

全夜照明對水稻生育的影響¹

陳榮坤²

摘 要

陳榮坤。2011。全夜照明對水稻生育的影響。臺南區農業改良場研究彙報 57：28-39。

本研究利用道路照明用之高壓鈉燈及水銀燈為夜間處理光源，探討全夜照明對 20 個水稻品種的光期敏感性及生育的影響，以篩檢適合生長於長期全夜照明環境下的水稻品種。試驗結果顯示，水稻抽穗日數受全夜照明而延遲，二期作效應較一期作明顯；夜間相等光輻射強度下，高壓鈉燈對抽穗日數的延遲效果高於水銀燈。夜間光輻射強度愈強，抽穗期愈晚，並增加株高、全生育期葉片數及上位三葉葉片長度。此外，經由兩期作試驗結果顯示，品種間對全夜照明的敏感性有相當大的差異，本試驗結果可提供有夜間光害疑慮的農耕地選擇品種的參考。

關鍵詞：水稻、品種、全夜照明、生育

接受日期：2011 年 5 月 9 日

前 言

氣候變化是大自然的正常現象，惟因文明的進展與社會都市化的結果，使得作物的周遭環境開始遭受非自然的人為干擾。位於都市的邊緣地區、鄉村及道路兩旁的農田，夜間常受到路燈長期徹夜照明的影響，形成異於大自然的光環境，破壞了作物對自然光照的反應，可能干擾正常的生理生化代謝，造成農作物生育及開花發生失序的情形^(5,6,8,15)。

水稻 (*Oryza sativa* L.) 為短日作物，於短日下能提早開花，長日或暗期中斷條件時會發生延遲開花或不開花的現象，不同品種對光週期的感應亦有相當大的差異^(3,4,9,15)。水稻生育期可劃分為營養生長期、生殖生長期及成熟期等三個時期。其中營養生長期係指由播種發芽至花芽分化的期間，品種間變異甚大，為品種特性之一，此時期的長短受日照及溫度影響而改變⁽¹⁾。水稻營養生長期可進一步劃分為基本營養生長期 (basic vegetative phase) 及誘導期 (inductive phase)。水稻自種子發芽至幼穗分化前的基本營養生長期對光週期的變化無感受反應，其後的誘導期才開始對光週期的變化呈現敏感^(13,14)。水稻生育進入誘導期以後，當日照長度短於臨界日長，可誘發水稻幼穗形成，進而抽穗開花、充實成熟；當日照長度長於臨界日長時，則可能發生延遲開花或不開花的現象。研究顯示，夜間連續光照會降低水稻栽培品種臺農 71 號每株穗數及稔實率，進而造成減產，且生育日數因營養生長期的延長而增加，當距離光源愈近，產量減少情形愈明顯⁽⁸⁾。而且在高壓鈉燈夜間連續光照條件下，水稻臺農 20 號比臺農 8 號更敏感，抽穗延遲較嚴重⁽⁶⁾。

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 381 號。

2. 臺南區農業改良場嘉義分場助理研究員。

臺灣水稻品種歷年來經由兩期作的選育，對光週期較敏感的基因型多被淘汰，可是育成品種對光期仍有不同反應，當遇到人為全夜照明形成的長日環境時亦可能造成延遲抽穗，導致相同田區之水稻成熟期不一致，使農民在管理及機械採收作業之施行發生困擾。過去文獻皆以 1~2 個水稻栽培品種進行全夜照明下之產量與品質分析^(2,6,8)，缺乏主要栽培品種對光週期反應的試驗資料。為避免道路兩旁的水稻田受到路燈全夜照明的困擾，本研究利用道路照明常用之高壓鈉燈及水銀燈為夜間長期徹夜光照處理光源，探討全夜照明對目前主要栽培的 20 個水稻品種之光期敏感性及生育影響，以篩檢適合生長於長期全夜照明環境下的水稻品種，提供農民選擇水稻品種的參考。

材料與方法

一、田間試驗

本試驗於 2007 年一期作至二期作進行，選用臺灣地區主要栽培品種及指標性品種為試材，包含早熟梗稻越光 (Koshihikari)、臺梗 11 號 (TK 11)、臺農 71 號 (TNG 71) 等 3 個品種，中晚熟梗稻臺梗 2 號 (TK 2)、臺梗 5 號 (TK 5)、臺梗 8 號 (TK 8)、臺梗 9 號 (TK 9)、臺梗 14 號 (TK 14)、臺梗 16 號 (TK 16)、臺梗 17 號 (TK 17)、桃園 3 號 (TY 3)、臺南 11 號 (TN 11)、臺東 30 號 (TD 30)、高雄 139 號 (KH 139) 等 11 個品種，秈稻為臺中在來 1 號 (TN 1)、臺中秈 17 號 (TCS 17)、臺中秈 10 號 (TCS 10) 等 3 個品種，糯稻為臺梗糯 1 號 (TKW 1)、臺梗糯 3 號 (TKW 3)、臺中秈糯 1 號 (TCSW 1) 等 3 個品種，合計 20 個品種。試驗於秧苗 2.5~3.0 葉齡期進行插秧，單本植，行株距為 30 cm × 15 cm，施肥及管理方式採用慣行法行之。一期作於 2 月 12 日插秧，二期作於 8 月 2 日插秧，插秧後即進行全夜照明處理，直至收穫為止。

二、全夜照明處理方法

全夜照明處理以 70 W 高壓鈉燈 (high pressure sodium lamp)、80 W 水銀燈 (mercury lamp) 為光源，光源置於地面以上 3 公尺高度，以田間攜帶式輻射光譜儀 (spectroradiometer, model GER-2600, Geophysical & Environmental Research Corp., Millbrook, NY, USA) 於光源垂直地面進行光輻射 (radiance) 的測定 (圖 1)。利用路燈使用之自動感光控制器於日照強度低於 31.5 lux 打開光源，高於 125 lux 關閉光源。光源光強度 (light intensity) 以光度計 (light meter, Extech Instruments Corp., Waltham, MA, USA) 量測，並以光量子測計 (quantum sensors, LI-189, Li-Cor Crop., NE, USA) 檢測光子流密度 (photon flux density, PFD)，依距離光源遠近於土壤表面進行測定 (圖 2)。並選定光子流密度 0、0.06、0.11、0.16、0.22 及 0.40 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 處設立試區，3 重複，各小區逢機調查 6 株，以觀察不同燈具及光子流密度對水稻生育的影響。

三、生育性狀調查及統計分析

插秧後隨即調查葉齡，爾後每週調查一次，直至劍葉完全抽出為止，以記錄全生育期生長葉片數、每葉葉長，並調查抽穗日數，於成熟期調查株高。調查資料以 SAS 統計軟體 (Statistical Analysis System version 8.1, SAS Institute, USA) 進行分析。

結果與討論

為避免道路兩旁的水稻田受到路燈全夜照明的困擾，本研究乃以水銀燈、高壓鈉燈為光源，利用距離光源遠近形成不同光強度處理，探討生育期間全夜照明對品種間的光期敏感性及其生育的影響。圖 1 為水銀燈及高壓鈉燈兩種光源於垂直地面 3 公尺進行光輻射測定之光譜分布曲線。水銀燈及高壓鈉燈主要光輻射光譜均在黃橘光波段（560~620 nm），然而水銀燈另包含少部份藍光波段（380~450 nm）及中波紅外光（1000~1030 nm）波段，高壓鈉燈光譜包含少部份短波近紅外光（810~830 nm）光輻射。由於可見光波段在 350~700 nm 之間，因此在人類視覺上水銀燈綜合黃橘光及藍光形成白光，而高壓鈉燈則呈現黃橘光。由此結果顯示，二種不同光源在光質上即具有相當差異。在田間之光度及 PFD 藉由距離光源遠近所呈現之分布曲線如圖 2 所示，兩光源概以距離光源愈遠則測值愈低，呈現二次曲線分布，光輻射強度隨距離平方倒數快速減低，且在相等距離下所測得的光度及 PFD 量相近。因此，為比較不同水稻品種在兩光源相同光輻射強度下之生育情形，本研究選定 PFD 為 0、0.06、0.11、0.16、0.22 及 0.40 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 處設置試區，並分別於兩期作進行調查分析。

由於兩期作氣象環境差異極大，為移除氣象因素，以釐清光源、光量及品種間的相互關係，將兩期作資料分別進行變方分析（表 1），結果發現抽穗日數與不同光源、光量處理及品種間均呈極顯著交感。顯然，個別品種在不同期作、光源、光量的表現均不相同。

水稻品種在夜間不同光源光照處理下之抽穗日數變化情形如表 2 至表 5 所示。正常光照環境下，20 個品種在一期作平均抽穗日數為 83.3 天，二期作為 65.5 天。稻株全生育期受全夜照明處理時，無論在一期作或二期作均延遲抽穗，二期作平均延遲 11.9 天，較一期作平均延遲 11.0 天嚴重，且所有品種皆受全夜照明而延遲抽穗，只是延遲程度的差異有別。過去研究顯示，水稻抽穗期長短主要受品種的感光性影響，然而也略受溫度影響而有變化⁽¹²⁾。臺灣地區一期稻作氣象條件由插秧至收割期間溫度與日長之變化，溫度由低逐漸增高，日長由短漸漸增長，二期稻作則相反。本研究顯示，當日長條件改變為徹夜照明時，抽穗日數仍受期作間氣象條件影響，且二期作效應較一期作明顯。

如前面所述，由於高壓鈉燈及水銀燈兩光源的光質相異，本研究選定兩光源在相同光子流密度下進行抽穗日數調查（表 2~表 5），以了解光質差異對水稻抽穗日數的影響。資料顯示兩期作環境下，高壓鈉燈平均延遲 13.7 天，水銀燈平均延遲 9.2 天，顯然因為高壓鈉燈與水銀燈的光質組成不同，造成水稻抽穗延遲的差異。高壓鈉燈處理對抽穗日數延長的效應大於水銀燈處理，且光子流密度愈高效應愈明顯，亦即愈接近光源，抽穗延遲情形愈嚴重。研究指出光週期作用由光敏素（phytochromes）誘導⁽¹¹⁾，經由明期與暗期的交替形成 PR 光敏素以吸收紅光，以及 PFR 光敏素以吸收近紅外光，當滿足臨界暗期（critical dark period）時，可合成足量 PFR 誘導開花素而啟動花芽分化。此外，利用不同光質如紅光、黃光、綠光及藍光與近紅外光進行暗期中斷處理時，將影響波菜開花日數，其中紅光影響開花日數的效應最大，黃光、綠光次之，藍光及近紅外光效應則視品種而定⁽⁷⁾。本研究結果亦顯示不同光質對水稻抽穗日數效應不同，惟欲了解光質的影響，應以單一光質作進一步研究分析。

研究指出，臺灣水稻品種臺農秈 20 號對光照感應比臺稈 8 號敏感⁽⁶⁾，且臺稈 8 號及臺中秈 10 號在全夜照明 6 lux 以上之光強度處理即會延遲抽穗日數⁽²⁾，然而該等研究中之參試品種數量較少，無法提供更多品種間對全夜照明反應的資訊。因此，本研究選擇稈稻（早、

中晚熟)、秈稻及糯稻等 20 個水稻栽培品種，種植於水銀燈及高壓鈉燈徹夜光照環境下，探討全生育期全夜照明對品種間的光期敏感性及生育的影響，期能篩檢適合生長於長期全夜照明環境下的水稻品種，以提供農民選擇水稻品種的參考，避免道路兩旁的水稻田受到路燈全夜照明的困擾。由資料顯示(表 2~表 5)，就一般飯用梗稻品種而言，早熟梗稻受全夜照明的影響較中晚熟梗稻嚴重，尤其以越光及臺梗 11 號為甚，特別是在二期作高壓鈉燈處理 $0.16 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以上時，至調查結束仍有未抽穗的情形發生。臺農 71 號雖然受影響較小，但是與中晚熟梗稻比較，仍然屬於易受全夜照明影響的品種，即使在全夜照明影響較弱的一期作水銀燈下，抽穗延遲平均仍可達 10.4 天。中晚熟梗稻在遭受夜間徹夜照明後，其整體之抽穗延遲反應雖不若早熟梗稻敏感，但仍因不同品種而有差異。高壓鈉燈下以臺東 30 號最容易感應全夜照明而延遲抽穗期，一、二期作分別抽穗延遲 10.2 及 15.4 天；桃園 3 號次之，其它品種受高壓鈉燈的影響相對較輕微。一期作水銀燈下亦以臺東 30 號延遲天數最高，平均延遲抽穗 8.2 天，二期作則以臺梗 5 號受水銀燈處理影響較大，平均抽穗延遲達 8.9 天，其它品種則因不同期作而有差異。參試秈稻中，臺中秈 10 號對全夜照明的效應在期作間均較其它兩個品種敏感，在高壓鈉燈下之抽穗延遲天數在一、二期作分別為 13.7 及 18.1 天；臺中在來 1 號及臺中秈 17 號較不受影響，其中臺中在來 1 號為所有調查品種中最不易受全夜照明而延遲抽穗的品種，即使在高壓鈉燈下，抽穗日數平均僅延遲 2.7 天。參試的三個糯稻品種均容易受到全夜照明影響，其中以臺梗糯 1 號最嚴重，抽穗延遲日數在高壓鈉燈及水銀燈下平均為 31.2 天及 24.0 天，受影響程度與早熟梗稻之臺梗 11 號及越光相當。

全夜照明帶來的額外照明不僅干擾稻株的開花習性，亦不利於產量構成因素的表現。研究指出，對全夜照明敏感的水稻在遭遇全夜照明或暗期中斷時，會減少穗數、降低稔實率及千粒重，並且獲得較低的收穫指數^(2,6,9,15)。除了產量因子外，全夜照明亦可能增加額外光合作用而使得營養生長較為旺盛，進而促使稻株營養器官擴大，如葉面積、莖葉重量明顯增加等⁽⁹⁾。為深入探討全夜照明造成稻株營養器官擴大的原因，本研究進行感光性品種臺農 71 號生長分析，於高壓鈉燈全夜照明下調查株高、全生育期葉片數及上位三葉(劍葉及其下方兩葉)之葉片長度變化。結果顯示，當全夜照明光強度愈大，株高愈高(圖 3)；一、二期作全生育期葉片數自無全夜照明之 16 葉及 15 葉，於全夜照明光強度增強到 $0.22 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以上時，分別增加到 17 葉及 16 葉；上位三葉葉長亦明顯增加(圖 4)，當全夜照明光強度愈強，上位第 2 葉亦明顯增長，並且與上位第 3 葉葉長相近。顯然夜間額外的照明造成株高、全生育期葉數及上位三葉之葉片長度之異常生長，而形成營養器官擴大，當光照強度愈高，即愈接近光源效應愈大。

結 論

水稻是臺灣地區栽培面積最廣的作物，其光週期反應受遺傳因子控制，當人為因素造成光環境改變時，不易施以栽培措施進行改善，選擇種植敏感性低的品種是較好的選擇。綜合本研究結果分析，每個水稻品種對全夜照明的敏感性有相當大的差異，在抽穗日數、生育上會造成不等程度的影響。全夜照明的效應會隨著光輻射強度增加而增強，不同光源的效應亦有差異反應。據此，本研究建議在有夜間光害疑慮的農耕地，應避免種植對光週期較敏感的水稻品種。如無法避免光害，建議選擇栽培低感光性的品種，以減少光環境異常造成的生育干擾。

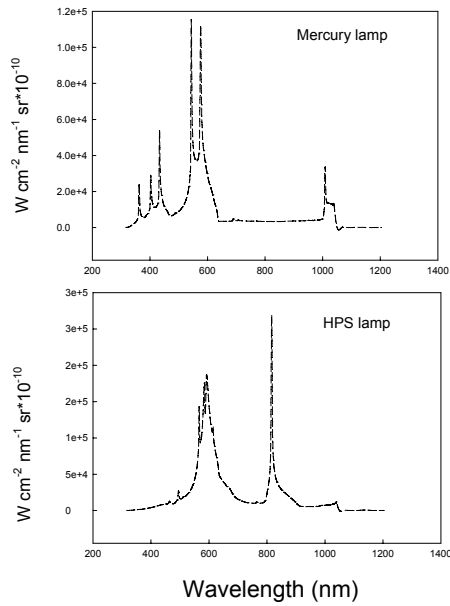


圖 1. 水銀燈 (mercury lamp) 及高壓鈉燈 (HPS lamp) 兩種光源於近地面 3 公尺之光輻射變化

Fig. 1. The spectral energy distribution of mercury lamp and high pressure sodium (HPS) lamp emitted 3 meters height

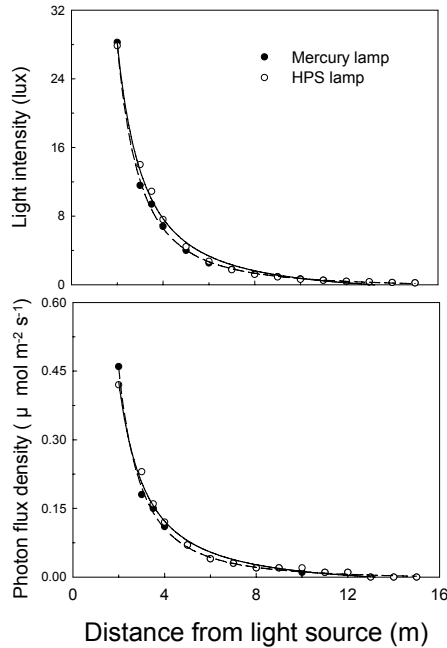


圖 2. 水銀燈 (Mercury lamp) 及高壓鈉燈 (HPS lamp) 兩種光源於不同距離地面上方量測之光度 (lux) 與光子流密度 (photon flux density) 分布曲線

Fig. 2. Changes of light intensity and photon flux density with distance away from light sources of mercury lamp and high pressure sodium (HPS) lamp measured above ground

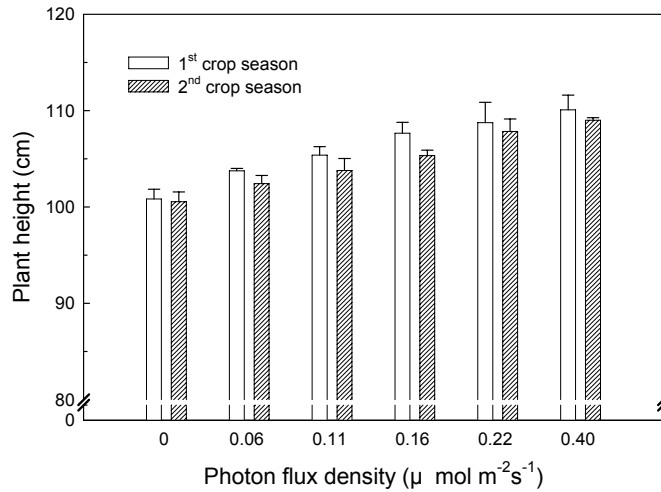


圖 3. 2007 年一期作及二期作水稻臺農 71 號在全夜照明不同光子流密度下稻株收穫時之株高
 Fig. 3. Changes of plant height at harvest with different photon flux density high pressure sodium lamp for rice (*Oryza sativa* L.) cultivars TNG 71 grown in the first and second cropping season of 2007

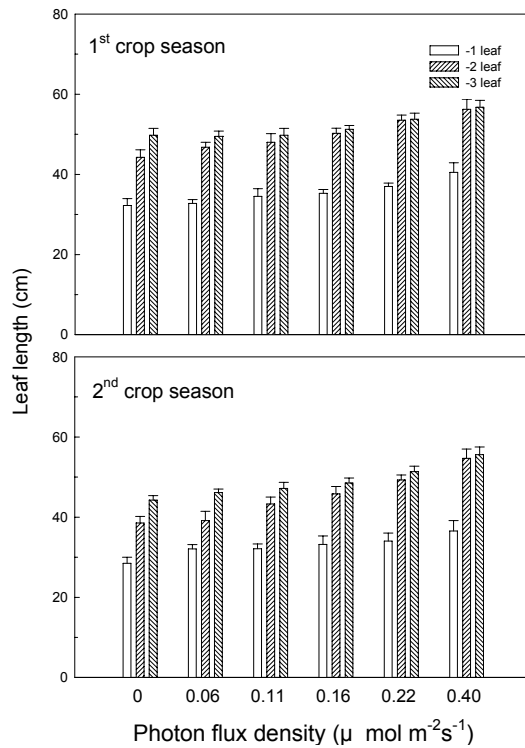


圖 4. 2007 年一期作及二期作水稻臺農 71 號在全夜照明不同光子流密度下稻株之上位三葉葉片長度
 Fig. 4. Changes of the upper three leaf lengths with different photon flux density for rice (*Oryza sativa* L.) cultivars TNG 71 grown in the first and second cropping season of 2007

表 1. 2007 年不同期作下 20 個水稻品種在兩光源及六個全夜照明輻射強度之抽穗日數變方分析表

Table 1. ANOVA of heading days of 20 rice (*Oryza sativa* L.) cultivars under two light sources and six photon flux density in the first cropping and second cropping season of 2007

Source of Variation	First cropping season		Second cropping season	
	Degree of freedom	Mean square	Degree of freedom	Mean square
Light source (L)	1	871.20**	1	2794.31**
Variety (V)	19	2073.75**	19	642.08**
L × V	19	83.64**	19	165.31**
Photon flux density (PFD)	5	3900.41**	5	4524.13**
L × PFD	5	251.07**	5	177.20**
V × PFD	95	136.30**	95	79.30**
L × V × PFD	95	17.34**	87	848.69**

** Significantly different at 1% level.

表 2. 2007 年一期作水銀燈下 20 個水稻品種在不同全夜照明輻射強度之抽穗日數變化

Table 2. Changes of heading date with different photon flux density of mercury light extension for 20 rice (*Oryza sativa* L.) cultivars grown in the first cropping season of 2007

Cultivar	Heading days under natural condition (days)	Extending heading days delay under night light (days)						
		Photon flux density ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)					Mean (days)	SD
		0.06	0.11	0.16	0.22	0.40		
Koshihikari	64.7	21.6	26.6	28.3	29.3	30.3	27.2	3.4
TK 11	78.3	18.7	20.7	23.4	33.0	42.7	27.7	10.0
TNG 71	77.0	7.0	8.7	9.7	11.7	15.0	10.4	3.1
TK 2	86.0	0.3	1.0	1.0	1.3	5.0	1.7	1.9
TK 5	88.3	1.3	2.7	3.0	3.7	5.0	3.1	1.4
TK 8	86.3	0.0	4.0	5.0	6.3	8.7	4.8	3.2
TK 9	85.0	0.7	1.7	2.0	2.4	5.0	2.4	1.6
TK 14	86.7	2.3	6.3	6.0	7.0	8.0	5.9	2.2
TK 16	87.0	1.7	2.7	3.7	3.7	4.0	3.2	1.0
TK 17	86.7	0.0	1.3	4.0	5.0	5.3	3.1	2.4
TY 3	85.7	1.0	2.3	6.7	8.0	9.3	5.5	3.6
TN 11	86.3	0.7	2.0	3.0	5.3	8.0	3.8	2.9
TD 30	85.3	3.3	6.6	9.3	10.3	11.3	8.2	3.2
KH 139	84.3	5.3	5.6	6.3	7.3	8.6	6.6	1.3
TN 1	80.0	1.0	2.0	2.3	3.0	3.3	2.3	0.9
TCS 17	85.0	2.7	3.7	4.7	5.0	6.0	4.4	1.3
TCS 10	86.0	5.7	11.4	10.7	13.0	15.7	11.3	3.7
TKW 1	81.7	19.3	22.0	23.3	32.0	38.6	27.0	8.0
TKW 3	80.3	6.3	7.6	9.3	12.3	15.0	10.1	3.5
TCSW 1	85.7	12.0	13.3	15.7	17.3	19.0	15.5	2.9
Mean (days)	83.3	5.5	7.6	8.9	10.8	13.2		
SD	5.4	6.9	7.5	7.9	9.8	11.4		

表 3. 2007 年一期作高壓鈉燈下 20 個水稻品種在不同全夜照明輻射強度之抽穗日數變化

Table 3. Changes of heading date with different photon flux density of high pressure sodium light extension for 20 rice (*Oryza sativa* L.) cultivars grown in the first cropping season of 2007

Cultivar	Heading days under natural condition (days)	Extending heading days delay under night light (days)						
		Photon flux density ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)					Mean (days)	SD
		0.06	0.11	0.16	0.22	0.40		
Koshihikari	64.7	20.3	30.3	34.3	48.3	51.3	36.9	12.9
TK 11	78.3	18.7	28.7	40.7	46.3	53.3	37.5	13.9
TNG 71	77.0	9.3	10.0	9.3	16.7	18.3	12.7	4.4
TK 2	86.0	4.0	6.7	9.3	10.0	11.0	8.2	2.8
TK 5	88.3	0.7	2.7	6.7	8.7	10.3	5.8	4.0
TK 8	86.3	1.7	4.3	8.7	10.7	12.7	7.6	4.5
TK 9	85.0	1.0	2.7	8.0	12.3	15.0	7.8	6.0
TK 14	86.7	2.3	3.3	5.7	6.3	11.3	5.8	3.5
TK 16	87.0	5.0	7.0	9.3	10.0	14.0	9.1	3.4
TK 17	86.7	4.3	6.3	9.3	11.7	14.3	9.2	4.0
TY 3	85.7	1.3	1.3	4.3	10.7	16.3	6.8	6.6
TN 11	86.3	1.0	3.0	5.0	7.7	10.7	5.5	3.8
TD 30	85.3	2.7	6.3	9.7	13.7	18.7	10.2	6.2
KH 139	84.3	0.7	2.7	6.7	11.3	13.7	7.0	5.5
TN 1	80.0	1.0	1.3	3.0	4.7	6.0	3.2	2.2
TCS 17	85.0	0.0	0.7	1.0	2.3	7.3	2.3	2.9
TCS 10	86.0	11.0	12.0	13.3	15.3	17.0	13.7	2.4
TKW 1	81.7	24.7	29.3	40.7	48.0	56.0	39.7	12.9
TKW 3	80.3	5.3	5.7	7.3	12.7	15.3	9.3	4.5
TCSW 1	85.7	10.3	12.3	14.3	17.3	19.7	14.8	3.8
Mean (days)	83.3	6.3	8.8	12.3	16.2	19.6		
SD	5.4	7.3	9.5	11.8	14.0	15.1		

表 4. 2007 年二期作水銀燈下 20 個水稻品種在不同全夜照明輻射強度之抽穗日數變化

Table 4. Changes of heading date with different photon flux density of mercury light extension for 20 rice (*Oryza sativa* L.) cultivars grown in the second cropping season of 2007

Cultivar	Heading days	Extending heading days delay under night light (days)						Mean (days)	SD
	under natural condition (days)	Photon flux density ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)							
		0.06	0.11	0.16	0.22	0.40			
Koshihikari	46.7	15.3	19.0	23.3	31.3	38.3	25.4	9.3	
TK 11	64.7	12.3	14.3	17.0	39.0	50.0	26.5	17.0	
TNG 71	62.3	3.7	10.7	13.7	15.0	17.7	12.2	5.4	
TK 2	65.3	3.7	5.7	7.4	10.7	12.7	8.0	3.7	
TK 5	69.0	2.7	6.0	8.3	12.0	14.0	8.6	4.5	
TK 8	68.3	2.7	4.7	6.4	9.7	11.7	7.0	3.7	
TK 9	66.0	1.0	3.3	8.0	11.7	15.0	7.8	5.8	
TK 14	66.3	1.7	4.4	6.7	8.7	9.4	6.2	3.2	
TK 16	72.0	2.3	4.3	6.0	7.0	9.3	5.8	2.7	
TK 17	72.7	2.3	3.6	5.3	6.3	7.3	5.0	2.0	
TY 3	66.0	1.0	2.0	7.3	8.7	11.0	6.0	4.3	
TN 11	66.3	2.4	4.0	5.7	7.0	7.7	5.4	2.2	
TD 30	71.3	1.7	5.4	7.7	9.7	11.7	7.2	3.9	
KH 139	75.0	0.3	1.0	3.3	5.0	6.0	3.1	2.5	
TN 1	62.7	1.0	2.0	2.0	4.0	5.0	2.8	1.6	
TCS 17	64.0	1.0	2.3	4.0	5.3	8.0	4.1	2.7	
TCS 10	67.0	1.0	3.0	6.3	8.0	11.3	5.9	4.1	
TKW 1	64.7	10.3	12.3	15.6	23.0	42.3	20.7	13.0	
TKW 3	54.3	0.7	1.7	2.7	3.0	3.7	2.4	1.2	
TCSW 1	65.3	7.0	8.7	10.7	12.4	14.7	10.7	3.0	
Mean (days)	65.5	3.7	5.9	8.4	11.9	15.3			
SD	6.3	4.2	4.8	5.3	9.2	12.8			

表 5. 2007 年二期作高壓鈉燈下 20 個水稻品種在不同全夜照明輻射強度之抽穗日數變化

Table 5. Changes of heading date with different photon flux density of high pressure sodium light extension for 20 rice (*Oryza sativa* L.) cultivars grown in the second cropping season of 2007

Cultivar	Heading days under natural condition (days)	Extending heading days delay under night light (days)						
		Photon flux density ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)					Mean (days)	SD
		0.06	0.11	0.16	0.22	0.40		
Koshihikari	46.7	18.6	26.6	30.3	^{-z}	-	25.2	6.0
TK 11	64.7	16.6	20.3	-	-	-	18.5	2.6
TNG 71	62.3	10.7	13.7	15.7	17.7	22.7	16.1	4.5
TK 2	65.3	9.0	10.0	11.0	13.0	17.0	12.0	3.2
TK 5	69.3	8.0	9.7	12.0	15.0	18.0	12.5	4.0
TK 8	68.0	7.0	8.0	11.3	15.0	20.0	12.3	5.3
TK 9	66.0	9.0	10.7	12.0	13.7	19.0	12.9	3.8
TK 14	66.3	9.7	10.7	12.7	15.4	21.0	13.9	4.5
TK 16	72.0	2.3	4.0	7.7	17.0	21.0	10.4	8.2
TK 17	72.3	5.0	8.0	10.0	18.0	21.0	12.4	6.8
TY 3	66.7	9.3	10.3	13.3	14.3	23.0	14.0	5.4
TN 11	66.7	8.0	10.0	12.0	14.0	18.0	12.4	3.8
TD 30	71.0	10.0	12.3	15.0	16.7	23.0	15.4	5.0
KH 139	75.0	9.3	12.0	14.0	15.7	19.0	14.0	3.7
TN 1	62.0	0.3	1.0	2.0	3.3	6.0	2.5	2.2
TCS 17	64.3	8.7	11.7	15.7	16.7	17.7	14.1	3.8
TCS 10	67.7	14.3	16.3	19.0	19.3	21.7	18.1	2.9
TKW 1	64.3	21.7	23.7	-	-	-	22.7	1.4
TKW 3	54.3	5.7	9.0	12.3	18.0	21.0	13.2	6.3
TCSW 1	65.7	13.3	15.3	21.3	24.3	27.0	20.2	5.8
Mean (days)	65.5	9.8	12.2	13.7	15.7	19.8		
SD	6.1	5.0	5.9	5.7	4.0	4.2		

^z No heading occurred.

引用文獻

1. 李成章。1972。水稻生育期遺傳研究之檢討。科學農業。20：302-310。
2. 張瑪利、羅正宗、劉景平。2006。夜間不同光強度照射對水稻抽穗及農藝性狀之影響。嘉大農林學報。3：86-89。
3. Best, R. 1959. Photoperiodism in rice. Field Crop Abs. 12:85-93.
4. Chang, M., J. C. Lo and C. P. Liu. 2006. Effects of daylength on rice heading date and agronomic characters. Crop Environ. Bioinform. 3:147-158. (in Chinese with English abstract)
5. Chen, L. C., Y. H. Su, C. J. Liu and Y. C. Lee. 2009. Effect of night illumination on growth and yield of soybean. J. Taiwan Agric. Res. 58:146-154. (in Chinese with English abstract)
6. Chen, Y. M., H. C. Wu, T. B. Huang, C. P. Liu and T. M. Shen. 2005. Effects of all night lighting on the growth of rice (*Oryza sativa*), water caltrops (*Trapa natans*) and Indian jujube (*Zizyphus mauritana*). Crop Environ. Bioinform. 2:182-192. (in Chinese with English abstract)
7. Hamamoto H., H. Shimaji and T. Higashide. 2004. Earlier-bolting spinach cultivars respond to a wider spectrum of night-break light for bolting than later-bolting cultivars. J. Agric. Meteorol. 60:191-195.
8. Huang, M. C. 2006. Effect of all night lighting on the yield and quality of rice. Master Thesis. Graduate Institute of Agronomy National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC. 55 pp. (in Chinese with English abstract)
9. Lee, Y. J., C. M. Yang and C. L. Hsiao. 2010. Effects of short-term night interruption on the growth, development, and yield of rice. J. Taiwan Agric. Res. 59:1-18. (in Chinese with English abstract)
10. Roberts, E. H. and R. J. Summerfield. 1987. Measurement and prediction of flowering in annual crops. *In: Manipulation of Flowering*. Atherton J. G. (ed.) Butterworths, London.
11. Thomas, B. and D. Vince-Prue. 1996. Photoperiodism in Plants. 2nd ed. Academic Press. New York. 428 pp.
12. Vergara, B. S., S. Puranabhavung and R. Lilis. 1965. Factors determining the growth duration of rice varieties. Phyton 22:177-185.
13. Vergara, B. S. and T. T. Chang. 1985. The flowering response of the rice plant to photoperiod. 4th ed. IRRI, Los Banos, Philippines. 61 pp.
14. Yin, X., M. J. Kropff and M. A. Ynalvez. 1997. Photoperiodically sensitive and insensitive phase of preflowering development in rice. Crop Sci. 37:182-190.
15. Yoshioka, H., S. Hatuyama, H. Kawagoe and N. Kikukawa. 2001. Effects of illuminations at night on heading, yield, and its components in rice grown in the early season in Miyazaki prefecture. Jpn. J. Crop Sci. 70:387-392.

Effects of Night Illumination on the Growth of Rice¹

Chen, R. K.²

Abstract

Twenty rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in Taiwan were used to study the effect of night supplemental lighting, using high pressure sodium lamp and mercury lamp as light sources, on the growth and heading time. Results showed that night illumination affected plant growth and development. Light supplement in the dark period extended the days required for heading, and photo-sensitivity more obvious in the second crop season than that in the first crop season, and the effects of high pressure sodium lamp on extending heading date was stronger than mercury lamp. The response of growth and heading time to night lighting were significantly different among all test entity. Similar results were found in plant height, leaf number and the upper three leave lengths. Results obtained from this study might provide some useful information for farmers to select suitable cultivars to meet the demand in special cultivated condition.

Key words : Rice, Cultivar, Night illumination, Growth

Accepted for publication : May 9, 2011

1. Contribution No.381 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture.

2. Assistant Researcher, Chiayi Branch Station, Tainan District Agricultural Research and Extension Station.