環境與稻作生產
第四章　光環境對稻作生產之影響
53 - 67, 1999

第四章　光環境對稻作生產之影響

蔡金川
臺灣省農業試驗所農工系

摘要 ---------- 54
壹、前言 ---------- 54
貳、光強度、光質對水稻光合作用及其相關生理特性之影響 ---------- 55
參、光環境對水稻乾物質生產之影響 ---------- 61
肆、結語 ---------- 64
伍、引用文獻 ---------- 65
英文摘要(ABSTRACT)---------- 67

第四章　光環境對稻作生產之影響

蔡金川
臺灣省農業試驗所農工系

摘　要

本文主要探討兩部份：1.光強度、光質對水稻光合作用及其相關生理特性之影響。2.光環境（受光態勢、遮光）對乾物質生產之影響。第 1 部份在於說明光強度與水稻光合作用之關係，乃呈現雙曲線關係。水稻的氣孔抵抗因光能量的增加，出現指數函數減少的趨勢。水稻亦具有 Emerson 的增進效果現象，即光 I（大於約 685nm 長的波長）與光 II（小於約 685nm 的短波長）同時照射的光合作用速率，比這些光單獨照射的（光合作用速率）還大。第 2 部份是探討水稻株型會影響群落之受光能率，葉片直立，短等理想株型有利於群落之受光能率。另外，水稻生育過程中，減數分裂期及乳熟、糊熟期若遇寡日照（遮光），不利於乾物質生產與產量。

關鍵詞：光強度、光合作用速率、株型、遮光、乾物質生產、產量。

壹、前　言

太陽光是地球上生物生存及活動的能量來源，也是植物進行光合作用的能源。農業氣象資源中所指的光資源，包括了光合作用直接利用的可見光以及具有間接農業意義的紅外線、紫外線在內的全部太陽輻射能。太陽輻射對植物的作用，表現爲輻射的熱效應，輻射的光合作用效應和輻射的光形態效應。在農業氣候分析中，當前主要討論的是輻射的光合作用效應部份。作物的生長發育和產量形成，首先取決于太陽輻射。生物學產量（包括根、莖、葉、果實、種子等）的 90%以上，是在光合作用過程中形成的初級合成產物，即由光合作用從太陽光的物理能量轉爲化學能量（光能利用率）。土壤無機物形成的乾物質只占 5-10%，單位面積上產量的高低，取決于固定太陽能量。要提昇農業產量，最基本的一環就是研究如何提高光能的利用率。

農業光資源的分析，包括光強度（light intensity）、光質（light quality）及光時（light duration）。這是光對植物生長、生產起作用的三個基本要素。光分爲自然光（太陽光）與人工光（亦是太陽光的一類）。這裡要探討的是自然光與稻作生產之關係，主要論述光環境對水稻光合作用、乾物質生產的影響，及如何應用於提高稻作生產。

貳、光強度、光質對水稻光合作用及其相關生理特性之影響

1. 光強度對水稻的光合作用速率及光利用效率之影響

光強度與水稻的光合作用之關係，與其他作物同樣會出現雙曲線。全無光的條件下由於暗呼吸因有 CO_2 的放出，光合作用量呈現負值，隨著光能量的增加，CO_2 放出量則減少，由於呼吸與光合作用的吸收相同量，即 CO_2 的收支爲零，此情況下謂之光補償點（圖一）。由此光能量強則 CO_2 吸收量急速增加，不久對於光的增加，其吸收量的增加則緩慢，光再增加而 CO_2 吸收量則處於不增的狀態。這謂之光飽和現象。這樣的關係，如下式的雙曲線可作說明。

$$P=(bI/I+aI)-r$$

P---CO_2 吸收量

r ---呼吸量

I---光能量

a,b---常數

依據這種關係，CO_2 吸收量與給予的光能強度之比率，所表示的光能之利用效率，在光的弱條件下，表示高值，隨著光強度提高，則大幅度的降低（圖二）例如水稻葉片的表面與背面之間的光合作用能力相差不大，葉片的表背之單一面受全量的光照射，不如一半的光能量照射兩面所得的光合作用量（松島等, 1960）。這表示同量的光能，亦是弱光照射的效率爲優。如上所述爲光強與光能利用效率的關係。

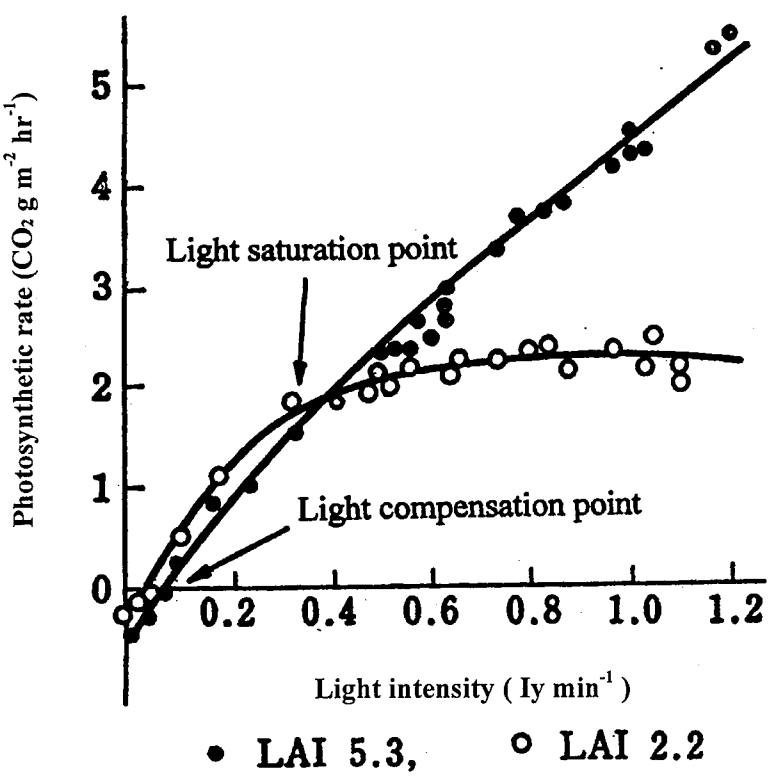


Fig. 1. Light intensity and photosynthetic rate in rice community underdifferent LAI. (Adapted from Tanaka, 1972)

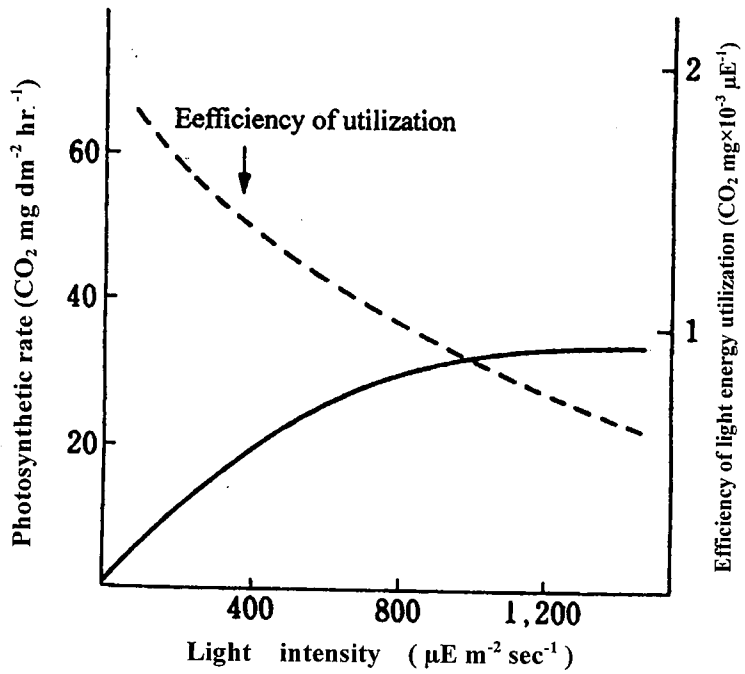


Fig. 2. Relationship between light intensity and photosynthetic rate and efficiency of light utilization in rice. (adapted from Ishihara, 1987)

2. 光強度對水稻的光合作用、蒸散及氣孔張閉之影響

有關 CO_2 的擴散過程裡，氣孔的開度是因光的強度而變化。大氣中通常的 CO_2 濃度之下，暗黑時氣孔閉，光強度提高時急速的開孔。一般露地條件下光能量與氣孔的開度之間，出現飽和曲線之關係(Dale, 1961；Totsuka, 1963)。水稻的情況亦是氣孔抵抗因光能量的增加，呈現指數函數減少趨勢，短波放射強度於 0.6 calcm^{-2}min^{-1} 附近成爲最小值，如再高的光強度幾乎不會有變化（圖三）。氣孔抵抗最小的話，這時光能量會比光合作用速率最大值時的光能量還小（戶塚, 1972）。因此濕度充分高時的適宜條件下，則 CO_2 擴散過程對於光－光合作用關係的影響，比光化學系或暗反應系小。而光合作用速率的變化情況與蒸散速率較爲類似。

光－光合作用之關係，因水稻的生理因素或其他環境因子而變化。弱光下的光能利用效率，關於光化學系的因子，例如生育時期（石原等, 1987）、葉位（Akita *et al.*, 1968：佐藤、金，1980），葉綠素含量的不同而有所差異，一般是高葉位或葉綠素含量高的葉，則光能利用效率亦高。另一方面，較強的光條件下，光合作用速率，亦與葉的氮素含有率有關連，特別是 Fraction I 蛋白質（含有 RuBP Carboxylase）的含有率之間具有高的相關關係（內田等, 1982）。CO_2 是光合作用暗反應系的基質，大氣中的 CO_2 濃度對於光－光合作用之關係具有強的影響。高 CO_2 濃度條件下，會提高光飽和點值，同時光飽和下的光合作用速率亦會升高（黑田, 1971）。關於溫度條件，低溫條件下的光合作用速率降低，而光－光合作用曲線會出現不飽和型的趨勢，比適溫更高的溫度條件下，由葉溫的上昇等之關係，可推測畫出最適值型的曲線。

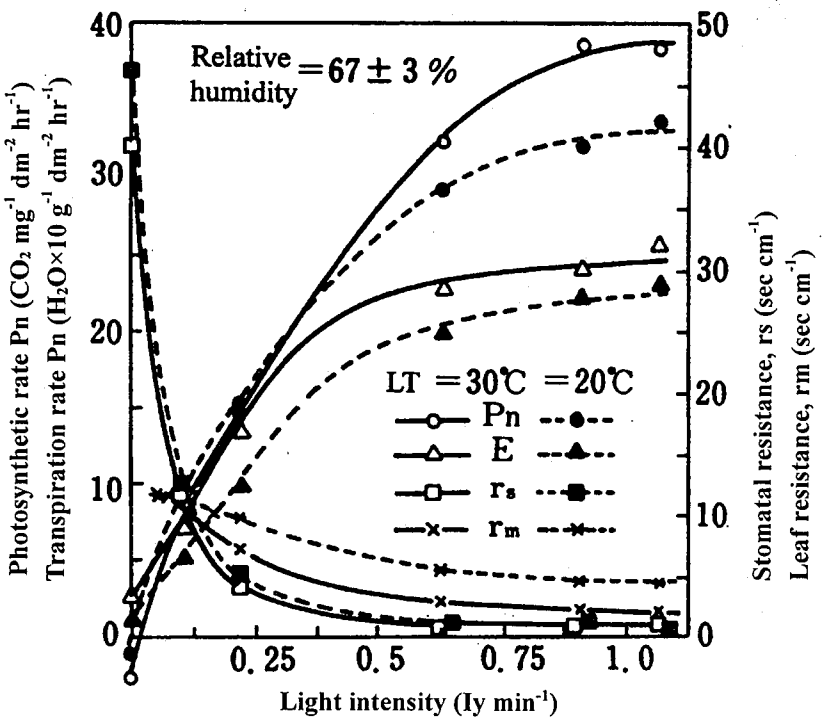


Fig.3. Effect of light intensity on photosynthesis, transpiration, stomatal resistance and leaf resistance in rice plants. (Adapted from Horie, 1978)
LT: leaf temperature

有關光－光合作用曲線的特性與作物生產力的關連之討論相當多，不同的光－光合作用曲線，要與作物的生長或生產力之差異，不易作直接關連的解釋。直接控制作物生產的個體群光合作用系，即葉面積的展開能力或受光態勢對於物質生產能力具有重要的影響。有關此現象移至另節探討。

3. 水稻生育各期遮光對產量及其構成要素之影響

光－光合作用曲線受水稻生育的環境所影響，乃預料中的事。水稻生育期間經遮光處理，每單位葉面積其光合作用速率會有降低的趨勢。這被認爲適應於光強度弱的條件下，葉片會變薄，而原生質的量亦會減少。

蔡（1978）以臺農 61 號（粳型）及嘉農型 11 號（籼型）品種。各於一、二期作，不同材料（10 批）又不同生育期即移植後約 20 天（成活期）第 1 批材料在 0%、90%遮光配合不同溫度（晝／夜：30℃／25℃，20℃／15℃）的環境下處理 10 天，第 2 至第 10 批（黃熟期）各接受如上述不同環境與時間的處理。並有戶外的自然環境下之對照區。於成熟期調查產量性狀（產量及其構成要素），如圖四所示，臺農 61 號一、二期作各於抽穗前約 15 天與 10 天，即減數分裂期之 90%遮光處理之產量降至約 4.6～8.8 克／叢。爲對照區 25.5～22.8 克／叢之 18.0～31.3%左右，其次是抽穗後 5～25 天（乳熟期～糊熟期）之遮光處理，產量爲對照區之 24～40%，其中是遮光配合高溫（30℃／25℃）處理，產量降爲最低。

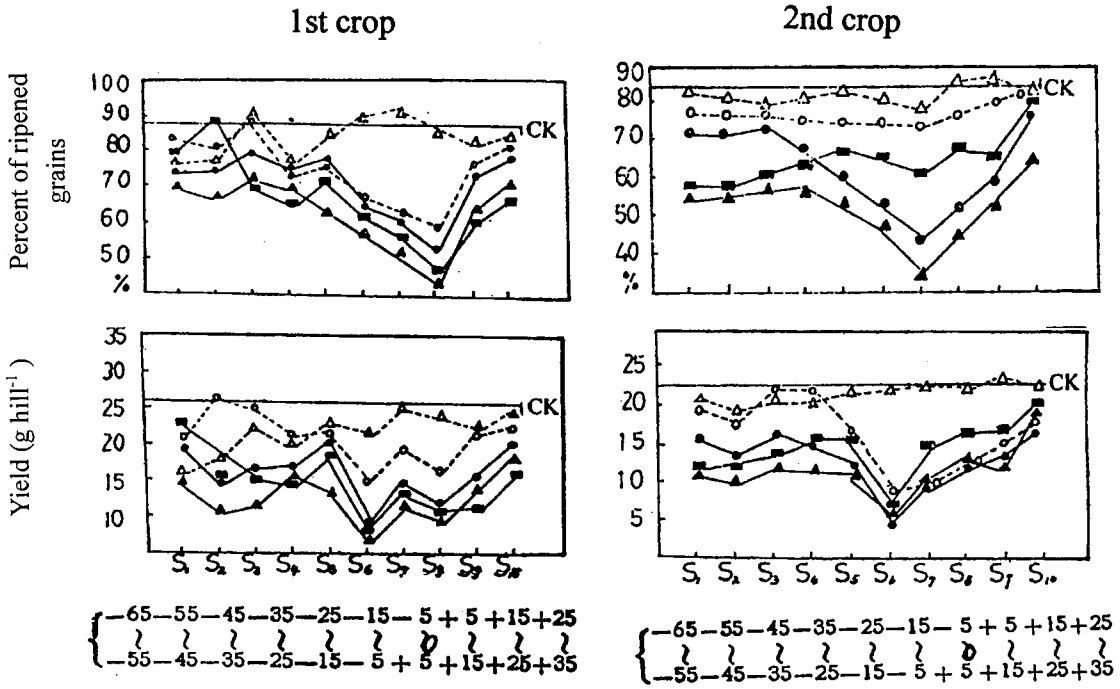


Fig. 4. Effect of shading and temperature on yield and percent of ripend grains in rice variety Tainung 61. (Tsai, 1978)

(○) heading
(−) days before heading
(+) days after heading
○−○ 0% shading in 20℃/15℃ (day/night)
●−● 90% shading in 20℃/15℃ (day/night)
■−■ 90% shading in outdoors
△−△ 0% shading in 30℃/25℃ (day/night)
▲−▲ 90% shading in 30℃/25℃ (day/night)

其他產量構成要素，一穗穎花數及千粒重受遮光配合溫度處理後的結果，與產量類似，亦是在減數分裂期及穀粒充實期（乳熟期、糊熟期）受處理之影響較大，謂之處理敏感期。每叢穗數之處理敏感期，則在移植後 45～55 天之最高分蘗期，爲處理敏感期，千粒重與充實粒百分率之處理敏感期於抽穗後 5～25 天之乳熟－糊熟期。嘉農秈 11 號處理後之結果亦大致如此。

值得一提的是臺農 61 號於二期作，自早期移植後第 1～4 批等受遮光配合高溫處理後之穀粒充實率（約 51～54%），亦大幅度降低，比對照區（84%）少 30～34%。與松島（1972）的試驗結果有很大的相異，這可能由於早期遮光處理延緩其生育，則抽穗延到 11 月 2 日左右（對照區的抽穗期爲 10 月 25 日左右），而抽穗後 14～21 天左右爲穀粒充實盛期遇低溫（臺北平均最高 18.6℃，平均最低 12.9℃），平均日射量爲 91.03 cal · cm^{-2} · day^{-1}。據松島（1972）指出，水稻抽穗後 14

～23 天爲穀粒充實盛期，若遇低溫或寡日照會顯著地降低穀粒充實率。而秈稻嘉農秈 11 號早期處理穀粒充實率降低比較少，可能由於抽穗期延遲較少，故抽穗後的穀粒充實盛期，即 11 月中旬的氣溫（平均最高氣溫 21.2℃，平均最低 15.2℃）日射量（156.2 cal · cm^{-2} · day^{-1}）較高，穀粒充實率受低溫寡日照的影響較少，這顯示品種間對遮光及溫度處理的反應差異。

4. 光質對水稻光合作用的增進效果

光環境對光合作用的影響，不僅是光強，光質即不同的波長亦會影響。

光合成的作用光譜，是很多的單色光作單獨照射所達成的，然而綠色植物在比約 685 nm 長的波長的光（光 I ）與更短的短波長的光（光 II ），同時照射的光合作用速率，比這些光單獨照射的光合作用速率之和還大的現象。這種現象稱爲 Emerson 的增進效果。例如包括水稻在內的多種高等植物具有這種現象（Inada, 1978）。光 I 與光 II 的各波長同時照射時，光 II 的增進效果，具有正常的光合作用色素系之水稻，與缺少葉綠素 b 的 CMV44 的測定結果，如圖五所示，正常水稻增進效果的光譜高峰約 480nm 與 650nm，高峰的增進效果達到 1.6（增進率 60%）。但是，CMV44 在 650nm 無增進高峰，480nm 的高峰顯得較低。則光合作用之增進，與葉綠素 b 及一部份的 carotenoid 有關連（Inada, 1978）。

實際上，增進效果的光譜高峰，不如說是光 I 與光 II 的相互關係之全光作用的增進效果來得重要。不同種光質的混合光下的光合作用增進效果，以間接所求的結果，C_3、C_4 植物的增進率在 7%的範圍內（Mc Cree, 1971）。有關水稻的實測結果，光合作用速率最大值的 1/3～1/4 的光強度下，具有正常的色素系之葉片，增進率是 5%，缺乏葉綠素 b 的葉片是 0 %（稻田, 1978）。其他方面，在物質生產有效的光強度範圍內，增進率是幾個%，實際上，單色光的效果，可單獨的積算亦無妨。

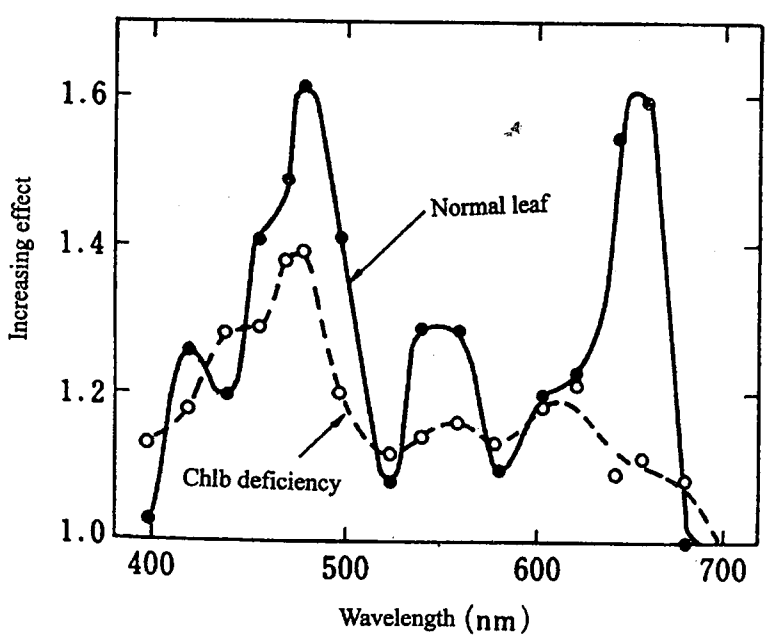


Fig. 5. The increased of photosynthesis with light spectrum in rice leaf. (Adapted from Inada, 1978)

5.光質對水稻碳素代謝之影響

眾所周知，光質會影響碳素的固定產物，幼苗水稻藍色光比紅色光對於全氮素，即能增加可溶性氮素含量，而紅色光比藍色光更會提高全碳水化合物含量及乾物重（圖六）。同樣的結果，在戶外以著色軟片（film）覆蓋的試驗結果（圖七）得知，藍色光能促進氮素代謝，又紅色光具有促進碳水化合物的代謝作用，由此可認爲光質可透過代謝調節作用，而控制水稻的生長與發育。

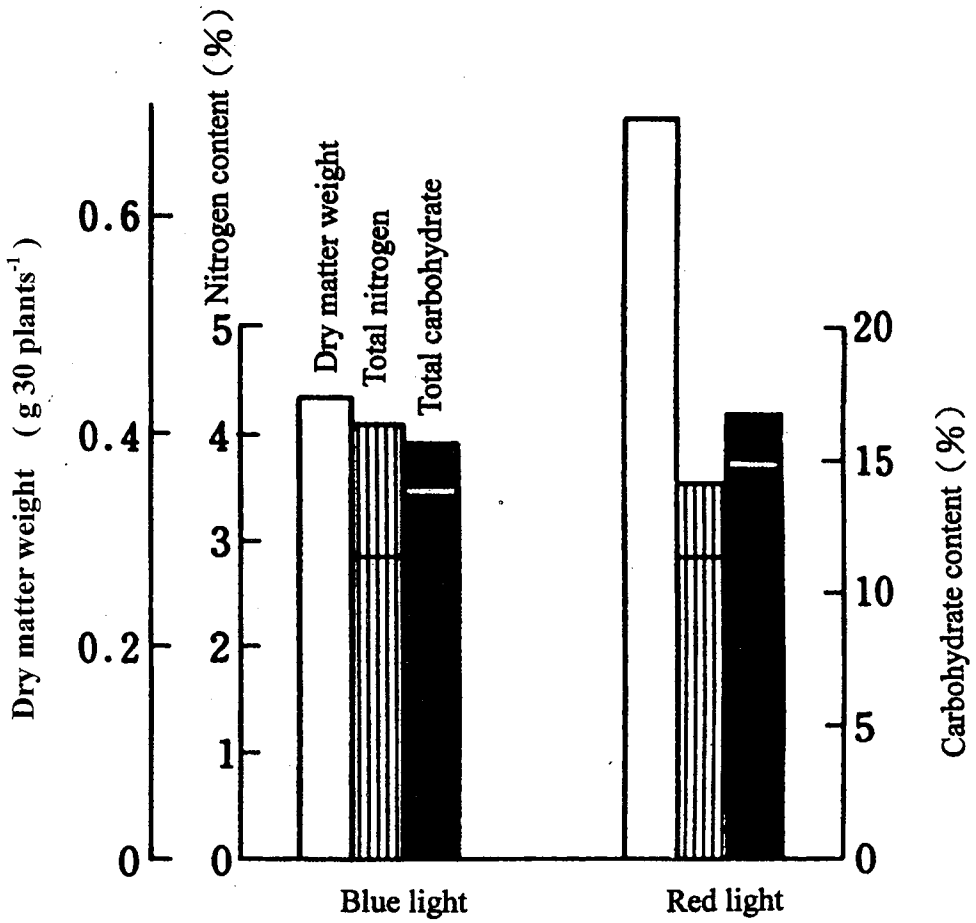


Fig. 6. Effect of light quality on nitrogen, carbohydrate content and dry matter weight in rice seedling stage. (adapted from Takahashi, 1964)

Cultivar: Fujisaka 5. Experiment was conducted under monochromatic light (6.5Wm^{-2}, 16 hrs day^{-1}) for 6 days starting at 14 days after germination. The upper part of columns showed soluble composition.

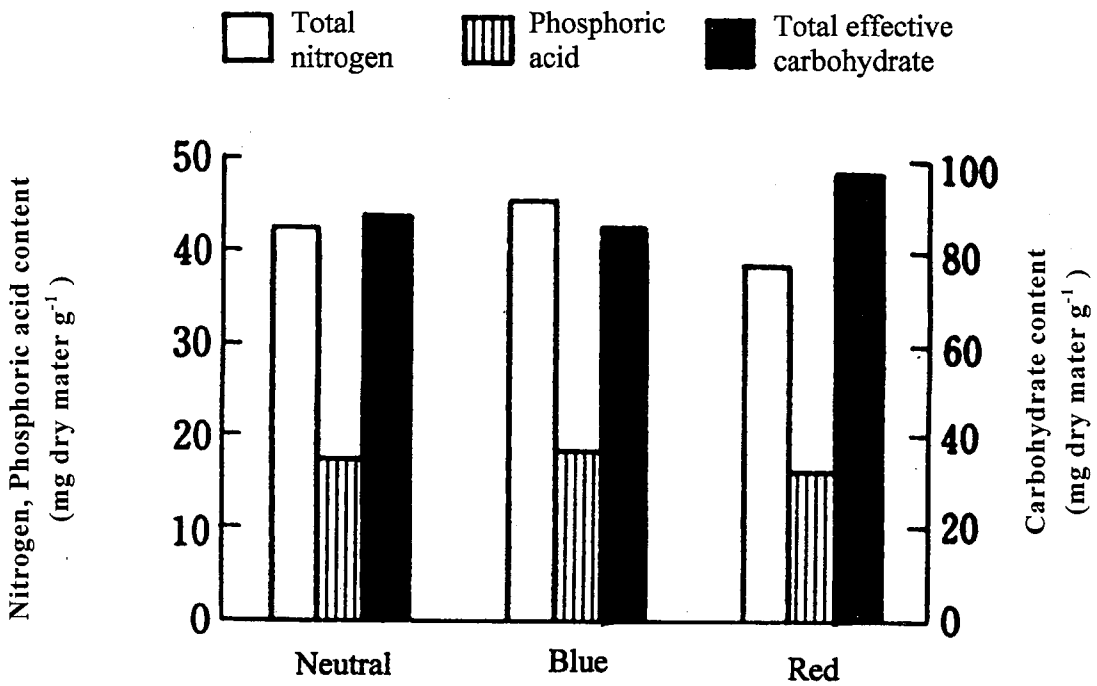


Fig. 7. Nitrogen, phosphoric acid and carbohydrate content in rice seedling stage under various colored Films. (adapted from Nishigawa *et al.*, 1976)

Cultivar: Reimei. Cultivate under different colored films for 13 days after sowing in the natural light room. The light (400-700nm) transmission rate for the films is approximately 26%.

參、光環境（受光態勢、遮光）對水稻乾物質生產之影響

1.受光態勢對水稻乾物質生產之影響

受光態勢是由葉面積或其指數，葉的傾斜角度，厚度等株型，構成空間的配置之綜合性的形態特性。不同的受光態勢則有不同的受光能率，受光能率大致由代表水稻的繁茂度葉面積所決定，其他還受到葉的角度、厚度、株高、株數的影響，其形態即株型，有良好的株型才能提高受光能率。乾物質生產之增加量，大致由乾物增加量＝群落光合作用量－呼吸量之近似式表示，而群落光合作用＝①葉面積 x ②光合作用能力 x ③受光能率－④葉片以外部份的呼吸。若要提高碳水化合物的生產，則需增加收入（光合作用量），減少支出（呼吸量）。而分解收入的群落光合作用之構成要素，並從中找出增加光合作用量的有效途徑。即由上式的②、③增大，儘可能縮小④。光合作用能力是指一定的葉面積，在一定的時間內所進行的光合作

用速率。若是增大①，雖會提高群落的光合作用能力，但受光能率的降低，乃得不償失。因此葉面積的增大，同時亦要提高受光能率，則可增加群落的光合作用量。

受光態勢的改善，則提高受光能率的途徑，其方法大致有 3：

1)葉片近於直立狀態爲優，葉的角度與葉層的光透過率有關，一般近於水平角度的水稻葉層的光透過率小（Monsi *et al.*,1953），因此葉片的角度爲影響受光能率的重要因子，亦會影響光合作用速率。田中（1972）指出，如圖八及圖九所示，有兩群不同水稻葉片傾斜角度相異的株型群落。兩者同樣的繁茂，而單位土地面積的葉面積相等，同時個個葉片的光合作用能力亦相同。只因兩群落葉片的傾斜角度不同，即 A、B 群落的葉片分別是直立與彎曲的。B 群的上層葉片受到強光的照

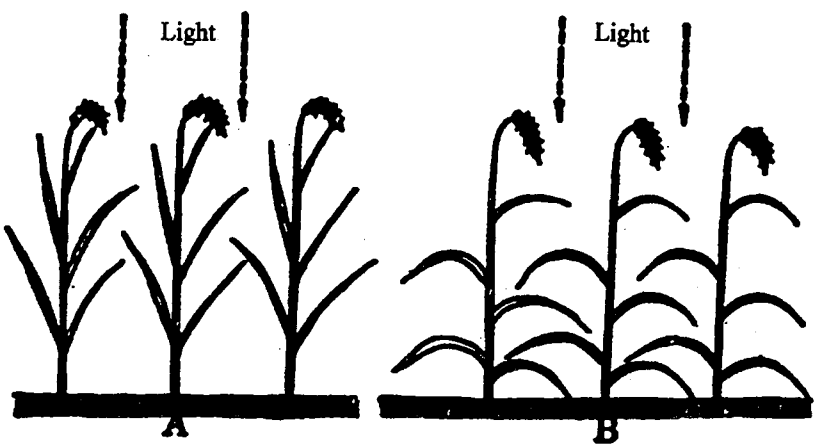


Fig. 8. The different inclined leaf angle in two rice communties. (adapted from Tanaka, 1972)

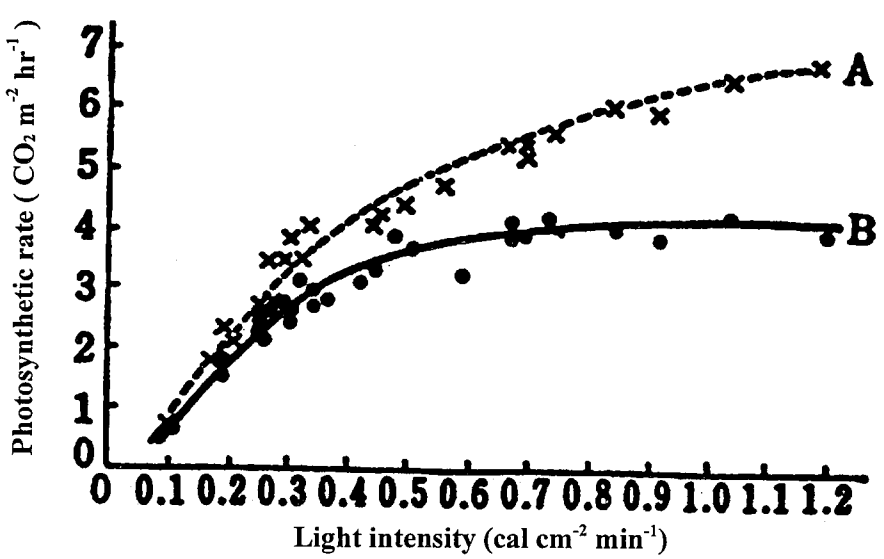


Fig. 9. The light-photosynthetic curves of two rice communities with different inclined leaf angle. (adapted from Tanaka, 1972)

A: Smaller leaf angle community. B: Larger leaf angle community

射，而照射到下層葉片的是弱光。另一方面 A 群落因上層的葉受到斜光照射，葉面的光強度雖比 B 弱。又因葉片直立，則光照射通過最上層的葉與葉之間的空隙，能進到群落的深部，上下層之間的受光量差異比 B 小。即葉片的受光量均一。

至於兩群落的光合作用量，因 B 的上層葉受到強光易引起光飽和。一旦進入光飽和，超過光飽和點的光能則無作用。下層葉只受到極弱光，則光合作用量就變小。A 的情況，葉受到的光強適當。因光飽和所浪費的光能很少，由於光不足而光合作用受到抑制的情況亦很少。

各層的葉所進行的光合作用結果，葉層全體的光合作用量，如圖九所示，與葉片彎曲的 B 相比，葉片直立的 A 較多。雖是葉的量與質相同，因葉的傾斜角不同，則光能的利用效率亦相異。葉的傾斜角度大致由於稻的品種所左右，似乎亦是由遺傳因子所控制。但是，即使同樣品種，還會因生育期的環境條件，其傾斜角度會發生變化。

如上述強調葉片近於直立狀態有利於光能的利用效率。但是，蔡（1990）指出，臺北地區二期作之秈稻品種嘉農秈 11 號，抽穗後之穀粒充實期葉片傾斜角度較一期作的同品種，或粳稻臺農 67 號大，近於水平，嘉農秈 11 號二期作之穀粒充實率反而較高。這可能是二期作嘉農秈 11 號營養生長期遇到高溫（平均 28.5℃）高日射量（340.7 cal · cm^{-2} · day^{-1}）葉片易於老化，至抽穗後之穀粒充實期下層葉片大部份枯萎，只剩上層一、二葉片，其空中配置較疏，間隙亦大，群落內互相遮蔭的狀況很少，近於水平角度的受光能率較大，傾斜角度小的反而受光能率較小，加以低日射量（180.3 cal · cm^{-2} · day^{-1}），亦就不會如上述之因光飽和而浪費大量的光能。則有利於提高光能的利用效率，穀粒充實良好，其充實粒百分率增大乃必然的現象。

2)葉片短，葉片間互相遮蔭較小，吸光係數會減低，則可改善受光態勢，提高受光態率，有利於穀粒充實率的提高。據松島（1975）的研究報告，水稻上層的劍葉至第三葉的葉長和愈小的，其穀粒充實率愈高，呈現高的負相關，並指出理想稻的條件是上位 2～3 葉短，厚又直立的植株。

3）勿密集插挾，立體的空間才有適當的間隙，群落的葉片才能作妥當的分佈。即有利於提高受光能率，同時通風通氣亦良好，可降低病蟲害。此 3 種方法，可從施肥、栽培及育種著手，育成葉片近於直立，又短等理想株型的水稻品種，亦育成光合作用能力高的品種，並配合合理的施肥與栽培方法。改變葉片的傾斜角度與大小，則可改善群落的受光態勢，增進受光能率，提高光能的利用率。

2. 水稻各生育期遮光對其各器官乾物重之影響

蔡等（1984）繼上述之遮光試驗，觀察水稻各生育期遮光對其各器官乾物重之影響，即二期作臺農 67 號水稻於不同生育期接受 10 天 80%的遮光處理後，各植株部位乾物重的經時變化資料列於表 1，於遮光處理結束時，葉片與桿（含葉鞘）之乾重均明顯低於對照組，但隨稻之發育，此項差距可能逐漸縮小。移植後 70 天（約相當於抽穗）之結果顯示，未經處理之水稻每株桿重爲 20.0g，51-60 天遮光者爲 18.7g，61-70 天（孕穗）處理者爲 12.9g，僅及對照組之 65%。嘉農秈 11 號之表現相似，孕穗時行遮光處理，至抽穗時桿部乾重爲對照之 75%（資料未列出）。

表 1 之資料，同時顯示抽穗以後桿部乾物重降低的程度以對照組最高，表示有多量的乾物質轉移至穗部，以供應穀粒充實的需要，而各生育期遮光處理或使乾物質生產不足，或使穎花發育不良，二期作

移植初期，及抽穗前（10 天）後（5～15 天）之遮光處理，致使 sink-source 之關係不良，導致穗部器官的乾物重量降低，如前述之敏感期（減數分裂期、乳熟及糊熟期）遮光處理致使產量降低在此得到證明。同時亦可認爲日射量的不足會導致乾物質生產的不良，終致產量降低。

Table 1. Influence of shading at various growth periods on the dry weight (g hill^{-1}) of different plant fractions of developing rice plants (Tainung 67; 2nd crop,1979). (Tsai *et al.*,1984)

Plant Fraction	Time of Treatment (Days after transplanting)	Days after Transplanting					
		50	60	70	80	90	100
Leaf blade	CK	11.8	10.5	8.5	8.0	6.4	4.0
	21-30	10.4	9.2	7.9	7.1	4.6	4.6
	31-40	9.9	8.1	6.8	5.9	4.1	3.4
	41-50	8.1	8.0	7.6	6.6	4.9	3.5
	51-60		8.5	9.1	7.7	5.5	5.6
	61-70			7.0	6.6	4.6	3.3
	71-80				5.7	3.7	3.6
	81-90					4.3	4.0
Culm + Leaf sheath	CK	11.9	18.2	20.0	20.3	13.6	7.9
	21-30	7.9	11.3	16.4	18.7	14.2	8.5
	31-40	8.4	12.8	17.1	18.2	13.4	9.1
	41-50	7.8	14.5	18.8	18.0	13.3	7.7
	51-60		12.1	18.7	17.6	14.5	8.3
	61-70			12.9	15.5	11.1	10.1
	71-80				16.1	10.8	11.3
	81-90					12.6	9.5
Panicle	CK			6.2	11.7	21.2	26.6
	21-30			-	3.8	10.5	21.5
	31-40			2.8	8.8	19.4	25.0
	41-50			4.3	8.7	16.6	24.9
	51-60			5.8	10.1	16.9	25.4
	61-70			5.4	10.4	16.2	22.1
	71-80				11.2	17.7	24.5
	81-90					15.2	21.9

肆、結　　語

作物栽培最大的目的是糧食生產，稻作生產亦不例外。如前述，生物學產量（包括根、莖、葉、果實、種子等）的 90% 以上，是在光合作用過程中形成的初級合成產物，則產量之形成與光合作用乃密不可分的關係。因此，產量的成立過程中，光合作用與乾物質生產爲決定產量多寡的重要因素。太陽光是植物進行光合作用的唯一能源，則本章探討的重點是光環境（太陽光或自然光）對此兩者（光合作用、乾

物質生產）的影響。內容大致分成兩大部份：1.光強度、光質對光合作用及乾物質生產之影響。2.光環境（受光態勢、遮光）對乾物質生產之影響。第 1 部份較爲理論性，不易與產量過程作直接關連性之解釋或應用，第 2 部份與稻作生產，較易應用於提高產量措施，如受光態勢即株型影響群落之受光能率，這可提供育種專家育成理想株型之優良品種的指標。另由遮光試驗的報告，可瞭解水稻生育過程那一段生育期（如減數分裂期、乳熟及糊熟期等）最需要日射量，否則不利於光合作用與乾物質生產，產量則不易提昇，這些現象能供給稻作生產栽培、施肥、灌排水等管理及人工照明設施之參考依據。

伍、引用文獻

戶塚績. 1972. 氣孔の開閉運動. “植物生理學講座 5. 物質の交換と輸送” 朝倉書店. 東京. 90-111.

內田直次、和田義春、村田吉男. 1982. 作物の葉における光合成機能の發達と哀退に關する研究. 第 2 報. イ　葉の老化過程に及ぼす窒素欠乏の影響. 日作紀 51: 577-583.

田中孝幸. 1972. 水稻の光－同化曲線に關する作物學的研究——特に受光態勢制御との關係——. 農技研究報告. 1-100.

石原邦、齊騰邦行. 1987. 湛水狀態の水田に生育する水稻の個葉光合成速度の日變化に影響する要因について. 日作紀 56: 8-17.

佐騰庚、金鐘萬. 1980. 水稻個体群における環境と個葉の生產. 消費活動との關係. 第 1 報. 圃場における個葉の光合成と暗呼吸. 日作紀 49: 243-250.

松島省三. 1972. “稻作の理論と技術” 養賢堂. 東京.

松島省三. 1975. “稻作の改善と技術” 養賢堂. 東京.

松島省三、田中孝幸、星野孝文. 1960. 水稻收量の成立原理とその應用に關する作物學的研究. 第 68 報. 稻の姿勢と同化能率（1）. 日作紀 33: 44-48.

原城隆 西川廣榮. 1976. 水稻苗生育の光質反應に關する研究. 第 1 報. 著色ィ下の稚苗生育と育苗條件によるその可變性. 日作紀 45: 409-415.

高橋成人. 1964. 稻における光成形反應－生長初期における葉の生長について. 東北大農研彙報. 15: 185-197.

黑田昭太郎. 1971. 光の強さと光合成. “作物の光合成と物質生產” 養賢堂. 東京. 34-39.

稻田勝美. 1978. 作物の光合成に對する遠赤光の增進效果. 日作紀 47(別 1): 239-240.

蔡金川. 1978. 水稻生育各期溫度及遮光對產量及其構成因素之影響. 科學農業. 26: 194-201.

蔡金川、沈美珍、陳建山、劉大江. 1984. 日射量對水稻抽穗期 營養要素濃度 乾物質生產與產量的影響. 臺灣省農業試驗所特刊第 16 號. 83-98.

蔡金川. 1990. 臺灣における水稻育種のための生態學的研究. 學位論文. 東京大學.

Akita, S., Y. Murata and A. Miyasaka. 1968. On light-photosynthesis curves of rice leaves. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 37: 680-684.

Dale, J. E. 1961. Investigations into the stomatal physiology of upland cotton. I. The effects of hour of day, solar radiation, temperature and leaf water-content on stomatal behavior. Ann. Bot. 25: 39-52.

Horie, T. 1978. Studies on photosynthesis and primary production of rice plants in

relation to meteorogical environments. I. Gaseous diffusive resistances, photosynthesis and transpiration in the leaves as influenced by radiation intensity and wind speed. J. Agric. Meteor. 34: 125-136.

Inada, K. 1978. Photosynthetic enhancement spectra in higher plants. Plant & Cell Physiol. 19: 1007-1017.

McCree, K. J. 1971. Significance of enhancement for calculations based on the action spectrum for photosynthesis. Plant Physiol. 49: 704-706.

Monsi, M. und T. Saeki. 1953. Uber den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Japan. J. Bot. 14: 22-52.

Totsuka, T. 1963. Theoretical analysis of the relationships between water supply and dry-matter production of plant communities J. Fac. Sci. Tokoy Univ. III B8: 341-375.

Environment and Rice Production
Chapter 4 The Effect of Light Environment on Rice Production
53 - 67, 1999

Chapter 4 The Effect of Light Environment on Rice Production

Jin-Chuan Tsai
Department of Agricultural Engineering, Taiwan Agricultural Research Institute,
Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC

ABSTRACT

This chapter reviews two parts. The first part discusses the effect of light intensity and light quality on photosynthesis and physiological characteristics in rice plants. The relationship between light intensity and photosynthesis is hyperbolic. The stomatal resistance decreases in an exponential function with increasing light intensity. The photosynthetic rate of rice plants shows the Emerson effect. It indicates that the combination of photosystem I (> 685nm) and photosystem II (< 685nm) makes higher photosynthetic rate than the single system. The second part discusses about the light reception of rice population. The ideal plant type of rice variety has the small leaf angle and the short leaf with lower light extinction coefficient. It appears that this type of rice plant has more light intensity among the varietal community. The period of shading is found to be critical to the decrease of dry matter production and yield. The first critical period is at the meiosis stage and the second is at the milky and dough stage.

Key words: Dry matter production, Light intensity, Photosynthetic rate, Plant type, Shading, Yield.