

臺灣地區水稻品種植冠截光率及光能利用效率 之育種效應評估¹

羅正宗²

摘 要

羅正宗。2012。臺灣地區水稻品種植冠截光率及光能利用效率之育種效應評估。臺南區農業改良場研究彙報 59：26-35。

本試驗自臺灣地區 1936 ~ 1995 年育成水稻品種逢機選取 25 個為參試材料，探討於不同氮肥施用量處理環境下（0、90、180 kg N ha⁻¹），不同育種年代水稻品種之植冠截光率及光能利用效率的表現，並以各品種之截光率值及光能利用效率值，對其育成年度估算直線回歸，藉以探討不同育種年代間水稻植冠截光率（Light interception, LI）及稻穀產量之光能利用效率（Radiation use efficiency of grain yield, RUEy）之育種效應。試驗結果顯示抽穗前植冠平均截光率之品種間變異較抽穗後及全生育期為高，此種現象在不同氮肥施用量下均有類似的結果。1936 ~ 1995 年育成品種隨育種年代之進展水稻全生育時期植冠截光率呈直線的遞減，顯示老品種具有較高的植冠截光率。這種現象在邁入重肥密植栽培制度後之 1962 ~ 1995 年間，亦呈相同反應，只有 1984 ~ 1995 年來進入提高品質之育種年代後，水稻品種之植冠截光量不再隨育種年代之進展而直線遞減，顯示過去水稻育種年代中，針對植冠截光能力之選拔呈現負的效應。就臺灣過去水稻育種年代中，針對植冠截光能力之選拔呈現負的效應。就臺灣過去水稻育種進程中 RUEy 之實際的育種效應，顯示臺灣地區水稻之 RUEy 值隨育種年代之演進而呈直線的增加，唯此種關係在不施氮肥的環境下則不易顯現出來。

關鍵詞：水稻、植冠、截光能力、光能利用效率、育種效應

接受日期：2012 年 5 月 1 日

前 言

臺灣位居亞熱帶地區，因長年之栽培經驗發展出兩期作之水稻栽培模式。由於兩期作之栽培環境迥異，有些區域在水稻栽培期間光能輻射量於兩期作間相差達三分之一以上^(1,5)，此就水稻之生長適應性而言具有重要意義。因此，過去有許多學者對臺灣地區水稻之第一期作與第二期作的生長、發育以及產量與氣象因子間的關係進行研究。而在葉片生理活性及乾物質生產效率上，曾有學者發現水稻兩期作稻株葉片氮素濃度間並無顯著差異，但是水稻乾

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 392 號。

2. 臺南區農業改良場嘉義分場副研究員兼分場長。

物質生產及產量之效率上卻有所差別⁽³⁾。陳等(1996)認為水稻第二期作之日射量及植冠之光能利用效率對乾物質生產及產量有相當大的決定性⁽⁴⁾。就提高水稻產量與品質之研究而言，水稻植冠截光能力及光能利用效率應是必須考慮之因素⁽¹⁰⁾。田中等(2010)認為水稻生育期間日照不足，降低外觀品質，尤其對穗下位部一次枝梗穀粒之影響較為嚴重⁽⁹⁾。臺灣地區位居熱帶及亞熱帶環境，近年來由於全球氣象變遷，水稻栽培期間氣象因子變化激烈，尤其常導致高溫、低日射量之栽培環境，以致水稻產量及外觀品質無法維持，造成農民損失及消費者對產品之信任度下降。因此，提高我國良質米對日光輻射之截取能力及利用效率，改善因低日射量環境造成產量與品質之下降，為水稻育種工作之重要目標之一。

育種工作者致力於目標性狀及環境適應性之改進，針對育種成果有利用作物品種之遺傳改良的週期性評估作為鑑定的方式^(11,14,15,18)。其目的在探討隨育種年代之進展，目標性狀是否呈現有顯著改進成果。但是在進行週期性評估時，田間試驗多在現行水稻栽培管理方式下進行，此與老舊品種在育成過程中受選時的環境可能不同，則受評估性狀之潛在表現能力並不能完全顯現⁽¹⁵⁾。因此，本試驗探討過去臺灣地區育成的水稻品種，其植冠截光能力及光能利用效率是否隨育種年代之進展而有顯著效果，依臺灣過去及現今栽培制度條件，採用不同氮肥施用等級進行試驗，對過去七十年來臺灣地區育成的梗稻品種進行植冠截光能力及光能利用效率之分析；以期瞭解不同育種年代下所選育出的水稻品種，其植冠截光能力及光能利用效率的變異性，作為水稻光能利用效率等性狀改良之育種工作的參考。

材料與方法

一、試驗材料

依臺灣地區 1936 ~ 1995 年育成梗稻品種中逢機取出 25 個品種供試(表 1)。

二、氮肥處理

氮肥施用量分為：1. 無氮肥，2. 每公頃 90 公斤氮素，3. 每公頃 180 公斤氮素共三個處理等級。氮肥(硫酸銨)之施用則分為整地時之基肥、分蘖始期之追肥及幼穗分化期之穗肥三次平均施用。各處理於基肥施用時，另全量施用每公頃 P_2O_5 ：50 公斤及 K_2O ：40 公斤。田間雜草防除以除草劑行之，病蟲害之防治與灌溉作業依實際需要而進行。

三、田間佈置

採裂區設計，以氮肥為主區試因，品種為副區試因；主區之佈置採隨機完全區集設計(RCBD)，重複三次；每一副區 20 行，每行 20 叢，行株距 25 × 20 公分。

四、田間調查方法

本研究依羅和林(2000)所述之程序⁽⁷⁾，藉植冠分析儀測定每一副區內水稻植冠之日光輻射截光率(LI)。並以全天空輻射計測定稻株生育期間每日之入射日射量($MJ\ m^{-2}$)。

五、水稻植冠日光輻射截取率與累計的日射截取量(Lisum)之估算

在各副區定期測得的植冠截光率(LI_t)先藉由時間(t, 移植後日數)的二至四次多項式($f(t) = \beta_0 + \beta_1^t + \dots + \beta_q^t, q = 2, 3, 4$)進行平滑處理(smoothing)，據之逐日推估每日之截光率，並以每日之截光率與當日入射於植冠之日射量的乘積，作為植

冠在該日之日射截取量；累積自移植（T）至成熟收穫（M）的整個生育期間之截取量即為累計之日射截取量（ $LISUM_{T-M}$ ）：

$$LISUM_{T-M} = \sum (LI_t \times R_t)$$

其中， LI_t 為各副區移植後第 t 日的截光率， R_t 為第 t 日之入射日射量。

六、植冠截光效率（light interception efficiency, LIE）之估算

$$LIE_t = LI_t / LAI_t$$

LI 及 LAI 各為移植後第 t 日植冠之截光率及葉面積指數，另， $MLIE$ 代表某一生長期間之平均截光效率。

七、產量之光能利用效率（ RUE_y ）的分析（ $g \cdot MJ^{-1}$ ）

即作物植冠吸收的日射量轉換成稻穀產量的效率。

即：

$$RUE_y = Yield / LIsun$$

其中， $Yield$ 為稻穀產量（ $g \cdot m^{-2}$ ）， $LIsun$ 即為全生育期間累計的日射截取量（ $MJ \cdot m^{-2}$ ）。

八、育種效應評估

以各品種之截光率值及光能利用效率值，對其育成年度估算直線回歸，藉以探討不同育種年代間水稻截光率及光能利用效率之育種演進。

結 果

一、氮肥施用量對水稻植冠截光率之效應

本試驗利用平滑處理推估每一副區之每日截光率，依田間水稻之生育進度估算不同生育階段之植冠平均截光率，包括自插秧至抽穗期之平均截光率（ MLI_{T-H} ）、抽穗期至成熟期之平均截光率（ MLI_{H-H} ）及全生育期之平均截光率（ MLI_{T-H} ）（表 2）。其中在不同氮肥施用量下（0, 90, 180 kg N ha⁻¹）25 個品種之 MLI_{T-H} 的平均值與變異係數分別為 0.286（22.38%），0.374（20.86%）及 0.414（18.84%）。 MLI_{H-H} 則分別為 0.730（10.00%），0.828（10.99%）及 0.864（9.38%）。而 MLI_{T-H} 則分別為 0.415（11.08%），0.506（12.85%）及 0.544（11.40%）。顯示不同生育期之平均截光率，隨氮肥施用量之增加而提高；在抽穗前植冠平均截光率之品種間變異較抽穗後及全生育期為高，此種現象在不同氮肥施用量下均有類似的結果。

二、水稻植冠截光率之育種效應

本試驗探討 1936 ~ 1995 年間臺灣地區育成的水稻品種，其植冠截光能力是否隨育種年代之進展而有顯著的效果時，採用每公頃 0, 90, 180 公斤氮素三等級處理量進行試驗。分別以各年代品種之平均截光率（ MLI ）值與相對應之育成年代探求彼此的直線關係，以探討不同育種年代間水稻 MLI 之遺傳演進，結果列示於表 3。由試驗結果發現：1936 ~ 1995 年育成品種隨育種年代之進展水稻全生育時期植冠截光率呈直線的遞減，這種現象在邁入重肥密植栽培制度之 1962 ~ 1995 年間亦呈相同反應，只有在 1984 ~ 1995 年進入提高品質之育種年代後，水稻品種之植冠截光量不再隨育種年代之進展而直線遞減。顯示過去水稻育種年代中，針對植冠截光能力之選拔呈現負的效應，也顯示

過去老品種具有較高的截光率。但是在 0 公斤氮肥處理等級下，截光量遞減的程度均不及施氮肥的處理為大，顯示新品種在氮肥施用的環境下，其截光率之表現相對比在不施氮肥下為高。相對過去七十年來水稻 MLI 之研究結果，臺灣地區育成的水稻品種之植冠截光效率 (*MLIE*) 隨育種年代演進而增加或遞減的情形並不明顯，顯示過去老品種即使具有較高的截光率，但截光效率並無高於新近品種。本試驗中亦發現：在水稻不同育種年代中，植冠截光率育種效應並未隨育種年代之進展而顯著改變。

三、氮肥施用量對水稻植冠截光量與光能利用效率之影響

本試驗之結果顯示氮肥施用對水稻全生育期植冠累計日射截取量 (*LISum*) 有明顯的效果 (表 4)，90 公斤及 180 公斤氮素施用量處理下之水稻的 *LISum*，比不施氮肥處理者為高，而 180 公斤氮素處理平均植冠 *LISum* 雖較 90 公斤處理者為高，但差異不明顯。另就不同育種年代而言，在各種氮肥等級處理中，植冠 *LISum* 差異間均不明顯。另外在水稻穀粒產量之光能利用效率 (*RUEy*) 的分析上，我們可以發現在不施氮肥的環境下，三個不同育種年代的品種群，其 *RUEy* 之表現間均無明顯差異，但是氮肥的施用對 *RUEy* 表現之效應則因育種年代不同而有差異。其中在新近兩個水稻品種群 (1962 ~ 1983, 1984 ~ 1995) 中可以發現，其 *RUEy* 值會因氮肥施用而明顯提高。老舊品種群 (1935 ~ 1961) 之 *RUEy* 值在 90 公斤氮素處理條件下有提升的表現，但在 180 公斤等級下則又呈現下降的情形。另由表 4 中亦發現：在不同氮肥施用量下，新舊品種群間之植冠截光量及光能利用效率之變異係數並無明顯差異。

四、水稻植冠截光量及光能利用效率之育種效應

就臺灣 1936 ~ 1995 年之水稻育種進程中 *LISum* 及 *RUEy* 之實際的育種效應，顯示臺灣地區水稻之 *LISum* 及 *RUEy* 值隨育種年代之演進而呈直線的增加 (表 5)，唯 *RUEy* 之此種關係在不施氮肥的環境下則不易顯現出來。相較於 1936 ~ 1995 年育成品種的情形，在 1962 ~ 1995 年顯示需在氮肥施用環境下，水稻 *RUEy* 值之育種效應才會呈現直線的增加，在無氮肥施用的環境下則不易顯現出來；其次，*LISum* 在不同氮肥施用量條件下，育種效應均呈現直線的增加。相較於過去多年之演進，在 1962 ~ 1995 年臺灣地區育成的水稻品種之 *LISum* 及 *RUEy* 值似乎均未有隨育種年代之進展而顯著地提高，顯示在 1962 ~ 1995 年水稻 *LISum* 及 *RUEy* 之育種效應並未有顯著地效果。由表 5 中我們發現在過去六十年及三十年間，水稻 *LISum* 及 *RUEy* 之育種效應在不同氮肥施用量下多呈隨育種年代演進而直線增加，但增加之效應 (斜率) 則會因氮素施用量增加而提高。

討 論

一般禾穀類作物植冠對日光輻射之截取能力多於抽穗期前後達到最高^(2,8,16,19,20)。在抽穗期之前，植冠截光率隨生育之進展而呈直線增加，而在抽穗期之後則保持穩定或稍稍降低。Kuroda and Kumura (1990) 認為水稻在穀粒充實期之植冠截光率沒有明顯的品種變異性，但抽穗前之截光率則品種間差異明顯⁽¹³⁾。就本試驗參試的 25 個品種而言，抽穗前的植冠平均截光率之品種間變異隨氮肥施用量之增加而降低，抽穗後及全生育期則較穩定，顯示氮肥的施用對水稻生育初期截光率之增加速度具有顯著地效應。Rego *et al.* (1998) 指出：氮素

缺乏對作物截光能力之影響更大於對光能利用效率之影響，因氮素施用量之不足造成產量下降是因植冠截光量不足所致⁽¹⁶⁾。在本試驗中亦發現氮肥施用除對截光率之增加有促進效應外，對不同生育期之平均截光率亦有提高的效應（表 2）。Wright *et al.*（1993）認為氮肥施用對作物植冠截光率之效應，主要是因為提高植冠葉面積所致，氮肥不足會導致葉面積擴展速度變慢，使全生育期平均截光率下降。相對地，因氮素缺乏而使截光率下降，將導致累計日射截取量較低。羅、林（2007）之研究中顯示水稻植冠之最大截光率到達時間，比最大 LAI 到達之時間為早⁽⁸⁾。所以當水稻植冠截光率到達封合（canopy closure）或最大值後，其 LAI 仍有可能再提高，而 LAI 即使再提高其植冠截光率亦保持穩定。在日本水稻的研究中亦發現新舊品種於抽穗後穀粒充實期間，其植冠對光能的截取差異不明顯，但新品種的單葉光合作用速率較高⁽¹³⁾。

在本試驗發現隨育種年代之進展，水稻全生育時期植冠截光率呈直線的遞減，顯示老品種具有較高的植冠截光率。這種現象在邁入重肥密植栽培制度的 1962 ~ 1995 年間，亦呈相同反應，只有在進入提高品質之育種年代後（1984 ~ 1995 年），水稻品種之植冠截光量不再隨育種年代之進展而直線遞減。顯示過去水稻育種年代中，針對植冠截光能力之選拔呈現負的效應，也顯示過去老品種具有較高的截光率。但是在 0 公斤氮肥處理等級下，截光量遞減的程度均不及施氮肥的處理為大，顯示新品種在氮肥施用的環境下，其截光率之表現相對比在不施氮肥下為高。萬和王（1970）指出：直立性葉片是臺灣地區水稻理想型性狀之一⁽⁶⁾，早期水稻品種具有水平生長的葉片，因此，植冠對日光輻射之截取能力較強。Tsunoda（1962）認為耐肥及適於密植的水稻品種都具有短而直立的葉片^(cf.12)。而由研究結果均可發現，老品種之截光率較新品種為大。這純粹是針對植冠對日光輻射之截取率分析而言，但是若探討其與作物生長關係而言，Donald（1968）認為作物品種之植冠截光效率（LIE）遠比截光率重要⁽¹²⁾。

相對過去水稻 MLI 之研究結果，臺灣地區育成的水稻品種之植冠截光效率（MLIE）隨育種年代演進而增加或遞減的情形並不明顯，顯示過去老品種即使具有較高的截光率，但截光效率並無高於新近品種。本試驗中亦發現：在水稻不同育種年代中，植冠截光率育種效應並未隨育種年代之進展而顯著改變，顯示新舊品種之植冠截光效率表現相近。因此，在本試驗的結果中，有兩點值得我們深入探討：即早期品種具較高截光率，因此截取較高的日光輻射是否能表現於乾物質生產或產量上；抑或者是因其具有較高的 LAI 及水平生長的葉片，導致葉片重疊遮陰較嚴重，形成較多的寄生葉，以致降低其所截取光能的利用效率，此值得進一步探討。

本試驗之結果顯示氮肥施用對水稻全生育期植冠累計日射截取量（*LISum*）有明顯的效果，而氮肥的施用對 *RUEy* 表現之效應則因育種年代不同而有差異。在新近兩個水稻品種群（1962 ~ 1983，1984 ~ 1995）之 *RUEy* 值會因氮肥施用而明顯提高。老舊品種群（1935 ~ 1961）之 *RUEy* 值在 90 公斤氮素處理條件下有提升的表現，但在 180 公斤等級下則又呈現下降的情形。Kuroda and Kumura（1990）認為水稻新品種具較直立的葉片及較高的 CO₂ 交換速率⁽¹³⁾。Saitoh *et al.*（1990）亦指出老舊水稻品種會因葉片水平生長而互相遮陰，致使寄生葉產生而不利乾物質之生產⁽¹⁷⁾。在試驗期間，由田間實際觀察亦可發現老舊品種在高氮肥（180 公斤）處理環境下，除其葉片呈現較水平生長外，亦常伴隨倒伏發生。耐肥及適於密植的水稻品種，都具有短而強的莖稈以及短而直立的葉片。臺灣地區早期育成的水稻品種之生產穩定性，可能隨施肥量及栽植密度之提高而減低，主要是因為早期育成的品種未能充

分適應重肥密植的栽培環境所致，1960 年代以後各試驗場所之水稻雜交後代選拔環境改在重肥環境下選育，以提高水稻品種之重肥適應性⁽⁵⁾。綜而言之，老品種在不同氮肥施用量下均有較高之植冠截光量，但光能利用效率卻遠比新品種為低，尤其在高氮肥施用量下特別明顯。

在本試驗中探討過去臺灣地區育成的水稻品種，其穀粒產量之光能利用效率是否隨育種年代之進展而有顯著地效果，試驗結果顯示老舊品種之 RUE_y 的表現會因氮肥施用而提高，而此僅在氮肥量 90 公斤等級下；若氮肥量為 180 公斤等級，則老舊品種會因 1. 植冠內葉片互相重疊遮陰，寄生葉增加不利生長及 2. 穀粒充實期間稻株倒伏，因而降低 RUE_y 值。由表 5 中我們亦可了解，過去水稻 RUE_y 會隨氮肥之施用而明顯地呈現其育種效果，顯示隨育種年代之進展水稻 RUE_y 值呈直線增加。事實上如前面所提及：水稻新舊品種更替過程中，新品種之每穗穎花數及粒重均提高，致使水稻積儲 (sink) 能力及收穫指數明顯增大；另由於穗數增多、株型矮化、葉片直立等特性^(21,22)，均提高新品種之穀粒生產量及抗倒伏性。因此，就 RUE_y 而言，1936 ~ 1995 年間之水稻育種效應是呈現顯著的直線增加，但在 1984 ~ 1995 年間之水稻品種選育過程則未明顯呈現此一效應。

表 1. 試驗供試材料

Table 1. Varieties used in this study

Code	Variety		Release	
	Name	Locality	Year	
1	Kaohsiung10	Kaohsiung	1936	
2	Taichung65	Taichung	1936	
3	Chianan8	Chiayi	1941	
4	Kwangfu1	Chiayi	1947	
5	Hisnchu56	Hisnchu	1953	
6	Chianung242	Chiayi	1956	
7	Taichung180	Taichung	1961	
8	Tainan5	Chiayi	1965	
9	Taipei309	Taipei	1965	
10	Taitung27	Taitung	1972	
11	Tainan6	Chiayi	1975	
12	Taitung28	Taitung	1977	
13	Tainung67	Taichung	1978	
14	Kaohsiung141	Kaohsiung	1980	
15	Hisnchu64	Hisnchu	1981	
16	Taichung189	Taichung	1983	
17	Tainan9	Chiayi	1985	
18	Tainung70	Chiayi	1985	
19	Taichung190	Taichung	1986	
20	Kaohsiung142	Kaohsiung	1987	
21	Taiken6	Hualien	1990	
22	Taiken8	Chlayi	1991	
23	Taiken10	Kaohsiung	1993	
24	Taiken11	Hualien	1993	
25	Taiken15	Changhua	1995	

表 2. 25 個品種在不同期作及氮肥施用量下植冠截光率之平均值與變異係數

Table 2. Varietal mean and coefficient of variation of the mean light interception rate of the 25 tested varieties, measured each of the four crop seasons with three application rates of nitrogen

N rate (kg ha ⁻¹)	<i>MLI</i> _{T-H} ⁺	<i>MLI</i> _{H-M}	<i>MLI</i> _{T-M}
0	0.286 (22.38 [*])	0.730 (10.00)	0.415 (11.08)
90	0.374 (20.86)	0.828 (10.99)	0.506 (12.85)
180	0.414 (18.84)	0.864 (9.38)	0.544 (11.40)

⁺ *MLI*_{T-H}, *MLI*_{H-M} and *MLI*_{T-M} denote the mean light interception rate during the periods from transplanting to heading, from heading to maturity, and from transplanting to maturity, respectively

^{*} numerals in parenthesis are coefficient of variation (%)

表 3. 不同育種年代之水稻品種其植冠平均截光率及截光效率的育種效應估值

Table 3. Breeding effects in the mean light interception rate (*MLI*) and mean light interception efficient (*MLIE*) over the whole growth period of rice varieties released during various breeding eras

N rate (kg ha ⁻¹)	breeding era 1935to 1995		breeding era 1962 to 1995		breeding era 1983 to 1995	
	<i>MLI</i> (yr ⁻¹)	<i>MLIE</i> (yr ⁻¹)	<i>MLI</i> (yr ⁻¹)	<i>MLIE</i> (yr ⁻¹)	<i>MLI</i> (yr ⁻¹)	<i>MLIE</i> (yr ⁻¹)
0	-0.00057 ^{**}	0.00008	-0.00140 ^{**}	0.00070	-0.002170	0.00083
90	-0.00038	0.00008	-0.00099	0.00101	0.000916	-0.00120
180	-0.00065 ^{**}	0.00032	-0.00141 ^{**}	0.00081	0.000740	0.00118

⁺ estimate of the slope in the regression of *MLI* and *MLIE* of a variety on the year in which the variety was released.

^{*} and ^{**} denote slope significantly different from zero at P<0.05 and P<0.01, respectively.

[#] Analysis done on *MLI* and *MLIE* across the four crop seasons.

表 4. 不同育種年代之水稻品種在不同氮肥施用量下植冠截光量及產量光能利用效率之平均值與變異係數

Table 4. Mean and coefficient of variation of the *Lisum* and *RUEy* by the rice varieties released during various breeding eras, measured in each of the four crop seasons with three application rates of nitrogen

Released era	N rate (kg ha ⁻¹)					
	0		90		180	
	<i>Lisum</i> (MJ m ⁻²)	<i>RUEy</i> (g MJ ⁻¹)	<i>Lisum</i> (MJ m ⁻²)	<i>RUEy</i> (g MJ ⁻¹)	<i>Lisum</i> (MJ m ⁻²)	<i>RUEy</i> (g MJ ⁻¹)
1935-1961	952 (13.55)	0.315 (33.02)	1,146 (11.69)	0.389 (19.28)	1,246 (10.35)	0.260 (31.92)
1962-1982	958 (13.99)	0.323 (32.82)	1,147 (12.12)	0.453 (22.96)	1,236 (10.76)	0.428 (27.57)
1983-1995	889 (14.85)	0.326 (30.98)	1,100 (13.45)	0.484 (21.48)	1,171 (11.61)	0.505 (26.14)

⁺ numerals in parenthesis are coefficient of variation (%)

表 5. 不同育種年代之水稻品種在不同氮肥施用量下育種效應估值

Table 5. Breeding effects in *Lisum* and *RUEy* of rice varieties for 1935 to 1995 released, measured during four crop seasons and under three application rates of nitrogen

N rate (kg ha ⁻¹)	breeding era 1935 to 1995		breeding era 1962 to 1995		breeding era 1983 to 1995	
	<i>Lisum</i>	<i>RUEy</i>	<i>Lisum</i>	<i>RUEy</i>	<i>Lisum</i>	<i>RUEy</i>
	(MJ yr ⁻¹)	(g MJ ⁻¹ yr ⁻¹)	(MJ yr ⁻¹)	(g MJ ⁻¹ yr ⁻¹)	(MJ yr ⁻¹)	(g MJ ⁻¹ yr ⁻¹)
0	-1.2607**	0.00036	-3.1380**	0.00059	-1.1440	-0.00027
90	-0.8388*	0.00132**	-2.0045	0.00228**	3.4116	0.00376
180	-1.5095**	0.00212**	-3.2112**	0.00422**	4.7362	0.00544

*, ** slope significantly different from zero at P < 0.05 and P < 0.01, respectively

Analysis done on *Lisum* and *RUEy* across the four crop seasons

引用文獻

1. 李裕娟、楊純明。1999。田間水稻葉綠素含量與生長之關係。中華農業研究 6(4)：191-200。
2. 林安秋。1978。一、二期作水稻群落光合作用之比較。In. 臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集。pp.85-90。謝順景、劉大江編。行政院國家科學委員會。
3. 周瑞國、陳清義。1978。一、二期作水稻數種生理特性之比較研究。In. 臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集。pp.113-122。謝順景、劉大江編。行政院國家科學委員會。
4. 陳烈夫、魏夢麗、鄭統隆、廖大經、陳正昌、曾東海、劉大江。1996。台灣水稻產量的一些生理問題。稻作生產改進策略研討會專刊 pp.79-88。台中。
5. 楊方平、鄧耀宗、許東暉。1967。水稻雜交後代在重肥分離選育效果之比較。中華農業研究 16(1)：35-41。
6. 萬雄、王光。1970。作物理想型的育種。科學農業 16(1.2)：1-10。
7. 羅正宗、林俊隆。2000。利用植冠分析儀測定水稻葉面積指數之標準規範，中華農藝 10：13-21。
8. 羅正宗、林俊隆。2007。氮肥施用量及栽植密度對水稻植冠截光能力及光能利用效率之影響。臺南區農業改良場研究彙報 49：35-48。
9. 田中明男、若松謙一、大內田真。2010。暖地早期水稻における日照不足が玄米品質に及ぼす影響。日作九支報 76：9-11。
10. 自岩立彦、川崎洋平、本間香貴。2011。作物群落の日射利用効率の推定。日作紀 80：360-364。
11. Cox, T.S., J.P. Shroyer, Liu Ben-Hui, R.G. Sears, and T.J. Martin. 1988. Genetic improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987. Crop Sci. 28:756-760.
12. Donald, 1968. The breeding of plant ideotype. Euphytica 17:385-403.
13. Kuroda, E., and A. Kumura. 1990. Difference in single leaf photosynthesis between old and

- new rice varieties II. A physiological basis for the difference in stomatal conductance between varieties. *Jpn. J. Crop Sci.* 59(2):293-297.
14. Ortiz-Monasterio R, J.I., R.J. Pena, K.D. Sayre, and S. Rajaram. 1997a. Cimmyt' s genetic progress in wheat grain quality under four nitrogen rates. *Crop Sci.* 37:892-898.
 15. Ortiz-Monasterio R, J.I., K.D. Sayre, S. Rajaram, and M. McMahon. 1997b. Genetic progress in wheat yield and nitrogen use efficiency under four nitrogen rates. *Crop Sci.* 37:898-904.
 16. Rego, T.J., J.L. Monteith, P. Singh, K.K. Lee, V.N. Rao, and Y.V. Srirama. 1998. Response to fertilizer nitrogen and water of post-rainy season sorghum on a vertisol. 1. Biomass and light interception. *J. Agric. Sci. Cam.* 131:417-428.
 17. Saitoh, K., H. Shimoda, and K. Ishihara. 1990. Characteristics of dry matter production process in high yielding rice varieties II. Comparisons among two early and three medium varieties. *Jpn. J. Crop Sci.* 59(2):303-311.
 18. Siddique, K.H.M., R.K. Belford, M.W. Perry and D. Tennant. 1989. Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a mediterranean-type environment. *Aust. J. Agric. Res.* 40:473-487.
 19. Sinclair, T.R. and R.C. Muchow. 1999. Radiation use efficiency. *Advances in Agronomy* 65:215-265.
 20. Sayre, K.D., R.P. Singh, J. Huerta-Espino, and S. Rajaram. 1998. Genetic progress in reducing losses to leaf rust in cimmyt-derived mexican spring Wheat cultivars. *Crop Sci.* 38:654-659.
 21. Takeda, T., M. Oka, and W. Agata. 1983. 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. *Jpn. J. Crop Sci.* 52:299-306.
 22. Takeda, T., M. Oka, and W. Agata. 1984. Characteristics of dry matter and grain production of rice cultivars in the warmer part of Japan II. Comparison of production between old and new types of rice cultivars. *Jpn. J. Crop Sci.* 53:12-21.
 23. Wright, G.C., M.J. Bell, and G.L. Hammer. 1993. Leaf nitrogen content and minimum temperature interactions affect radiation use efficiency in peanut. *Crop Sci.* 33:476-481.

Breeding Effects of the Light Interception and Radiation Use Efficiency of the Rice Varieties Released in Taiwan¹

Lo, J. C.²

Abstract

A total of 25 varieties randomly selected from the collection of rice varieties released in Taiwan during the 1936-1995 year were used to conducted field experiments with different nitrogen application rates (0、90、180 kg N ha⁻¹) to investigate the breeding effects of the mean light interception (MLI) and radiation use efficiency (RUEy) of the rice canopy. The result shows that the MLI value of rice canopy from transplanting to heading (MLI_{T-H}) were significantly different than from heading to maturity (MLI_{H-M}) and full growth period (MLI_{T-H}) among the test varieties. When grown with no nitrogen fertilizer or with 180 kg nitrogen per hectare, the MLI of the test varieties showed a clear decreasing trend over the varieties were released during the 1936-1995 year. In other words, the older varieties showed higher MLI but not higher light interception efficiency (LIE), i.e., the ratio of MLI to LAI (leaf area index). The varieties released in recent years showed higher RUEy when were fertilized with more nitrogen. But, the reverse was true for the old varieties. In general, the test varieties showed an increasing time trend of RUEy in respect to their breeding era. This trend was absent when these varieties were grown with no nitrogen fertilizer.

Key words : Rice, Canopy, Light Intercepted, Radiation Use Efficiency, Breeding Effect

Accepted for publication : May 1, 2012

1. Contribution No. 392 from Tainan District Agricultural Reseach and Extension Station.

2. Associate Agronomist & Head, Chiayi Branch, Tainan DARES.