

水稻臺農67號及其粒重型近同源系之 光合物質與氮素供需關係比較¹

張富洲 魏夢麗 劉大江²

摘要 本試驗採用中粒型水稻品種臺農67號(千粒重約 25g)、大粒型品種 Pegonil(千粒重 40g 以上)及四個以前者為輪迴親經回交五或六代並自交多次之臺農 67 號粒重型(千粒重約 30—36g)近同源系為材料, 在田間進行兩年四作試驗, 比較抽穗至成熟期間之乾物質及氮素累積量, 分析粒重效應對光合物質與氮素供需關係的影響。臺農67號的稻穀產量均高於 Pegonil 品種; 經連續四作調查, 回交後代的粒重穩定, 部份之產量並與臺農67號相近, 但未能超越。臺農67號抽穗後累積乾物量佔成熟期總乾物量之 40% 以上, 在期作間頗為穩定; 對 Pegonil 與回交品系而言, 此一比值以第一期作較低, 於期作內並與產量表現有正相關關係。抽穗後乾物生成量低於穀粒產量, 亦即有顯著之再轉移現象。各品種及品系之收穫指數均在 0.45 以上, 但基因型間之乾物分配效率仍有差異, 以生產力較高之 BC-6 品系較低。大粒型品種 Pegonil 葉片、莖稈與穗部氮素濃度均顯著高於臺農67號, 回交品系雖具粒重特性, 但氮素濃度則與中粒型親本相同。穀粒充實期間水稻植株累積氮量佔總氮量之比例, 平均以 Pegonil 最低, 第二期作又顯著較第一期作為高; 抽穗後累積氮量平均僅為穀粒氮含量之 40% 以下, 亦即穀粒充實對營養器官氮素轉移具有極高的依賴性。本試驗結果顯示粒重型近同源系之氮素供需關係與其輪迴親臺農67號相似; 另一方面, 第一期作產量優於二期作, 但對抽穗前預貯氮素的依賴度較高, 其意義猶待探討。

乾物質生產為作物產量表現的基礎, 兩者之間常有正相關關係存在; Evans⁽¹⁰⁾ 認為限制穀類作物產量的原因之一即為開花後同化作用能方之強弱; 在水稻方面 Takeda *et al.*⁽¹⁹⁾ 曾報告每公頃乾物累積量可達 17t 以上, 且改良品種 (improved variety) 抽穗後的乾重增加量高於舊品種, 並可表現於穀粒產量。另一方面, 穀粒充實所需之部份養分係自營養器官轉移而來⁽²²⁾, 這種轉移固然有助於產量, 但同時也可能導致植株之老化 (monocarpic senescence)⁽¹¹⁾, 因此如何在穀類作物開花後, 維持植株生理活性與乾物質分配效率間的平衡, 是一項頗為複雜的問題; Patrick⁽¹⁵⁾ 即認為生殖生長期間植物供源與積儲之間相互作用, 影響乾物質生產能力, 是決定產量的重要因子。氮素對作物生長及產量表現具有絕對的重要性, 多數穀類作物開花後如能維持較高的氮素吸收與同化能力, 即可保有較高的產量潛能^(17,20); 以水稻為例, Angus *et al.*⁽⁸⁾ 建議應於穀粒充實期間維持植株較高的氮素濃度, 調和穀粒與營養器官間對氮素之競爭, 方有可能可獲致高產。以往在臺灣地區進行期作性水稻產量差異之生理研究, 也曾有報告指出第二期作水稻抽穗後根系活性快速衰退, 是導致低產的重要原因之一⁽⁵⁾

本所作物生理研究室近年來由擴大積儲容積觀點探討提高水稻產量的生理機制, 發現部份大粒型

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1458 號。本試驗承行政院農業委員會補助部份經費, 謹致謝意。

2. 本所農藝系助理、助理與研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

水稻品種營養器官與穀粒的氮素濃度顯著較一般栽培品種為高，但產量偏低，也具有不同的氮素利用效率⁽⁴⁾，唯尚未瞭解穀粒充實期間光合作用與氮素的供需關係，以及粒重的可能效應。在試驗過程中，為求獲得理想的試驗材料，曾培育臺農67號品種之粒重型近同源系 (near-isogenic line)，進行為期兩年四作之試驗，調查抽穗前、後之乾物質生產量與氮素累積量，解析穀粒充實期間的供源與積儲關係，並於期作間進行比較，以為今後試驗之依據。

材料與方法

本試驗所使用之中粒型水稻栽培品種為臺農 67 號，大粒型品種為 Pegonil，千粒重分別為 25g 左右及 40g 以上，又以前者為輪迴親，經回交五次並自交四次 [BC-5(1)、(2)] 及回交六次並自交三次 [BC-6(1)、(2)] 之品系各兩個為材料，其千粒重在 30—36g 之間；回交品系在回交與自交選育過程中，除著重千粒重較臺農67號高25%以上外，並以臺農67號為準，注重一株穗數與一穗穎花數表現，以期育成具大粒特性之近同源系，供為進行試驗之合宜材料。上述材料自1987年第一期作開始，至1988年第二期作為止，連續兩年四作在臺灣省農業試驗所農場進行試驗，執行期間未再對回交材料進行任何選拔工作，成熟期分別收穫後，即於次作連續栽培。

各期作水稻栽培時之行株距均為 30×15cm，採用單本植，小區面積在 3×6m 以上，重複四次，採用完全逢機區集設計。施用之肥料量均為 N : P₂O₅ : K₂O = 150 : 58 : 90 kg/ha，其中氮肥 60kg/ha 與磷、鉀肥全量以基肥施用，其餘之氮素分兩次用為追肥；栽培管理依慣行法為之。

在各次試驗中，均自抽穗期間開始每間隔 7 日取樣一次，至成熟期為止，每次取樣時自每小區逢機選取 10 株水稻為樣品，成熟期則選取 20 株為樣品；植株經區分為葉片、莖稈與穗部後，使用透風乾燥箱以 100°C 烘乾 2 小時及 80°C 烘乾 46 小時後秤量乾物重，再以 Wiley mill 經 40 目篩磨粉，依 semi-micro Kjeldahl 法分析全氮濃度，用以計算各器官之氮素含量；成熟期並詳細調查產量及其構成要素。本報告僅包含抽穗期與成熟期之資料，有關穀粒充實全期之乾物質與氮素累積速率結果，將另行撰文發表。

所有試驗結果均經變方分析，品種及系統間差異達顯著水準者並以鄧肯氏多變域測定 (Duncan's New Multiple Range Test) 予以比較。

結 果

在兩年四作試驗中，臺農67號之千粒重為 24.3—26.79g，大粒型品種 Pegonil 為 40.91—46.48g，以後者之變異較大；四個回交品系的千粒重在期作間雖有變異，但幅度最大者為 30.48—36.80g (表 1)，其他品系之變異係數並未超過臺農67號，且未表現一定趨勢，由於千粒重均在 30g 以上，顯示經多代栽培後，仍維持粒重型之特性。

在品種(系)穀粒產量比較方面，以臺農67號最高，Pegonil 最低，回交品系中，平均以 BC-6 世代優於 BC-5 世代，且產量與臺農67號相近，但未能超越(表 1)。於期作間比較，則第一期作較第二期作為高，1988年第二期作產量極低，可能為連續低溫影響之結果。一期作回交品系公頃產量在 5.5—6.5t 之間，二期作為 3.5—6.5t，Pegonil 品種分別為 4.3—4.5 與 2.2—3.8t，顯示粒重型回交品系之產量表現已獲改良。

水稻抽穗及成熟期乾物累積量之調查結果列於表 2。就第一期作抽穗期全株乾重而言，Pegonil 品種均為最低，每株僅及 26—28g，臺農67號為 30—33g，BC-6 品系則最高可達 40g，其他回交品系亦與臺農67號相當；第二期作水稻抽穗期全株乾重顯著低於第一期作，但基因型間的表現趨勢則與第一期作完全相同。成熟期之乾物累積量除仍以臺農 67 號高於 Pegonil 外，回交品系亦顯示較大變異，以 BC-6 品系的乾物質生成量高而穩定，BC-5 品系則不如臺農 67 號，尤以 1988 年之差異最為明顯。抽穗至成熟期間之全株累積乾物量亦列於表 2；除 1988 年第二期作外，品種(系)間及期作

Table 1. 1,000-grain weight (g) and grain yield (g/plant) of Tainung 67 and Pegonil rice varieties and their backcross strains cultured between the first crop of 1987 and the second crop of 1988.

Variety or Strain	First crop, 1987		Second crop, 1987		First crop, 1988		Second crop, 1988	
	Weight	Yield	Weight	Yield	Weight	Yield	Weight	Yield
Tainung 67	26.79 d*	27.2 a(6.04)**	24.43 e	23.3 ab(5.18)	24.61 c	28.5 a (6.33)	26.25 d	21.0 a (4.67)
Pegonil	46.33 a	19.7 c(4.38)	46.48 a	17.2 c (3.82)	41.14 a	21.1 b (4.69)	40.91 a	10.1 c (2.24)
BC-5(1)	33.43 c	28.4 a(6.31)	31.58 c	23.3 ab(5.18)	33.29 b	25.4 a (5.64)	33.97 bc	15.9 b (3.53)
BC-5(2)	36.00 b	25.1 b(5.58)	32.65 b	21.1 b (4.69)	35.43 b	25.4 a (5.64)	35.41 b	16.7 b (3.71)
BC-6(1)	33.47 c	27.0 a(6.00)	31.18 c	24.4 a (5.42)	34.04 b	26.7 a (5.93)	34.73 bc	19.2 ab(4.27)
BC-6(2)	33.43 c	26.3 ab(5.84)	30.48 d	22.7 ab(5.04)	36.80 b	29.2 a (6.49)	32.92 c	17.9 ab(3.98)

*Means with the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

**Numbers in parentheses are grain yield in t/ha.

Table 2. Some characters of dry matter accumulation at heading and maturity stages of Tainung 67 and Pegonil rice varieties and their backcross offsprings cultured between the first crop of 1987 and the second crop of 1988*

Crop Season	Genotype	Whole Plant Dry Weight (g) at			Ta/Tw	Ta/Gw	Gw/Tw
		Heading (Th)	Maturity (Tw)	Diff. (Ta)			
1st Crop 1987	Tainung 67	30.1 b**	55.4 a	25.3 a	0.46 a	0.93 a	0.49 b
	Pegonil	26.4 c	37.9 c	11.5 c	0.30 c	0.58 c	0.52 a
	BC-5(1)	37.1 a	57.8 a	20.7 b	0.36 b	0.73 b	0.49 b
	BC-5(2)	34.4 ab	47.6 b	13.2 c	0.28 c	0.53 c	0.53 a
	BC-6(1)	31.5 b	57.4 a	25.9 a	0.45 a	0.96 a	0.47 c
	BC-6(2)	33.9 ab	56.3 a	22.4 ab	0.40 ab	0.85 b	0.47 c
2nd Crop 1987	Tainung 67	24.3 a	43.9 a	19.6 a	0.45 a	0.84 b	0.53 a
	Pegonil	17.2 b	33.0 b	15.8 b	0.48 a	0.92 a	0.52 a
	BC-5(1)	24.9 a	45.5 a	20.6 a	0.45 a	0.88 ab	0.51 a
	BC-5(2)	26.2 a	41.9 a	15.7 b	0.38 b	0.74 c	0.50 a
	BC-6(1)	24.8 a	46.0 a	21.2 a	0.46 a	0.87 ab	0.53 a
	BC-6(2)	22.1 a	44.3 a	22.2 a	0.50 a	0.98 a	0.51 a
1st Crop 1988	Tainung 67	33.1 bc	54.0 b	20.9 b	0.39 ab	0.73 b	0.53 a
	Pegonil	28.0 c	39.1 c	11.1 d	0.28 c	0.53 c	0.54 a
	BC-5(1)	36.7 ab	53.2 b	16.5 c	0.31 c	0.65 bc	0.48 a
	BC-5(2)	36.1 ab	50.8 b	14.7 c	0.29 c	0.58 c	0.50 a
	BC-6(1)	35.7 ab	60.0 a	24.3 a	0.41 a	0.91 a	0.45 b
	BC-6(2)	40.5 a	62.1 a	21.6 b	0.35 b	0.74 b	0.47 a
2nd Crop 1988	Tainung 67	24.7 ab	43.1 a	18.4 a	0.43 a	0.88 a	0.49 a
	Pegonil	14.8 c	23.7 c	8.9 d	0.38 ab	0.88 a	0.43 b
	BC-5(1)	23.9 b	35.5 b	11.6 c	0.33 b	0.73 c	0.45 b
	BC-5(2)	25.8 ab	36.2 b	10.4 cd	0.29 b	0.62 d	0.46 b
	BC-6(1)	27.6 a	43.0 a	15.4 b	0.36 ab	0.80 b	0.45 b
	BC-6(2)	24.1 b	39.3 ab	15.2 b	0.39 ab	0.85 a	0.46 b

*Th: whole plant dry weight at heading; Tw: whole plant dry weight at maturity; Ta: dry matter accumulated after heading (Tw-Th); Gw: grain weight per plant; Ta/Tw: ratio of total dry matter accumulated after heading to total dry weight at maturity; Ta/Tw: ratio of dry matter accumulated after heading to grain weight; Gw/Tw: harvest index.

**Means with the same letter within each column of an individual crop season are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

間的變化趨勢與成熟期全株乾重相同。臺農 67 號在穀粒充實全期的乾物生產量為 18—25g，遠高於 Pegonil 品種之 8.9—15.8g，BC-6 品系在 1988 年二期作雖僅為 15g 左右，但在其他年期可高達 21—26g，與臺農 67 號並無顯著差異。

抽穗後累積乾物量 (Ta) 與成熟期總乾重 (Tw) 之比值，以臺農 67 號最高而穩定，在 0.39—0.46 之間 (表 2)，而 Pegonil 品種的變域頗大 (0.28—0.48)，以第二期作的比值較高；四個回交品系中，仍以 BC-6 顯著高於 BC-5 品系，且較穩定，但均表現相同的期作性差異，即第二期作時之比值高於第一期作；二期作之絕對乾物生成量雖然不如一期作，但抽穗後之相對生成量卻顯著較高。抽穗後乾物累積量與穀粒產量 (Gw) 之比值與穀粒產量並無一定相關，但高產之臺農 67 號與 BC-6 品系之比值較高，除少數例外，均在 0.80 以上，最高並可達 0.98 (表 2)；Pegonil 品種在一期作之 Ta/Gw 比值較低 (0.60 以下)，第二期作卻高達 0.88—0.92，有明顯的期作性差異；兩個 BC-5 品系的表現較不一致，但平均低於 BC-6 品系，且亦以二期作高於一期作。收穫指數 (harvest index, HI) 以 Gw/Tw 表示 (表 2)，綜合各基因型及各期作結果，HI 在 0.43—0.54 之間，仍以栽培品種臺農 67 號最高及穩定，其值為 0.49—0.53；大粒種 Pegonil 在 1988 年二期作僅為 0.43，但在其他期作則高達 0.52—0.54；回交品系 BC-5 之乾物及穀粒產量雖不及 BC-6 品系，唯收穫指數則相近或較高，換言之，BC-6 品系的乾物質分配效率較為低落。

參試各水稻材料植株器官之氮素濃度示於表 3。抽穗期之葉片氮素濃度恆以 Pegonil 品種最高，介於 2.55—3.19% 之間，臺農 67 號與回交品系間除 1988 年第二期作以外，多無顯著差異，在 2.01—2.59% 之間。成熟期葉片氮素濃度明顯下降，多在 1% 以下，降幅並以大粒型之 Pegonil 品種最為顯

Table 3. Concentration (% , dry basis) of N in different plant organs of Tainung 67 and Pegonil rice varieties and their backcross offsprings cultured between the first crop of 1987 and the second crop of 1988

Crop Season	Genotype	Leaf Blade N		Culm N		Panicle N
		Heading	Maturity	Heading	Maturity	Maturity
1st Crop 1987	Tainung 67	2.36 b*	0.86 a	0.66 b	0.49 ab	1.05 b
	Pegonil	2.79 a	0.94 a	1.17 a	0.55 a	1.41 a
	BC-5(1)	2.22 b	1.03 a	0.72 b	0.53 a	1.10 b
	BC-5(2)	2.07 b	0.99 a	0.61 b	0.43 b	1.00 b
	BC-6(1)	2.31 b	0.88 a	0.69 b	0.49 ab	0.96 b
	BC-6(2)	2.01 b	0.92 a	0.64 b	0.44 b	0.99 b
2nd Crop 1987	Tainung 67	2.13 b*	0.90 bc	0.56 b	0.47 b	1.09 bc
	Pegonil	2.55 a	1.06 a	0.93 a	0.60 a	1.33 a
	BC-5(1)	2.10 b	1.07 a	0.58 b	0.52 ab	1.14 b
	BC-5(2)	2.02 b	0.76 d	0.54 b	0.54 ab	1.08 bc
	BC-6(1)	2.03 b	0.80 cd	0.56 b	0.46 b	1.02 c
	BC-6(2)	2.06 b	0.95 ab	0.54 b	0.54 ab	1.08 bc
1st Crop 1988	Tainung 67	2.33 b	0.99 a	0.69 b	0.55 a	1.04 b
	Pegonil	2.59 a	0.91 a	0.90 a	0.54 a	1.48 a
	BC-5(1)	2.12 b	0.99 a	0.74 b	0.48 a	1.11 b
	BC-5(2)	2.18 b	0.87 a	0.73 b	0.46 a	1.05 b
	BC-6(1)	2.30 b	0.99 a	0.65 b	0.46 a	1.11 b
	BC-6(2)	2.07 b	0.98 a	0.66 b	0.45 a	0.94 c
2nd Crop 1988	Tainung 67	2.58 b	1.13 b	0.80 b	0.58 b	1.22 b
	Pegonil	3.19 a	1.49 a	1.62 a	0.95 a	1.84 a
	BC-5(1)	2.31 c	1.08 b	0.80 b	0.64 b	1.11 c
	BC-5(2)	2.26 c	1.18 b	0.74 b	0.59 b	1.33 b
	BC-6(1)	2.26 c	0.98 c	0.71 b	0.48 c	1.29 b
	BC-6(2)	2.27 c	1.00 c	0.72 b	0.55 b	1.16 bc

*Means with the same letter across genotypes are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

著，1988年二期作之結果有異，成熟期葉片氮素濃度在1%以上，Pegonil 品種更高達1.49%，同期作乾物質與穀粒產量均低，情況較為特殊。

抽穗期莖稈氮素濃度之表現極為單純，各期作均以 Pegonil 品種最高(0.90—1.62%)，臺農67號與回交品系較低(0.54—0.80%)，且同一期作內之相互間差異未達顯著水準(表3)。成熟期莖稈氮素濃度亦有下降，但與抽穗期之濃度比較，臺農67號及回交品系之降幅多在30%左右，Pegonil 之降幅最低為40%，最高為53%，亦即此一大粒型品種在穀粒充實期間，營養器官氮濃度的下降較為顯著。

成熟期水稻穗部含氮濃度與營養器官的表現相似，仍以 Pegonil 品種之1.33—1.84%最高，臺農67號為1.04—1.22%，四個回交品系則與臺農67號相似。期作性差異並不明顯，但1988年第二期作之濃度特別高，尤以 Pegonil 與臺農67號最為突出。

經由計算水稻植株乾物重及氮素濃度的乘積，所得氮素含量之結果列於表4。就抽穗期之全株氮素累積量(Nh)而言，第一期作均超過375mg，平均較二期作高150mg以上，期作性差異極為明顯。第二期作時，品種及品系間的差異並不顯著，1987年約在240—275mg左右，而1988年之乾物量雖低，但因氮素濃度高，各參試水稻單株含量超過1987年，介於300—350mg之間。一期作之含量亦以1988年較高，均在400mg以上，Pegonil 與臺農67號間差異不大，四個回交品系的含量亦相接近。

Table 4. Some characters of nitrogen accumulation at heading and maturity stages of Tainung 67 and Pegonil rice varieties and their backcross offsprings cultured between the first crop of 1987 and the second crop of 1988*

Crop Season	Genotype	Whole Plant N content (mg) at			Na/Nt	Na/Ng	Ng/Nt
		Heading (Nh)	Maturity (Nt)	Diff. (Na)			
1st Crop 1987	Tainung 67	375.8 b**	459.7 ab	83.9 a	0.18 a	0.27 a	0.67 b
	Pegonil	419.6 ab	403.5 b	—	—	—	0.73 a
	BC-5(1)	462.5 a	523.2 a	60.7 b	0.12 b	0.17 b	0.67 b
	BC-5(2)	391.0 b	396.7 b	5.7 c	0.01 c	0.02 c	0.71 a
	BC-6(1)	391.0 b	448.5 ab	57.5 b	0.13 b	0.21 b	0.62 b
	BC-6(2)	384.5 b	442.6 ab	58.1 b	0.13 b	0.21 b	0.63 b
2nd Crop 1987	Tainung 67	264.5 a	386.1 ab	121.6 b	0.32 b	0.45 b	0.71 a
	Pegonil	253.6 a	351.7 b	98.1 b	0.28 b	0.40 c	0.70 a
	BC-5(1)	273.7 a	427.7 a	154.0 a	0.36 a	0.54 a	0.68 a
	BC-5(2)	272.4 a	364.7 b	92.3 b	0.25 b	0.37 c	0.69 a
	BC-6(1)	261.4 a	378.6 ab	117.2 b	0.31 b	0.43 bc	0.72 a
	BC-6(2)	239.6 a	398.1 ab	158.5 a	0.40 a	0.59 a	0.68 a
1st Crop 1988	Tainung 67	428.6 ab	481.8 a	53.2 b	0.11 a	0.17 b	0.67 b
	Pegonil	418.8 b	447.6 b	28.8 c	0.06 b	0.08 c	0.77 a
	BC-5(1)	467.3 a	487.0 a	19.7 c	0.04 b	0.06 c	0.68 b
	BC-5(2)	458.2 a	434.9 b	—	—	—	0.70 b
	BC-6(1)	442.7 a	530.0 a	87.3 a	0.17 a	0.25 a	0.65 bc
	BC-6(2)	477.1 a	501.4 a	24.3 c	0.05 b	0.08 c	0.62 c
2nd Crop 1988	Tainung 67	349.0 a	436.4 a	87.4 a	0.20 a	0.31 a	0.65 a
	Pegonil	325.0 a	347.7 b	21.7 c	0.06 c	0.11 c	0.59 b
	BC-5(1)	306.6 ab	332.2 b	25.6 c	0.08 c	0.14 bc	0.57 b
	BC-5(2)	332.4 a	382.2 ab	49.8 b	0.13 b	0.21 b	0.63 a
	BC-6(1)	331.4 a	416.5 a	85.1 a	0.20 a	0.30 a	0.69 a
	BC-6(2)	296.8 b	364.3 ab	67.5 ab	0.19 a	0.29 a	0.64 a

*Nh: whole plant N at heading; Nt: whole plant N at maturity; Na: N amount accumulated after heading (Nt-Nh); Ng: grain N per plant; Na/Nt: ratio of N accumulated after heading to total N at maturity; Na/Ng: ratio of N accumulated after heading to grain N; Ng/Nt: harvest N index.

**Means with the same letter within each column of an individual crop season are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

成熟期之含量與抽穗期比較，多呈現增加趨勢，並均以 Pegonil 最低，臺農 67 號及回交品系間差異並不明顯；一般而言，仍以第一期作含量高於二期作含量（表 4）。水稻於抽穗後之單株果積氮量未能顯示一定的品種或期作性變異；臺農 67 號的增加量最穩定，介於 53—120mg 之間，有二期作較高的傾向；大粒型品種 Pegonil 在 1987 年一期作並無淨累積，1988 年一期作亦僅為 29mg，而二期作則為 22 與 98mg；回交品系 BC-5(1) 在 1987 年之累積量高達 60—154mg，1988 年却只在 30mg 以下，顯示極大的變異性；兩個 BC-6 回交品系較為穩定，穀粒充實期間多能維持較高的累積氮素能力。

水稻抽穗後植株新增氮素含量 (Na) 佔成熟期總含量 (Nt) 之比值列於表 4；臺農 67 號在兩個年份之一期作分別為 0.18 與 0.11，二期作為 0.32 與 0.20，Pegonil 品種在 1987 年一期作無淨累積，1988 年亦不過 0.06，可知臺農 67 號較 Pegonil 為高，且二期作顯著高於一期作。四個回交系統也有相似表現，例如 1987 年第二期作高達 0.25—0.40，同年一期作僅為 0.01—0.13。各品種及品系抽穗後累積氮量與穀粒含氮量 (Ng) 之比值以 1987 年二期作最高，臺農 67 號為 0.45，Pegonil 為 0.40，兩者差異達顯著水準，四個回交品系為 0.37—0.59，其中 BC-5(1) 與 BC-6(2) 並顯著較兩親本為高。唯上述高比值與基因型間的差異並未能見於其他期作，例如 1988 年二期作之數值介於 0.11—0.31 之間，已明顯低於 1987 年二期作之結果，但平均仍較一期作之比值（最高為 0.27）為高（表 4）。水稻氮素收穫指數 (harvest N index, HNI) 以 Ng/Nt 表示，同一品種或品系之比僅在期作間尚稱穩定，除仍以 1988 年第一期作表現特殊外，一般以 Pegonil 品種最高 (0.70—0.77)，兩個 BC-6 品系在第一期作為 0.62—0.65，略有偏低傾向；臺農 67 號在四個期作的氮素收穫指數為 0.65—0.71，變異最小。1988 年第二期作因受稻穀產量低落影響，Pegonil 品種與兩個 BC-5 品系之氮素收穫指數亦大幅下降，前者僅為 0.59，後者在 0.57—0.63 之間（表 4）。

討 論

在進行不同粒重水稻品種生理性狀差異的研究時，多數學者所採用材料之遺傳背景完全不同，使解析試驗結果時應考慮的因素趨於複雜⁽²⁾，本試驗所使用的臺農 67 號大粒型近同源系，因與臺農 67 號具有極相近的遺傳組成，在研判粒重對產量生理表現之效應方面，應屬理想材料。水稻粒型為極穩定的品種特性⁽¹⁴⁾，為一數量性狀，其遺傳行為複雜，變異性主要由累加性變方支配^(2,16)，培育同源系原屬不易，但因水稻粒重之狹義遺傳率頗高⁽³⁾，選拔易具效率，本所遺傳研究室培育同源系的初步結果頗為良好⁽²⁾，本試驗因而用為材料。經過兩年四期作之田間栽培，其間未經任何選拔，世代由 BC-5/F-4 及 BC-6/F-3 分別進展至 BC-5/F-7 及 BC-6/F-6，千粒重仍能維持於 30—36g 之間（表 1），與早期選拔指標符合⁽²⁾，雖於期作間亦有變異，但變異係數並不高於臺農 67 號，顯示粒重性狀已極穩定，應可用為進行生理研究之材料。

在實際生產方面，大粒型水稻品種 Pegonil 並不具經濟價值，但經改良之臺農 67 號近同源系在兩年四作試驗中，穀粒產量均顯著較 Pegonil 品種為高（表 1），顯示粒型與產量間之關係並非一定。如與臺農 67 號比較，則回交品系之產量與穩定性仍然稍遜，一方面表示其產量潛能不如理想，另一方面顯示可能對環境的適應性不如臺農 67 號。由於在本省中部地區條件下，葉片供源能力並不為產量限制因子⁽²¹⁾，而部份粒重型品種因具較高的單位葉面積生產穀粒能力⁽¹²⁾與穀粒充實速率⁽¹⁶⁾，被認為可經由增大積儲容積而達增產目的⁽¹³⁾。與低產之 Pegonil 品種比較，本試驗中之回交品系產量潛能已有極大改善，但仍未具應用價值，究其直接原因，為單位面積充實粒數較低，無法由增加粒重彌補並進而大幅提高產量（資料未列出），唯有關內在生理機制方面，如乾物質生產與分配，及氮素營養與供需關係，仍無報告可為依據，因此有必要加以探討。

水稻抽穗後光合作用生產量佔成熟期總乾物量之值 (Ta/Tw)，日本方面的報告為 0.29⁽¹⁹⁾，國內的報告為一期作 0.26 與二期作 0.31⁽¹⁾，數值均低；本試驗所得結果雖然較高，比值最高亦不超過

0.50 (表 1)，由於水稻之乾物收穫指數常在 0.5 左右或以上，因此顯示抽穗後之乾物質生產似不足以供應穀粒充實之需；事實上，依據翁與陳⁽¹⁾的報告，一期作抽穗後之乾物生產量僅為穀粒重之 51%，二期作為 67%，本試驗之比例最高可達 98%，一般亦在 80% 以上 (表 1)，似較符合穀粒充實所需乾物質以抽穗後之現行同化作用 (concurrent assimilation) 為主之理論⁽⁹⁾。由於在禾本科作物近成熟期計量乾物重時，常因基部葉片及葉鞘枯萎，以致造成取樣損失而低估，解析資料時尤需謹慎⁽⁹⁾，因此推測本試驗中具高 Ta/Gw 值之案例 (如臺農 67 號)，在抽穗後之植株同化作用與穀粒積儲需求間應有一平衡關係；但對大粒品種 Pegonil 與部份回交品系而言，此一平衡關係不一定存在，可能由於乾物質生產量不足 (低 Ta/Gw 值；如 Pegonil 品種與 BC-5 品系) 或分配效率不佳 (低 HI 值；如 BC-6 品系) 而使穀粒產量低落。

綜合以上所述，推測大粒型品系產量未能大幅提高的部份生理原因，為抽穗後之乾物生產量不足或分配效率較差，前者與光合成能力有關，後者受供源—積儲關係影響，均為複雜現象，但由於兩者同受氮素營養所作用，值得予以深入探討。抽穗期葉片氮素濃度以 Pegonil 品種最高，臺農 67 號與回交品系較低，且相互間亦無差異 (表 3)；1988 年一、二期作曾測量葉面積指數 (LAI) 與比葉重 (specific leaf weight, SLW)，其中一期作抽穗期之部份資料如下：

性 狀	臺 農 67 號	Pegonil	BC-5(1)	BC-6(1)
葉面積指數	5.40	4.66	3.85	4.71
比 葉 重 (mg/cm ²)	4.74	4.87	5.97	6.02
葉 含 氮 量 (g/m ²)	1.10	1.26	1.26	1.39

1988 年二期作亦有相同趨勢，即臺農 67 號葉面積指數高，葉片含氮量低；回交系統比葉重及葉片含氮量均高，但 BC-5 品系葉面積指數偏低；Pegonil 品種於抽穗兩週以後，葉片葉綠素及可溶性蛋白質濃度大幅降低，表示活性下降，有別於臺農 67 號⁽⁷⁾。依據 Sinclair and Horie⁽¹⁸⁾的報告，水稻葉片含氮量在 0.5—1.5g/m² 之間時，與光合速率成正比；本試驗中 BC-6 品系之葉面積指數與葉含氮量均高，可能與乾物生產量較高有關，BC-5 品系則可能受限於葉面積指數。Pegonil 品種除抽穗後葉片活性快速降低，且葉片立體結構使田間透光度 (light transmission ratio) 不佳⁽⁷⁾，應為乾物質生產能力偏低的主要原因。此一解釋並可由 Pegonil 品種穀粒氮素濃度特高 (表 3) 及抽穗後葉片氮素濃度與含量降幅最鉅 (表 3、4) 得到證明。

第一期作水稻抽穗與成熟期植株之氮素含量均超過第二期作水稻，但就穀粒充實期間之累積量及所佔成熟期總累積量之比值而言，却均以二期作為高 (表 4)，與本研究室以往以單一分蘗為單位的試驗結果迥異⁽²¹⁾，可能為使用之品種及取樣單位不同所致；但無論如何，第二期作水稻抽穗後所同化之相對氮量較多，及穀粒充實較不依賴再轉移性氮素 (具有較高的 Na/Ng 值) 兩個現象，一方面有待採用更多的品種在更多的地區予以試驗認定，另一方面則由於第二期作之稻穀產量仍明顯低於一期作，因此有必要對其產量生理上的意義加以探討。

穀粒充實所需氮素可由根部吸收及營養器官再轉移獲得供應，但後者同時促使植株發生老化作用，所以如何在滿足充實需要及維持植株生理活性之間得到平衡，是決定產量的重要因子⁽¹¹⁾。本試驗四個期作中，三個期作植株抽穗後所吸收氮素量均不及成熟期總含量之 20%，或僅為穀粒含氮量之 30% 以下，而較高之 1987 年二期作亦不過 25—40% 與 37—59% (表 4) 顯示抽穗後水稻全株生理活性之必要固不容忽視，但植株如能於抽穗期累積較高的乾物質及氮素含量，對維持產量仍極為重要，經由相關分析 (資料未列出) 亦發現，穀粒產量與抽穗期及成熟期植株總乾重與總氮含量之間相關均達極顯著水準。但另一方面，穀粒產量與 Na/Nt、Na/Ng 與 Ng/Nt 間的相關，如以六個品種 (系)：

及四個期作資料合併分析，均未達顯著水準，如去除大粒型品種 Pegonil 與受低溫影響之1988年第二期作資料後再予分析，則均為顯著之負相關，亦即抽穗後累積氮素量對產量的重要性不及抽穗前累積者，這種利用臺農67號及其粒重型近同源系分析所得之結果，與一般認為抽穗後應維持較高氮素同化作用的理論^(5,11,17)不符，其代表性及含義尚有待探討。

綜合本試驗及以往之試驗^(4,6,7)結果，認為大粒型品種 Pegonil 的氮素代謝及供需關係與臺農67號有異，但經回交選育所得臺農67號粒重型近同源系之表現已趨近臺農67號。第一期作之稻穀產量雖高於二期作，但抽穗後累積之氮素量略低，穀粒充實對抽穗前預貯性氮素的依賴度較高，其與產量的關係及生理上的解釋，仍需進一步的研究予以判明。

引用文獻

1. 翁仁憲、陳清義。1984。臺灣水稻之光合作用、物質生產及穀實生產特性。I. 第一、二期作水稻之物質生產與穀實生產特性。中華農學會報 125 : 4—13。
2. 郭益全、張德梅。1985。水稻臺農67號大粒 isogenic 系統之育成初報。中華農業研究 34 : 402—409。
3. 郭益全、劉清。1986。大粒水稻之遺傳研究II. 穀粒性狀之遺傳。中華農業研究 35 : 401—412。
4. 張富洲、郭益全、劉大江。1989。水稻粒重變異與植株氮素濃度、利用效率及產量之關係。中華農學會報新145 : 32—44。
5. 賴光隆。1979。水稻根羣形成的特性與活力之診斷。刊載於「臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集」(謝順景、劉大江主編)。行政院國家科學委員會出版，臺北市。
6. 魏夢麗、郭益全、劉大江。1988。水稻粒重變異與產量及相關生理性狀間關係之研究。中華農學會報 142 : 26—41。
7. 魏夢麗、張富洲、劉大江。1989。不同粒重水稻品種葉片形態與氮素代謝性狀差異比較。中華農業研究(排印中)。
8. Angus, J. F., M. Sudjadi, C. F. de St. Groth, Hadiwahyono, N. Sri Mulyani, A. M. Damdam and R. Wetselaar. 1987. A simulation model of nitrogen response of irrigated rice. In: Efficiency of Nitrogen Fertilizers for Rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
9. Bidinger, F., R. B. Musgrave and R. A. Fisher. 1977. Contribution of stored pre-anthesis assimilate to grain yield in wheat and barley. Nature 270 : 431—433.
10. Evans, L. T. 1972. Storage capacity as a limitation on grain yield. In: Rice Breeding. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
11. Feller, U. 1986. Proteolytic enzymes in relation to leaf senescence. In: Plant Proteolytic Enzymes (M. J. Dalling, ed). Vol. II. CRC Press, Boca Raton, Florida.
12. International Rice Research Institute. 1987 Annual report for 1977 pp. 13—19. Los Banos, Philippines.
13. Lafitte, H. R. and R. L. Travis. 1984. Photosynthesis and assimilate partitioning in closely related lines of rice exhibiting different sink: source relationships. Crop Sci. 24 : 447—452.
14. Murata, Y. and S. Matsushima. 1975. Rice. In: Crop Physiology—Some Case Histories(L. T. Evans, ed.). Cambridge Univ. Press, London.
15. Patrick, J. W. 1984. Carbon partitioning. In: Control of Crop Productivity (C. J. Pearson, ed.). Academic Press, New York.
16. Saahara, T., M. takahashi and M. Kambayashi 1982. Studies on structure and function of the rice ear. III. Final ear weight, at the maximum increasing period of ear weight. Japan J. Crop Sci. 51 : 18—25.
17. Sinclair, R. R. and C. T. de Wit. 1975. Comparative analysis of photosynthate and nitrogen requirement in the production of seeds by various crops. Science 189 : 565—567.
18. Sinclair, T. R. and T. Horie. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis and Crop radiation use efficiency:

A review. *Crop Sci.* 29 : 90-98.

19. Takeda, T., M. Oka and W. Agata. 1980. Characteristics of dry matter and grain production of rice cultivars in the warmer part of Japan. I. Comparison of dry matter production between old and new types of rice cultivars. *Japan J. Crop Sci.* 52 : 229-306.
20. Tsai, C. Y., D. M. Huber and H. L. Warren. 1980. A proposed role of zein and glutelin as N sinks in maize. *Plant Physiol.* 66 : 330-333.
21. Wei, M. L., M. C. Shen, C. S. Chen and D. J. Liu. 1982. Physiological studies of rice tillers. I. Partition of dry matter, nitrogen and total nonstructural carbohydrates during grain-filling. *Proc. Natl. Sci. Council. ROC (A)* 6 : 190-196.
22. Yoshida, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 23 : 437-464.

Status of Dry Matter and Nitrogen Accumulation of Tainung 67 Rice Varieties and Its Near-Isogenic Lines with Higher Grain Weight¹

F. C. Chang, M. L. Wei and D. J. Liu²

Summary

The large-grain variety, Pegonil, medium-grain variety, Tainung 67 and four near-isogenic lines of the latter with higher 1,000-grain-weight (30–36g) were included for field experiments from the 1st crop of 1987 and the 2nd crop of 1988. Status of dry matter and N accumulation at heading and maturity was studied. The purpose was to analyze the differences in contribution parameters of post-heading accumulation to grain yield. Experimental results indicated that grain yield of Tainung 67 was consistently higher than that of Pegonil. Near-isogenic lines showed stability in their grain weight, with grain yield similar to but not higher than that of Tainung 67. Dry matter accumulated after heading of Tainung 67 accounted for 40% of total dry weight at maturity, and the ratio was stable across the four crop season tested. The ratio was lower for Pegonil variety and the near-isogenic lines and was positively correlated to grain yield within crop season. The fact that dry matter produced after heading was lower than grain yield indicated significant retranslocation of photosynthate from vegetative organs to the developing grains. Harvest indexes of all rice materials were above 0.45. However, differences among genotypes existed as BC-6 lines, which were high in dry matter production, were low in partition efficiency in diverting dry matter to the grains. N concentrations in the leaf blade, culm and grain were significantly higher for Pegonil than for Tainung 67. The near-isogenic lines, despite their higher grain-weight, were similar in N concentration to their recurrent parent Tainung 67. Amount of N acquired after heading (Na), and the ratio of Na to total N present at maturity (Nt), were lower for the 1st than for the 2nd crop rice, and lower for Pegonil variety. In average, Na accounted for only 40% of the N present in the grain, which suggested the dependency of grain-filling on N accumulated before heading. In general, status of N assimilation and utilization by the four near-isogenic lines with higher grain-weight resembled to that of Tainung 67 with lighter grain-weight. The physiological explanation of the importance of N retranslocation to grain yield remained to be clarified.

1. Contribution No. 1458 from Taiwan Agricultural Research Institute. This research was supported in part by grants from the Council of Agriculture, Executive Yuan, R. O. C.
2. Respectively, Research Assistant, Research Assistant and Senior Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan 41301, R. O. C.