

溫度對不同粒重水稻品種穎果浸潤、澱粉 —— 分解酶活性及秧苗生育之影響¹

劉大江 魏夢麗 林淑零²

摘要：本試驗採用大粒型水稻品種 Pegonil 與中粒型栽培品種臺農67號為材料，探討溫度處理（15、25與 35°C）對穎果浸潤吸水能力與澱粉分解酶活性之影響；又於生長箱及田間培育秧苗，比較在不同溫度下之生長勢，以明瞭溫度與粒重對水稻穎果及幼苗生育生理的可能作用。Pegonil 單一穎果重為臺農67號之兩倍，以單一穎果為基礎表示時，其浸潤吸水速率自然較高，但澱粉分解酶活性之差異則較不顯著；如改以單位重穎果為基礎表示，在較低溫（15°C）時Pegonil 仍具有較臺農67號為高之吸水能力與酵素活性，並與高溫時之表現有異，顯示此一大粒型品種對低溫的特殊適應性。在 28/20與 23/15°C 生長箱及第一期作田間低溫環境下，Pegonil 秧苗之苗高、葉面積、可溶性蛋白質濃度及鮮、乾物重均顯著優於臺農67號，亦即具有較佳的生長勢；秧苗C/N比值變異未能用以解釋生長勢之差異，但 Pegonil 品種的苗重與苗長比值較高，而高浸潤速率與澱粉分解酶活性亦可能為低溫下秧苗生長快速的部份原因。試驗結果建議應確切瞭解不同粒重水稻種源對低溫的適應性，並在耐冷性研究方面兼重存活能力與秧苗生長勢，或有助於第一期作培育適於機插之秧苗及移植後早期在低溫環境下之本田生育。

本所作物生理研究室在探討大粒型水稻種源之利用時，曾發現大粒型品種 Pegonil 與 Mira 在第一期作低溫環境下之秧苗生長速率較中粒型品種臺農67號為高（魏與劉，1984、1988），但並未予詳細研究及報告。秧苗生長速率為一極重要之生理性狀（Matsushima, 1975、1976），在低溫或深水播種時尤能影響田間羣落之完整及產量（Li and Rutger, 1980；Mckenzie et al., 1980）。本省第一期作秧苗期及移植後常遭遇低溫逆境，影響田間作業及產量（曾與鄧，1985），有關水稻耐冷性探討因而成為主要研究課題之一。

國外針對水稻幼苗生長勢（seedling vigor）之研究常以秧苗伸長速率為主要考慮因子，Dat et al. (1978) 研究低溫下水稻秧苗生長勢與一些農藝性狀間的關係，發現半矮性品系的生長勢低於與其遺傳質相近之株高型品系，Mckenzie et al. (1980) 雖指出半矮性品系也可能具有稍高的秧苗生長勢，但成株株高仍與幼苗生長勢有正的相關存在。Li and Rutger (1980) 進行與水稻秧苗生長勢有關性狀的遺傳研究，指出在較低溫（18°C）下幼苗生長勢與粒重有極顯著之正相關，而與成熟性為負相關。在國內，Chen et al. (1986) 以 242 個水稻品種為材料，亦指出粒重與秧苗重及呼吸速率呈極顯著之正相關；在有關秧苗生長勢的作用機制方面，Lee et al. (1986) 認為澱粉分解酶扮演極為重

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1414 號。本試驗承行政院農業委員會補助（76農建—8.1—糧—05—2），謹致謝意。

2. 本所農藝系研究員、助理與約僱技術員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

要的角色；唯兩項試驗均係於高溫（30°C）下進行，尚難據以判定低溫下相關性狀的表現與差異。

Matsushima (1975、1976) 在以產量為目標之研究中，強調較高的 C/N 與苗重/苗長比值為培育高品質秧苗的要件，但其與生長勢間之關係及實用性如何，仍然有待探討。本所生理研究室在對大粒型水稻品種進行生理研究的過程中，發現發芽速率（浸種時間）與幼苗生長速率均顯著高於一般栽培之中粒型品種，因而用為試驗材料，探討溫度對穎果浸潤（imbibition）、澱粉分解酶（amylase）活性及秧苗生長速率的影響，期能對粒重與低溫下生理活性間的關係有更多的瞭解，或有增加對種源利用程度及改進第一期作水稻育苗方法之意義。

材料與方法

本試驗採用之水稻品種均為臺農 67 號與 Pegonil，前者之稻穀千粒重為 24.98 g，屬中粒型品種，後者則高達 47.13 g，係大粒型品種（表 1）。

Table 1. Dimension and weight of rough rice and brown rice of Tainung 67 and Pegonil varieties

Variety	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	L/W*	Weight (mg)	Volume (ul/grain)	Density (g/ml)
<u>Rough Rice</u>							
Tainung 67	7.02 b**	3.25 b	2.12 b	2.16 b	24.98 b	—	—
Pegonil	12.46 a	3.60 a	2.41 a	3.46 a	47.13 a	—	—
<u>Brown Rice</u>							
Tainung 67	4.89 b	2.87 b	1.94 b	1.70 b	20.67 b	14.7 b	1.41 a
Pegonil	7.19 a	3.08 a	2.19 a	2.33 a	40.23 a	28.5 a	1.41 a

*Length to width ratio.

**Means followed with the same letter within each column of a category (rough or brown rice) are not significantly different by Duncan's New Multiple Range Test (P=0.05).

種子浸潤試驗係於 15、25 與 35 °C 等三種溫度下進行，稻穀經去殼後，每 40 粒糙米（以下稱為穎果，caryopsis）置於一培養皿（直徑 9 cm）中，內墊兩層 Whatman No. 2 濾紙，於定溫箱中在黑暗狀況下進行試驗，並以供試驗溫度等溫之蒸餾水充份浸潤。於開始浸潤後 0、0.5、1、1.5、2、3、4、5、6、8、10、12、14、16、24 與 36 hr 各取三個培養皿材料，以吸水紙除去穎果表面附著水份後秤量重量，秤畢後之材料即予丟棄。吸水速率分別以每粒穎果與單位重量穎果兩種基準表示。

澱粉分解酶（amylase）活性分析之溫度處理與浸潤試驗相同，於開始浸潤後每隔 12 hr 進行分析，至 96 hr (35°C)、108 hr (25°C) 或 120 hr (15°C) 為止。分析係仿 Briggs (1961) 與 Murata et al. (1968) 方法進行，選用 20 個穎果，以 5 ml (Pegonil) 或 3 ml (臺農 67 號) 0.1 M Tris (pH 7.5) 緩衝液研磨萃取，經一層 Miracloth 過濾後，以 15,000 g 離心 15 min；離心後取 1.0 ml 上層液與 2ml 之 0.2% 可溶性澱粉 (soluble starch) 溶液混合，置於 30°C 恆溫水浴器中，每間隔 30sec 至 2 min 取 0.1 ml 混合液測試酵素活性。測試時係與 0.4 ml I₂-KI 溶液 (600 mg I₂ 溶解於 100 ml 之 6% KI 溶液，再稀釋 50 倍) 及 0.5 ml 蒸餾水混合，於波長 620 nm 測定吸光度之降低速率；上述步驟均經使用 Sigma Type X-A α-amylase 及其他預備試驗予以確定。本項試驗重複兩次，澱粉分解酶活性分別以 $\Delta A-620/\text{grain}/\text{hr}$ 及 $\Delta A-620/\text{g grain}/\text{hr}$ 表示。

在另一項分析澱粉分解酶活性試驗中，水稻穎果先分別於 15、25 與 35°C 溫度下浸潤 72 及 96、72 與 60 hr，而後每一樣品均於 15、25 及 35°C 測定酵素活性，以瞭解同一浸潤溫度處理下，穎果澱粉分解酶在不同溫度的活性表現。

此外又於植物生長箱中進行秧苗生長比較試驗，水稻種子（稻穀）經浸種 2 日（Pegonil）或 4 日（臺農 67 號）後，同時播種於內裝蛭石之 45×30×8 cm 塑膠盆中，行株距為 3×3 cm，以 Hoag land 氏水耕液灌溉，但採用 100 ppm 銨態氮（ammonium-N）為唯一氮源（Liu et al., 1987）。溫度處理為 33/25、28/20與23/15°C（日/夜溫），其中 33/25°C 處理因生長箱故障未能獲取完整資料；生長箱內之光量為 450μE/m²/sec，每日光照時間為 14 hr。自播種後 12 日起，每間隔 3 至 8 日取樣，重複三次，每重複含 10 至 30 株秧苗。秧苗經測量株高與葉齡後，區分為葉片、稈與根部，稱量鮮重，葉片部份並測定面積及分析葉綠素（Wintermans and de Mots, 1965）及可溶性蛋白質（Lowry et al., 1951）濃度。

為瞭解田間低溫狀況下兩品種秧苗生長之差異，於第一期作在田間依慣行法播種，自播種後15日起每隔 3 至 5 日取地上部份為樣品，重複三次，每重複含30至70株秧苗，測量株高、葉齡、鮮重與乾重（100°C烘乾2hr及70°C烘乾46hr），樣品經40目篩磨粉（Wiley mill），以供全氮（semi-micro Kjeldahl法）與非構造型碳水化合物（Smith, 1969方法）分析。

結果與討論

臺農67號與Pegonil品種之穀粒與糙米性狀列於表1；Pegonil 品種之長、寬、厚及長與寬比值（L/W）均顯著超過臺農67號，其稻穀與糙米粒重分別達47.13與40.23mg，亦為臺農67號之兩倍左右

Table 2. Imbibition rate of Tainung 67 and Pegonil rice varieties as influenced by temperature

Imbibition Temperature (°C)	Variety	Hours of Imbibition						
		2	4	8	12	16	24	36
		mg/100 grain						
15	Tainung 67	242 b*	341 b	437 b	484 b	503 b	521 b	521 b
	Pegonil	419 a	655 a	845 a	981 a	1,014 a	1,098 a	1,067 a
25	Tainung 67	288 b	419 b	491 b	505 b	517 b	538 b	558 b
	Pegonil	426 a	670 a	917 a	1,004 a	1,034 a	1,050 a	1,102 a
35	Tainung 67	367 b	476 b	534 b	547 b	560 b	574 b	605 b
	Pegonil	635 a	920 a	1,042 a	1,112 a	1,111 a	1,147 a	1,212 a
		mg/g grain						
15	Tainung 67	115 a	164 a	211 a	237 a	242 b	253 b	250 b
	Pegonil	105 b	163 a	211 a	243 a	250 a	269 a	266 a
25	Tainung 67	140 a	202 a	239 a	245 a	251 b	262 a	271 a
	Pegonil	106 b	168 b	226 b	251 a	259 a	273 a	276 a
35	Tainung 67	175 a	228 a	259 a	260 b	268 b	270 b	291 b
	Pegonil	157 b	226 a	262 a	275 a	278 a	287 a	301 a

*Means followed with the same letter within each column of an individual temperature treatment are not significantly different by Duncan's New Multiple Range Test (P=0.05).

，顯示大粒特性。在糙米體積方面，臺農 67 號與 Pegonil 品種依序為 14.7 與 28.5 $\mu\text{l}/\text{grain}$ ，但密度則均為 1.41 g/ml ，並無任何不同；Venkateswarlu et. al. (1987) 指出一種內穀粒間的密度具有差異，並認為提高密度為突破水稻產量的方法之一；本試驗所選用之穀粒雖均經風選，唯未能顯示品種間差異，所以有關密度的實用價值方面，仍然有待確定。

兩個供試水稻品種在不同溫度下的浸潤能力比較列於表 2；如以每一穎果之吸水量為表示單位，則不論處理溫度，Pegonil 品種之吸水量均顯著高於臺農 67 號品種，其差異最高可達兩倍以上，由於 Pegonil 品種每一穎果重量亦約為臺農 67 號之兩倍（表 1），其吸水量較高自屬必然。如浸潤能力以單位粒重之吸水量表示，則可發現溫度處理之效應，在 15°C 低溫條件下浸潤 10 hr 後，Pegonil 穎果之吸水量即顯著超越過臺農 67 號（部份資料列於表 2）；當溫度升高至 25°C，此項差別已不明顯，但 35°C 高溫時又呈現類似之差異。穎果之成分組成為影響浸潤表現的重要因子之一，其中又以蛋白質的作用最為明顯（Mayer and Poljakoff-Mayber, 1982），大粒型 Pegonil 品種穎果全氮濃度超過中粒型之臺農 67 號（魏等，1988），亦即粗蛋白質濃度較高，應為浸潤表現差異的一項主要原因，唯仍不能說明溫度的效應；是否在較極端溫度之蛋白質組成有所不同，抑或種皮之滲透性（permeability）有異，因本試驗未予探討，尚難定論。但由表 1 資料觀之，低溫時 Pegonil 品種顯然具有較高的浸潤能力。

澱粉分解酶在水稻穎果浸潤及發芽時可迅速合成（Murata et al., 1968），且活性升高，並與幼苗生長有密切關係（Akazawa, 1972），本試驗亦對此一重要酵素進行分析，並探討溫度的作用；

Table 3. Influence of temperature on the amylase activity of Tainung 67 and Pegonil rice grains*

Temperature (°C)	Variety	Hours after Imbibition				
		24	48	72	96	120
		$\Delta\text{A}-620/\text{grain}/\text{hr}$				
15	Tainung 67	0.22 b**	0.28 b	0.31 b	0.39 b	0.60 b
	Pegonil	0.26 a	0.40 a	0.77 a	1.13 a	1.55 a
25	Tainung 67	1.38 b	8.37 a	16.77 a	20.62 b	
	Pegonil	3.41 a	7.49 a	20.12 a	24.56 a	
35	Tainung 67	4.50 b	19.88 a	33.94 a	37.94 b	
	Pegonil	7.24 a	21.64 a	36.26 a	43.97 a	
		$\Delta\text{A}-620/\text{g grain}/\text{hr}$				
15	Tainung 67	10.7 a	13.3 a	15.0 b	18.7 b	28.9 b
	Pegonil	6.5 b	9.9 b	19.1 a	28.0 a	38.6 a
25	Tainung 67	66.6 b	404.8 a	809.2 a	997.7 a	
	Pegonil	84.7 a	186.2 b	500.0 b	610.5 b	
35	Tainung 67	217.4 a	961.5 a	1,641.9 a	1,835.4 a	
	Pegonil	179.9 b	537.8 b	901.3 b	1,092.9 b	

* Grains (brown rice) were subjected to different temperatures of imbibition; assay was made at 30°C.

**Means followed with the same letter within each column of a temperature treatment are not significantly different by Duncan's New Multiple Range Test ($P=0.05$).

當澱粉分解酶活性以 $\Delta A-620/\text{grain}/\text{hr}$ 為單位表示時，Pegonil 品種的活性於 15°C 浸潤後第 12hr 起即顯著超過臺農 67 號，在 48hr 時為 1.4 倍，72 hr 為 2.5 倍，96 hr 時更高達 2.9 倍(表 3)。品種間在 25°C 溫度處理的差異則較不明顯，例如浸潤後第 48 與 72 hr 的酵素活性相同，第 72 hr 時雖亦以 Pegonil 品種為高，但幅度僅為 1.2 倍。35°C 高溫處理結果與 25°C 處理相似，兩品種間澱粉分解酶活性差異僅見於浸潤後 24 與 96 hr，不僅未如 15°C 處理結果一致，且差異幅度亦較小。Pegonil 品種單一穎果重雖為臺農 67 號之兩倍，但澱粉分解酶活性是否倍加，則明顯受溫度之影響，換言之，大粒型 Pegonil 品種澱粉分解酶在低溫下之合成與活性表現超過臺農 67 號，可能對低溫有較強的適應能力，與浸潤試驗表現相同之結果。

當澱粉分解酶活性以 $\Delta A-620/\text{g grain}/\text{hr}$ 為單位表示時，更能表現 Pegonil 品種對低溫的適應性；Pegonil 穎果以 15°C 低溫浸潤，其酵素活性自 72 hr 起即超過臺農 67 號，但在較高溫條件下，反以臺農 67 號為高(表 3)。此一結果顯示造成澱粉分解酶活性差異的原因並非僅限於粒重本身之作用，穎果內部生理活性在不同溫度下的變異亦為重要影響因子。

為證明低溫時 Pegonil 品種穎果較臺農 67 號更易於表現澱粉分解酶之合成與活性，另外進行試驗，分別於 15、25 與 35°C 浸潤穎果，而後再將同一酵素萃取液分別於三種溫度分析澱粉分解酶的活性；試驗結果(表 4)發現當以 15°C 浸潤 72hr，Pegonil 每一穎果的酵素活性為臺農 67 號的 1.94—2.48 倍，如將浸潤時間延長為 96hr，差異更擴大為 3.24—3.59 倍，但當浸潤溫度提高至 25 或 35°C (分別浸潤 72 與 60hr)，差距大幅縮小為 1.14—1.39 倍，證明與臺農 67 號比較，Pegonil 品種在低溫下有較強

Table 4. Amylase activity of Tainung 67 and Pegonil rice grains as influenced by different imbibition and assay temperatures

Hours of Imbibition	Temperature (°C)		$\Delta A-620/\text{grain}/\text{hr}$			$\Delta A-620/\text{g grain}/\text{hr}$		
	Imbibition	Assay	Tainung 67	Pegonil	Ratio*	Tainung 67	Pegonil	Ratio
72	15	15	0.17 b**	0.33 a	1.94	8.4 a	8.2 a	0.98
	15	25	0.39 b	0.86 a	2.21	18.8 b	21.4 a	1.14
	15	35	0.83 b	2.06 a	2.48	40.3 b	51.0 a	1.27
96	15	15	0.22 b	0.79 a	3.59	10.7 b	19.6 a	1.84
	15	25	0.54 b	1.75 a	3.24	26.3 b	43.5 a	1.65
	15	35	1.37 b	4.53 a	3.31	66.5 b	112.5 a	1.69
72	25	15	5.20 b	6.71 a	1.29	251.6 a	166.9 b	0.66
	25	25	13.60 a	15.98 a	1.18	657.8 a	397.3 b	0.60
	25	35	25.98 a	29.73 a	1.14	1,256.8 a	739.1 b	0.59
60	35	15	8.27 b	11.46 a	1.39	400.1 a	284.9 b	0.71
	35	25	22.02 b	26.49 a	1.20	1,066.3 a	658.5 b	0.62
	35	35	33.03 b	39.98 a	1.21	1,597.9 a	971.2 b	0.61

* Activity of Pegonil variety to activity of Tainung 67.

** Means followed with the same letter within each row between two varieties are not significantly different by Duncan's New Multiple Range Test ($P=0.05$).

的分解澱粉能力，但臺農 67 號在高溫下則可部份克服粒重相差一倍之差異，其相對酵素活性有明顯之提高。如改以單位粒重為基礎表示酵素活性 ($\Delta A-620/g \text{ grain/hr}$)，Pegonil 品種在 15°C 浸潤 96 hr，仍遠臺農 67 號之 1.65—1.84 倍，但 25 與 35°C 時之比值僅及 0.59—0.72，更足以證明 Pegonil 品種在低溫時之優勢表現。

為進一步瞭解溫度對兩個具不同粒重水稻品種秧苗生長的影響，在植物生長箱中以 28/20 及 23/15°C 兩種溫度進行試驗，所得資料列於表 5 及表 6。在較高溫度 (28/20°C) 時 Pegonil 品種幼苗苗高極顯著超過臺農 67 號，播種後 21 日之差異已達 1.8 倍 (表 5)，顯示具有較高的生長勢 (seedling)

Table 5. Comparison on agronomic characters of seedlings between Tainung 67 and Pegonil rice varieties grown at 28/20°C (day/night temperature) in growth chambers*

Character	Variety	Days after Sowing				
		12	15	18	21	24
Plant	Tainung 67	10.4 b**	15.1 b	—	18.0 b	23.7 b
Height (cm)	Pegonil	15.7 a	18.9 a	27.3	32.0 a	41.3 a
Leaf Age	Tainung 67	2.34 a	2.81 a	—	3.72 a	4.66 a
	Pegonil	2.20 a	2.74 a	3.31	3.68 a	4.39 a
Leaf Area (cm ² /seedling)	Tainung 67	1.79 b	3.19 b	—	6.59 b	14.06 b
	Pegonil	3.48 a	6.46 a	10.47	18.26 a	35.80 a
Chlorophyll (mg/g.f.w.)	Tainung 67	3.62 a	3.98 a	—	3.09 a	2.82 a
	Pegonil	3.31 a	2.88 b	3.03	2.84 a	2.99 a
Sol. Protein (mg/g.f.w.)	Tainung 67	59.2 b	54.8 b	—	50.9 a	49.3 a
	Pegonil	66.4 a	68.3 a	59.9	53.8 a	47.1 a
Leaf Fresh Wt. (mg/seedling)	Tainung 67	22.2 b	35.8 b	—	70.9 b	143.4 b
	Pegonil	44.5 a	82.7 a	132.9	220.1 a	421.4 a
Culm Fresh Wt. (mg/seedling)	Tainung 67	41.0 b	58.1 b	—	74.7 b	157.4 b
	Pegonil	91.2 a	106.7 a	180.9	274.8 a	676.2 a
Root Fresh Wt. (mg/seedling)	Tainung 67	25.0 b	31.3 b	—	54.3 b	91.0 b
	Pegonil	59.9 a	66.1 a	90.2	117.3 a	310.4 a
Total Fresh Wt. (mg/seedling)	Tainung 67	94.5 b	118.0 b	—	207.9 b	424.4 b
	Pegonil	195.5 a	255.5 a	404.0	612.2 a	1,408.0 a

* Seedlings were cultured in vermiculate with Hoagland's nutrients containing 100ppm ammonium -N as the sole nitrogen source.

**Means followed with the same letter within each column of an individual character are not significantly different by Duncan's New Multiple Range Test ($P=0.05$).

Table 6. Comparison on agronomic characters of seedlings between Tainung 67 and Pegonil rice varieties grown at 23/15°C (day/night temperature) in growth chambers

Character	Variety	Days after Sowing				
		15	22	30	38	45
Plant	Tainung 67	6.5 b	8.9 b	11.3 b	14.6 b	19.2 b
Height (cm)	Pegonil	9.6 a	14.2 a	18.5 a	27.6 a	38.9 a
Leaf Age	Tainung 67	1.91 a	2.73 a	3.29 b	3.56 b	4.14 b
	Pegonil	2.17 a	2.99 a	3.50 a	4.08 a	4.43 a
Leaf Area (cm ² /seedling)	Tainung 67	1.56 b	3.91 b	7.37 b	10.25 b	16.24 b
	Pegonil	3.90 a	9.17 a	16.11 a	22.73 a	33.46 a
Chlorophyll (mg/g.f.w.)	Tainung 67	2.13 a	2.29 a	1.94 b	1.65 b	1.98 a
	Pegonil	2.45 a	2.52 a	2.66 a	2.34 a	2.28 a
Leaf Fresh Wt. (mg/seedling)	Tainung 67	19.2 b	45.0 b	75.7 b	107.6 b	170.5 b
	Pegonil	49.9 a	115.5 a	217.5 a	341.0 a	595.2 a
Culm Fresh Wt. (mg/seedling)	Tainung 67	33.4 b	67.1 b	91.8 b	122.5 b	203.4 b
	Pegonil	89.6 a	193.2 a	280.4 a	453.3 a	719.8 a
Root Fresh Wt. (mg/seedling)	Tainung 67	22.2 b	34.4 b	69.2 b	80.4 b	113.2 b
	Pegonil	51.3 a	74.5 a	166.0 a	206. b	287.2 a
Total Fresh Wt. (mg/seedling)	Tainung 67	74.8 b	146.5 b	236.7 b	310.5 b	487.1 b
	Pegonil	190.8 a	383.2 a	663.9 a	1,000.9 a	1,602.2 a

* Seedlings were cultured in vermiculate with Hoagland's nutrients containing 100 ppm ammonium -N as the sole nitrogen source.

**Means followed with the same letter within each column of an individual character are not significantly different by Duncan's New Multiple Range Test (P=0.05).

growth vigor)；但葉齡 (leaf age) 表現相同，亦即出葉速率 (leaf emergence rate) 並無差異，Pegonil 品種秧苗較高的主要原因並非葉數多，而係葉鞘與葉片較長所致。

秧苗葉面積與苗高有平行關係存在，品種間的差異在播種後 12 日即達顯著水準，且 Pegonil 品種葉面積超過臺農 67 號一倍以上 (表 5)。如以葉片鮮重表示比葉重 (specific leaf weight)，由表 5 資料得知播種後第 15 日 Pegonil 即高於臺農 67 號，兩品種分別為 12.8 與 11.2 mg/cm²，21 日為 12.1 與 10.8 mg/cm²，可能大粒型 Pegonil 品種幼苗具有較強之自營 (autotrophic) 生長能力；此一假設雖未經測定生長效率 (growth efficiency) 或光合作用速率 (Tsuno and La zimar, 1983) 予以確定，但仍可由葉片生理性狀表現得到部分證明。Pegonil 與臺農 67 號在試驗期間的葉綠素濃度均高，介於 2.82—3.98 mg/gfw 之間，除播種後第 15 日以臺農 67 號較高外，並無顯著差異存在；但葉片可溶性蛋白質濃度則呈現明顯的品種間變異，播種後 12 與 15 日 Pegonil 為 66.4 與

68.3 mg/gfw, 臺農 67 號較低, 分別為 59.2 與 54.8 mg/gfw (表 5), 此一差異至播種後 21 日方未達顯著水準。由於葉片可溶性蛋白質主要由具生理活性之酵素組成, 其中近半量屬 RuBP carboxylase 一種酵素, 且可溶性蛋白質濃度升高時, 分配於 RuBP carboxylase 之比率亦有提高之現象 (Ku et al., 1979; Schmitt and Edwards, 1981; Kura-Hotta et al., 1987), 可能 Pegonil 品種亦具有較高的生理活性。

表 5 同時顯示在 28/20°C 的溫度下生長, Pegonil 秧苗葉片、稈 (主要由葉鞘構成) 與根的鮮重均遠超過臺農 67 號, 播種後 21 與 24 日時之差距並在 2—4 倍之間, 亦即 Pegonil 生長勢不僅表現於秧苗高度, 更能顯示於鮮重之增加。

兩個品種在較低溫條件 (23/15°C) 下秧苗的生長比較列於表 6; 一般而言, 各生長介量的表現趨向與 28/23°C 處理相同, 而品種間的相對差異程度則有增大的趨勢。Pegonil 除株高、葉面積與各器官鮮重均高於臺農 67 號外, 自播種後 30 日起之葉齡與 30 及 38 日之葉綠素濃度亦有較優表現; 第 38 與 45 日 Pegonil 品種葉片鮮重為臺農 67 號之 3.2 與 3.5 倍, 稈鮮重為 3.7 與 3.5 倍, 根部鮮重為 2.6 與 2.5 倍, 顯示在品種間比較, 低溫對臺農 67 號地上部生長的影響大於對根部的作用。

Dat et al. (1978) 研究低溫下水稻秧苗的生長勢表現, 認為半矮性品系的生長勢低於與其遺傳質相近之株高型品系, McKenzie et al. (1980) 雖發現半矮性品系也可能具有稍高 (moderately high) 的秧苗生長勢, 但成株株高仍與幼苗生長勢有正的相關存在; Pegonil 與臺農 67 號之株高相近 (魏與劉, 1984), 但前者在 28/20 或 23/15°C 之秧苗生長勢均高於後者 (表 5、6), 顯示如於品種間進行比較, 成株株高並非秧苗生長勢的決定因子。Li and Rutger (1980) 進行與水稻秧苗生長勢有關性狀的遺傳研究, 指出在較低溫 (18°C) 下粒重與秧苗生長勢有極顯著之正相關 ($r=0.61^{**}$), 與本試驗的結果相符。粒重影響秧苗生長的作用機制為何, 目前仍缺少明確的瞭解, 除上述與澱粉分解酶有關之可能作用外, 由於 Pegonil 在移植後初期之株高伸長速率亦較臺農 67 號為快 (魏與劉, 1984), 可能與碳水化合物之生產及利用有關; Matsushima (1976) 即曾指出, 較高的 C/N 比值有助於提高秧苗活力及移植後之初期生長; 因此有必要針對 Pegonil 與臺農 67 號秧苗之氮素與碳素含量進行瞭解。

為配合生長箱試驗, 又於第一期作低溫環境下測定田間秧苗之農藝與生理性狀, 所得之結果示於表 7。就苗高與葉齡而言, 品種間的表現與生長箱試驗結果相近, Pegonil 品種之苗高自播種後 15 日起即顯著超過臺農 67 號, 唯其數值 (及鮮重) 均遠低於生長箱培育秧苗的表現, 推究其原因應為生長箱試驗之栽植密度較低 (3×3cm) 及養分供應充足所致。兩品種之葉齡相近, 但鮮重及乾重亦以 Pegonil 為優, 顯示在實際栽培環境下, Pegonil 品種具有較強的生長勢。

臺農 67 號秧苗之氮素濃度自播種後 15 至 32 日間有逐漸下降的趨勢, Pegonil 品種則未見一定規律; 兩品種之最高含氮濃度均在 3% 以上, Pegonil 移植時之濃度為 2.94%, 高於臺農 67 號之 2.60%, 雖然 Pegonil 顯果的氮素濃度顯著超過臺農 67 號 (魏等, 1988), 卻未能完全表現於秧苗 (表 7), 應係 Pegonil 乾物重較高, 對氮素濃度產生稀釋作用所致, 但其秧苗總含氮量仍然較多。秧苗之非構造成碳水化合物 (TNC) 濃度資料亦列於表 7, 在播種後 19 日以前, 兩品種之濃度互有高低, 但其後則無顯著差異, 在整個苗期均介於 15—20% 之間。

Matsushima (1976) 認為培育健康的秧苗時應注意提高 C/N 比值, 本試驗中 Pegonil 品種雖能適應低溫環境, 但自播種後 19 日至移植期之間的 C/N 比值均低於臺農 67 號, 尤以移植期的差距 (5.9 與 7.9) 最大, 並不能反應苗期與移植後初期以株高增長為判別標準之生長勢, 可能 C/N 值有其合宜範圍, 不宜以絕對數值差異做為分辨優劣之依據。另一方面, Matsushima (1975) 又建議苗重與苗長比值 (W/L) 為影響秧苗品質的一個重要因子, 並認為短粗 (short and thick) 的秧苗較為健康; 本試驗中兩品種以乾物重為基礎計算而得之 W/L 值均逐漸升高, 臺農 67 號自 0.93 增加至 1.67, Pegonil 自 1.00 增加至 2.00, 品種間比較則以後者為高, 顯示 Pegonil 品種秧苗在快速增長的同時, 亦能累積較多量的乾物質, 應為一優良之農藝與生理特性。

Table 7. Comparison on agronomic characters of seedlings between Tainung 67 and Pegonil rice varieties grown in the field of the first crop season

Character	Variety	Days after Sowing				
		15	19	22	27	32
Plant	Tainung 67	7.2 b*	8.1 b	8.5 b	11.0 b	10.9 b
Height (cm)	Pegonil	13.1 a	13.2 a	14.1 a	15.7 a	16.2 a
Leaf Age	Tainung 67	2.1 a	2.4 a	2.5 a	3.0 a	3.6 a
	Pegonil	2.0 a	2.1 a	2.4 a	2.6 a	3.0 a
Fresh Wt.** (mg/seedling)	Tainung 67	30.3 b	39.1 b	41.2 b	58.0 b	77.7 b
	Pegonil	64.2 a	79.2 a	91.6 a	119.3 a	148.0 a
Dry Wt.** (mg/seedling)	Tainung 67	6.7 b	9.2 b	10.8 b	15.0 b	18.2 b
	Pegonil	13.1 a	16.4 a	19.6 a	29.6 a	32.4 a
N Conc. (%)	Tainung 67	3.14 a	2.94 a	2.69 b	2.55 a	2.60 b
	Pegonil	2.73 b	2.88 a	3.12 a	2.79 a	2.94 a
TNC*** Conc. (%)	Tainung 67	15.33 b	21.28 a	18.62 a	16.52 a	20.53 a
	Pegonil	22.23 a	17.98 b	17.41 a	17.40 a	17.24 a

* Means followed with the same letter within each column of an individual character are not significantly different by Duncan's New Multiple Range Test ($P=0.05$).

** Above-ground portion only.

*** Total nonstructural carbohydrates.

綜合本試驗結果，大粒型水稻品種 Pegonil 秧苗具有較佳的生長勢，即使在低溫環境下，株高與葉面積發展及鮮重與乾物質累積均超過臺農 67 號，且其苗重與苗長比值較高；又秧苗可累積多量氮素，唯全氮與非構造性碳水化合物濃度及C/N比值與臺農67號相當或稍低，不能用以解釋品種間生長勢之差異。Pegonil 品種穎果在低溫（15°C）下浸潤之吸水速率及澱粉分解酶活性高於臺農67號，並與高溫時之表現有異，除顯示此一大粒型品種兩種生理性狀對低溫之適應性外，可能亦為導致較優生長勢的部分原因。由於本試驗材料僅包括兩個品種，尚不能遽予判斷粒重與幼苗生長發育間的確切關係，有待採用多個品種繼續研究予以確定。本省一期作稻培育秧苗及移植後易遭冷害，苗高增長較慢亦為機械移植時常遇之困難，目前相關研究多偏重秧苗受冷害後之存活能力，如能兼顧生長勢之提高，並衡量對粒重型種源之利用性，或可有助於第一期作水稻之栽培。

引用文獻

1. 曾東海、鄧耀宗。1985。水稻秧苗耐寒性之研究。II. 低溫處理前後溫度對耐寒性之影響。中華農業研究 34: 145—153。
2. 魏夢麗、劉大江。1984。不同粒重水稻品種之農藝與生理性狀比較。中華農業研究 33: 363—371。
3. 魏夢麗、郭益全、劉大江。1988。水稻粒重變異對產量及其相關生理性狀間關係之研究。中華農學會報（排印中）。

4. Akazawa, T. 1972. Enzymes of rice. In : Rice-chemistry and technology (D. F. Houston, ed.). Amer. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, Minn.
5. Briggs, D. E. 1961. A modification of the Sandstedt, Kneen and Blish assay of α -amylase. J. Inst. Brew. 67 : 421-431.
6. Chen, C. L., F. J. M. Sung and C. C. Li. 1986. Physiological and genetic studies on seedling vigor in rice (*Oryza sativa* L.). I. Relations between seed weight, seedling respiration rate, and growth of rice seedlings. J. Agri. Assoc. China 135 : 10-16.
7. Dat, T. van, M. L. Peterson and J. N. Rutger. 1978. Performance of rice composites dimorphic for plant height and for pubescence. Crop Sci. 18 : 1-4.
8. Ku, M. S. B., M. R. Schmitt and G. E. Edwards. 1979. Quantitative determination of RuBP carboxylase-oxygenase in leaves of several C-3 and C-4 plants. J. Exp. Bot. 30 : 89-98.
9. Kura-Hotta, M., K. Satoh and S. Katoh. 1987. Relationship between photosynthesis and chlorophyll content during leaf senescence of rice seedlings. Plant Cell Physiol. 28 : 1321-1329.
10. Lee, C. C., C. C. Li and F. J. M. Sung. 1986. Physiological and genetic studies of seedling vigor in rice (*Oryza sativa* L.). II. Inheritances of alpha-amylase activity and seedling vigor in rice. J. Agri. Assoc. China 135 : 17-24.
11. Li, C. C. and J. N. Rutger. 1980. Inheritance of cool-temperature seedling vigor in rice and its relationship with other agronomic characters. Crop Sci. 20 : 295-298.
12. Liu, D. J., C. S. Wang and M. L. Wei. 1987. Effects of nitrate and ammonium nitrogen sources on the seedling growth and root phosphoenolpyruvate carboxylase activity of different crop species. J. Agri. Res. China 36 : 283-295.
13. Lowry, W. M., N. J. Rosebrough, A. L. Farr and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the Fokin phenol reagent. J. Biol. Biochem. 193 : 265-275.
14. Mayer, A. M. and A. Poljakoff-Mayber. 1982. The germination of seeds. pp. 26-28. Pergamon Press, New York.
15. Matsushima, S. 1975. Crop science in rice-theory of yield determination and its application. pp. 47-49. Fuji Publ. Co., Ltd. Tokyo, Japan.
16. Matsushima, S. 1976. High-yield rice cultivation. pp. 205-206. University of Tokyo Press, Tokyo, Japan.
17. Mckenzie, K. S., J. N. Rutger and M. L. Peterson 1980. Relation of seedling vigor to semidwarfism, early maturity, and pubescence in closely related rice lines. Crop Sci. 20 : 169-172.
18. Murata, T., T. Akazawa and S. Fukuchi. 1968. Enzymic mechanism of starch breakdown in germinating rice seeds. I. An analytical study. Plant Physiol. 43 : 1899-1905.
19. Schmitt, M. R. and G. E. Edwards. 1981. Photosynthetic capacity and nitrogen use efficiency of maize, wheat, and rice : a comparison between C-3 and C-4 photosynthesis. J. Exp. Bot. 32 : 459-466.
20. Smith, D. 1969. Removing and analyzing total nonstructural carbohydrates from plant tissue. Wis. Agr. Exp. Sta. Rep. 41, 11p.
21. Tsuno, Y. and Z. Lazimar. 1983. A comparative case study of the respiration of rice plants-both the local and improved varieties at Lampung, Indonesia. Japan J. Crop Sci. 52 : 452-460.
22. Venkateswarlu, B., B. S. Vergara and R. M. Visperas. 1987. Influence of photosynthetically active radiation on grain density of rice. Crop Sci. 27 : 1210-1214.
23. Wintermans, J. F. G. H. and A. De Mots. 1956. Spectrophotometric characteristics of chlorophyll and their pheo phytins in ethanol. Biochem. Biophys. Acta 104 : 448-453.

Temperature and Grain-Weight Effects on the Imbibition and Amylase Activity of Caryopsis and Seedling Growth in Rice¹

D. J. Liu, M. L. Wei and S. F. Lin²

Summary

One large-grain rice variety, Pegonil and one medium-grain variety, Tainung 67 were used in this experiment to study the influence of temperature on the imbibition rate and amylase activity of caryopsis and seedling growth vigor. Weight per grain of Pegonil was two times higher than that of Tainung 67 and thus a higher water uptake rate per grain was observed upon imbibition of the caryopsis. However, the difference in amylase activity per grain was less clear. If the results were expressed on a per unit weight of grain basis, Pegonil variety still showed higher water uptake rate and amylase activity than Tainung 67 at 15°C which were different from the results of higher temperature treatments, indicating special adaptability of the large-grain variety to low temperature. Growth-chamber study at 28/20 and 23/15°C and field study under low temperature of the first crop season showed that plant height, leaf area, soluble protein concentration, and fresh and dry weight of Pegonil seedlings were significantly higher than those of Tainung 67, or a superior seedling vigor was observed. Result of C/N ratio failed to explain the difference in seedling vigor between varieties, whereas higher weight/height ratio, water uptake rate and amylase activity may be used, at least in part, as the mechanism of high seedling vigor of Pegonil variety cultivated under low temperature. Experimental results suggested that a better understanding of the caryopsis and seedling response to temperature by large-grain varieties is meaningful. Furthermore, the use of seedling growth vigor in addition to survival rate in the study of chilling injury on rice might be essential to seedling nursery and adaptation of rice plants after transplanting in the first crop season when low temperature prevails.

-
1. Contribution No. 1414 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported in part by a grant from Council of Agriculture, Executive Yuan, ROC.
 2. Respectively, senior agronomist, research assistant and assistant, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.