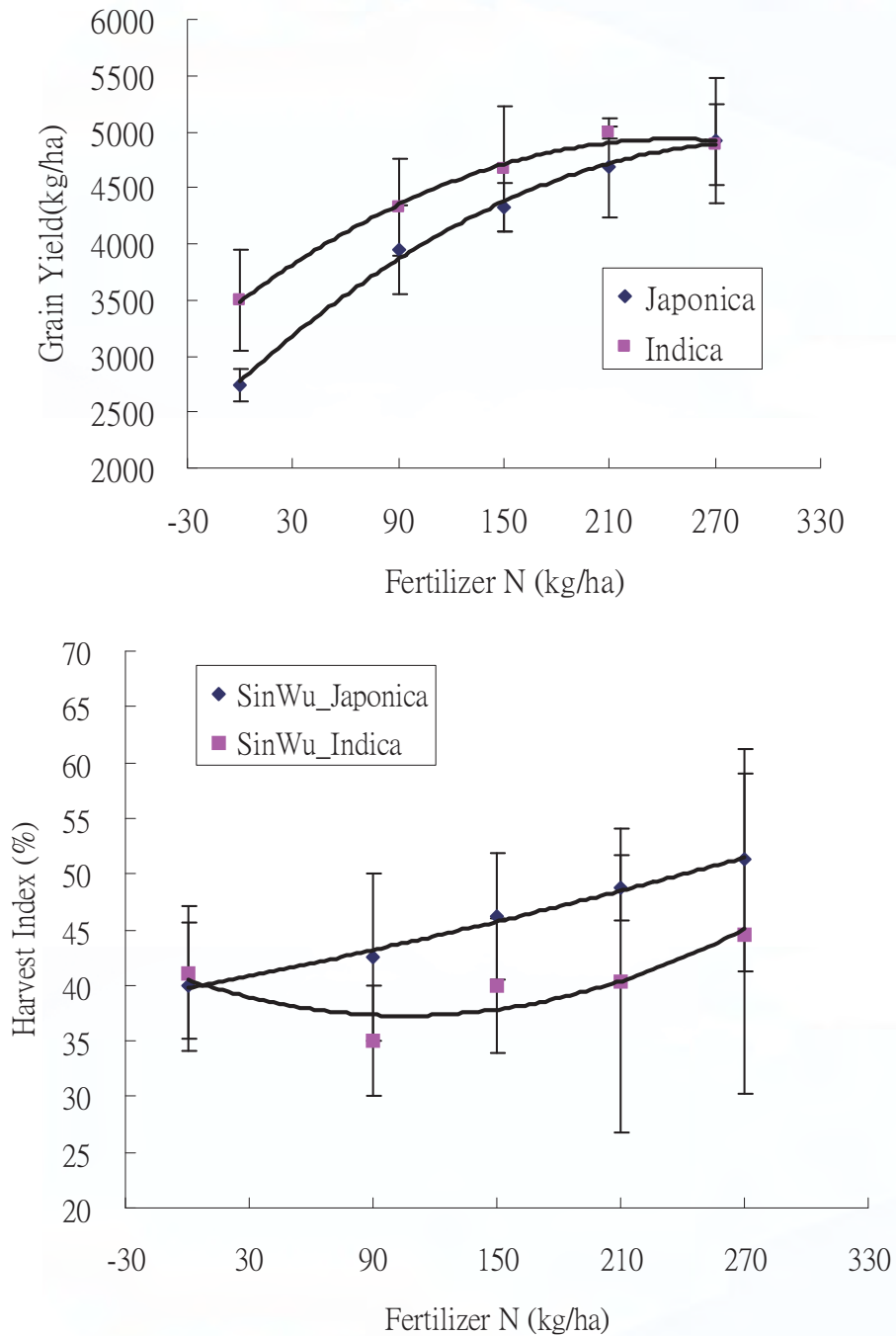


圖 6、新屋試區不同水稻稈秈品型於不同氮肥施用量對產量與收穫指數(Harvest Index, HI) 之影響(2nd Crop, 2012)。

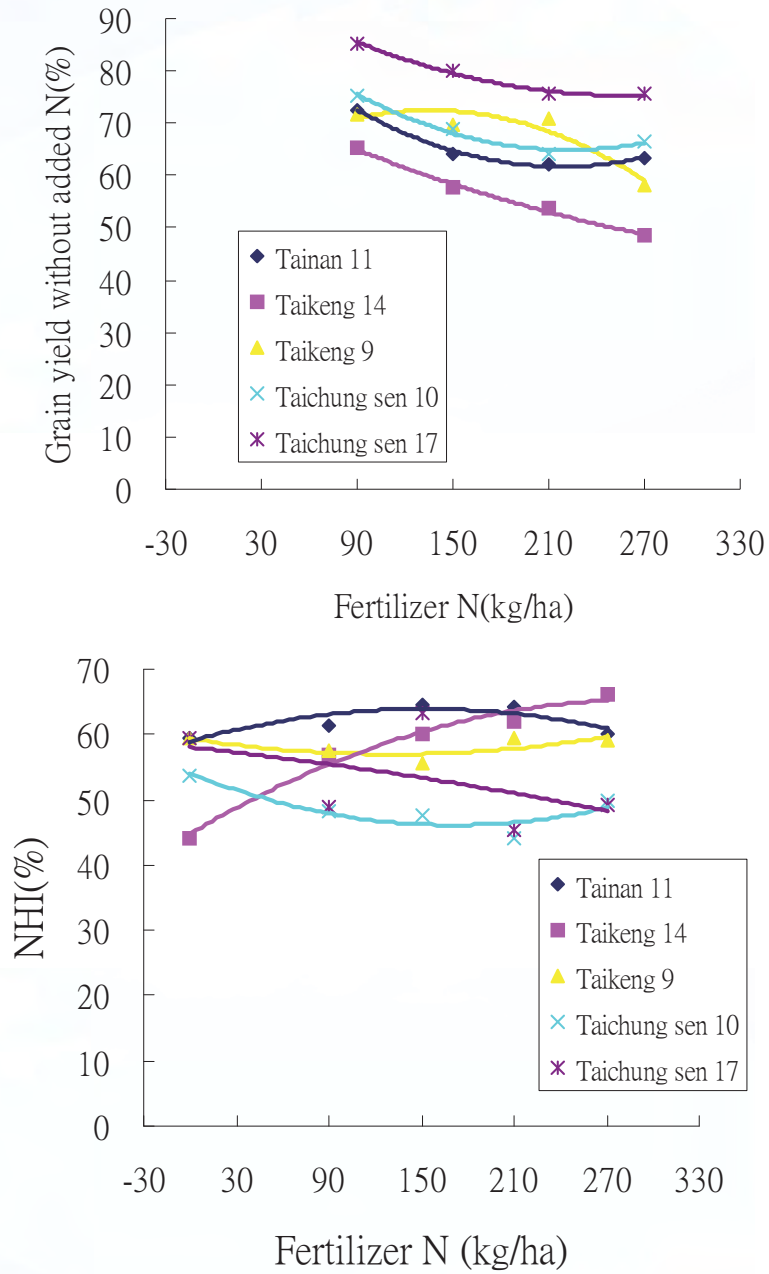


圖 7、新屋試區不同水稻品種於不同氮肥施用量對無氮區產量百分率與氮收穫指數 (NHI) 之影響(2nd Crop, 2012)

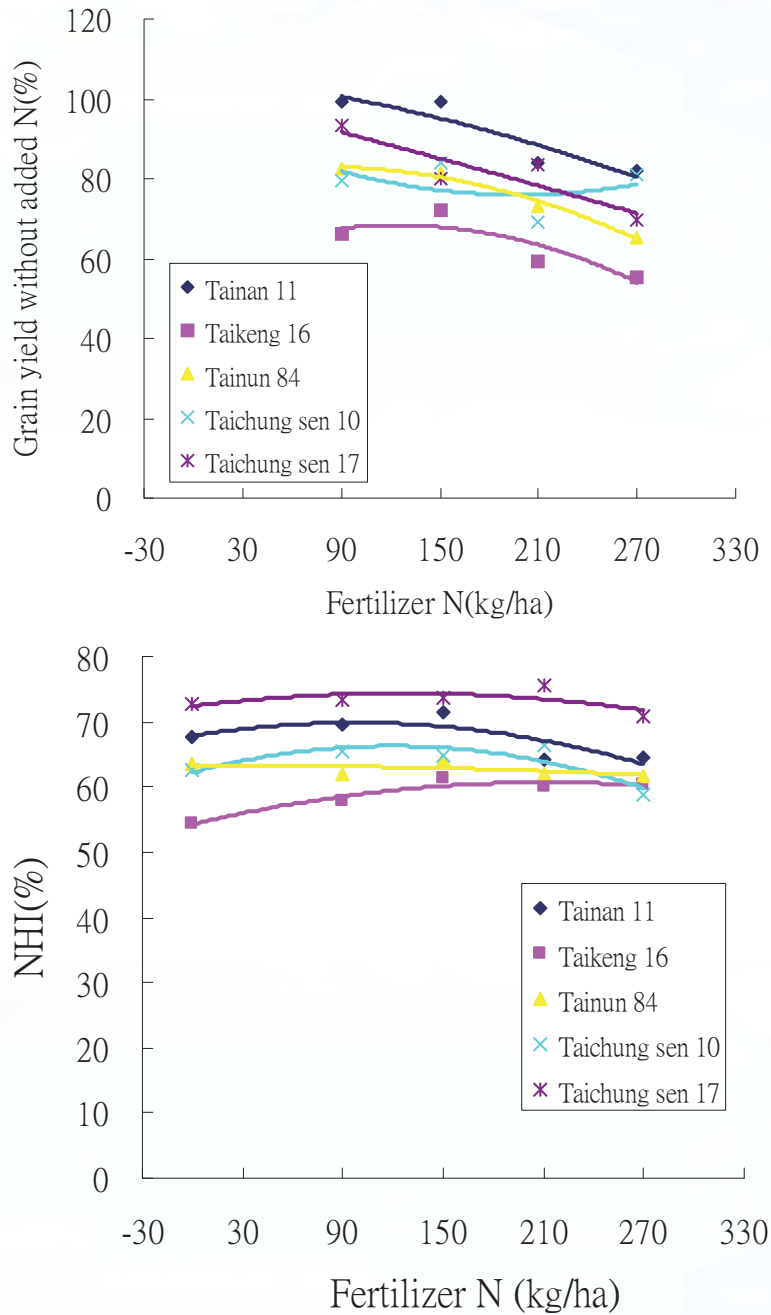


圖 8、東山試區不同水稻品種於不同氮肥施用量對無氮區產量百分率與氮收穫指數 (NHI) 之影響(2nd Crop, 2012)

臺梗14號氮素收穫指數最高，稻穀產量也最高，說明了該品種產量增加主要受氮肥增加的貢獻。東山試區供試品種無氮區產量百分率隨施氮量的增加而降低的變化趨勢與新屋試區相同，氮素收穫指數隨施氮量的增加則無明顯變異，其中不同施氮肥等級間，以臺中秈17號為最高，稻穀產量也最高，說明稻穀的高產為環境的貢獻，主要為氣候條件與土壤性質等因素，至於兩者間的貢獻度則需進一步的探明。

結 語

兩期作氮素利用效率則以施用90 kg N/ha明顯高於其它氮肥等級；氮肥施用210 kg N/ha，平均產量為最高，一期作可達7,300 kg/ha，二期作達6,100 kg/ha，施用超過210 kg N/ha時，稻穀產量反而隨著施肥量之增加而減少。

供試的不同品種水稻的稈秈稻型，對於乾物質的累積與分配，呈現南北不同的型態，南部試區對於施氮量的增加，其收穫指數呈增加的趨勢，而北部地區秈稻品型對於施氮量呈負效應趨勢，稈稻品型於施用270 kg N/ha時，其收穫指數呈增加趨勢，推測於270 kg N/ha 對於莖葉中的乾物質累積呈減少的傾向。

參考文獻

1. 郭鴻裕、劉滄琴、朱戩良、江志峰 2003 臺灣現行之農田土壤管理組之歸併與利用 p.1-20 土壤管理組規劃及應用研討會論文集。
2. 朱兆良 2008 "Research on soil nitrogen in China." ACTA PEDOLOGICA SINICA 45(5).
3. 陳春泉、郭鴻裕 1991 臺灣地區稻田生產力分級規範及調查總報告 p.13-18 臺灣地區稻田生產力分級規範及調查總報告(農業試驗所特刊第34號) 農業試驗所 臺中 臺灣。
4. Adhikari, C., K. F. Bronson, G. M. Panullah, A. P. Regmi, P. K. Saha, A. Dobermann, D. C. Olk, P. Hobbs, and E. Pasuquin. 1999. On-farm soil N supply

- and N nutrition in the rice-wheat system of Nepal and Bangladesh. *Field Crops. Res.* 64:273-286.
5. Budhar, M. N., S. P. Palaniappan, and T. M. Thiyagarajan. 1994. Influence of substitution of fertilizer nitrogen by green manure on growth and yield of lowland rice. p.131-140. In: Berge, H. F. M., Woperies, M. C. S., Shin, J. C.(Eds), SARP Research Proceedings. Nitrogen Economy of Irrigated Rice: Field and Simulation Studies.
 6. Cassman, K. G., S. K. De Datta, S. T. Amarante, S. P. Liboon, M. I. Samson, and M. A. Dizon. 1996. Long-term comparison of the agronomic efficiency and residual benefits of organic and inorganic nitrogen sources for tropical lowland rice. *Expl. Agric.* 32:427-444.
 7. Cassman, K. G., S. B. Peng, D. C. Olk, J. K. Ladha, W. Reichardt, A. Dobermann, and U. Singh. 1998. Opportunities for increased nitrogen-use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems. *Field Crops Res.* 56:7-39.
 8. Dobermann, A., C. Witt, S. Abdulrachman, H. C. Gines, R. Nagarajan, T. T. Son, P. S. Tan, G. H. Wang, N. V. Chien, V. T. K. Thoa, C. V. Phung, P. Stalin, P. Muthukrishnan, V. Ravi, M. Babu, G. C. Simbahan, and M. A. A. Adviento. 2003. Soil fertility and indigenous nutrient supply in irrigated rice domains of Asia. *Agron. J.* 95:913-923.
 9. Dobermann, A., and K. G. Cassman. 2002. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production systems of the United States and Asia. *Plant Soil.* 247:153-175.
 10. Dobermann, A., and P. F. White. 1999. Strategies for nutrient management in irrigated and rainfed lowland rice systems. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 53:1-18.

11. Hossain, M. F., S. K. White, S. F. Elahi, N. Sultana, M. H. K. Choudhury, Q. K. Alam, J. A. Rother, and J. L. Gaunt. 2005. The efficiency of nitrogen fertilizer for rice in Bangladeshi farmers' fields. *Field Crops Research* 93:94-107.
12. Jiang, L. G., T. B. and D. Jiang. 2004. Characterizing physiological N-use efficiency as influenced by nitrogen management in three rice cultivars. *Field Crops Research* 88:239-250.
13. Olk, D. C., K. G. Cassman, G. Simbahan, P. C. Sta Cruz, S. Abdulrachman, R. Nagarajan, S. T. Pham, and S. Satawathananont. 1999. Interpreting fertilizer-use efficiency in relation to soil nutrient-supplying capacity, factor productivity and agronomic efficiency. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 53:35-41.
14. Singh, U., J. K. Ladha, and E. G. Castillo. 1998. Genotypic variation in nitrogen use efficiency in medium and long-duration rice. *Field Crops Res.* 58:35-53.
15. Toriyama, K., and S. I. Sekiya. 1991. A method of forecasting the nitrogen release pattern of paddy soils for the fertilizer management of rice plants. In: *Soil Management for Sustainable Rice Production in the Tropics*, IBSRAM Monograph No. 2, International Board for Soil Research and Management, Bangkok, Thailand, p. 287-302.
16. Wang, D. J., Q. Liu, and J. H. Lin. 2004. Optimum nitrogen use and reduced nitrogen loss for production of rice and wheat in the Yangse Delta region. *Environ. Geochem. and Health* 26:221-227.
17. Witt, C., A. Dobermann, S. Abdulrachman, H. C. Gines, G. Wang, R. Nagarajan, S. Satawatananont, T. T. Son, P. S. Tan, L. van Tiem, G. C. Simbahan, and D. C. Olk. 1999. Internal nutrient efficiencies of irrigated lowland rice in tropical and subtropical Asia. *Field Crops Res.* 63:113-138.