

光源對印度棗生育之研究

邱祝櫻¹ 翁仁憲² 黃明得³

摘 要

夜間日光燈照已證實能影響印度棗之開花及產期，惟不同的光源間可能有不同的影響，因此本試驗以日光燈、鎢絲燈、植物燈、太陽燈，以及不照光(對照)等5種處理，探討其對高朗1號及特龍印度棗生育之影響，以提供學者研究及農民採行之參考。試驗採用逢機完全區集設計，4重複，燈照處理者自6月25日開始，每日於日落後照射12小時，共照射40日。試驗結果顯示，經日光燈、植物燈、鎢絲燈、太陽燈等四種光源光照處理者皆能促進植株提早開花、增加開花數、增加早期著果數及提早產期。施以日光燈及植物燈光照處理者與無光照者其產量較高，而經鎢絲燈及太陽燈處理者其產量較低。鎢絲燈與太陽燈處理及日光燈與植物燈處理者，其產期較未經光照處理者分別提早50及45日。基於光照成本及產量之考量，在本試驗中日光燈乃是最適當之照射光源。

關鍵語：印度棗、光源、開花、產期

前 言

印度棗 (*Ziziphus mauritiana* Lam.) 屬於鼠李科 (Rhamnaceae) 棗屬 (*Ziziphus* Mill.) 植物，和落葉果樹之中國棗 (*Ziziphus Jujuba* Mill.) 同屬不同種，原產於印度、緬甸及中國雲南一帶，澳洲、非洲等地亦有野生種分佈 (1,8,23)。在臺灣，印度棗之產期集中於12月至2月，由於供貨期短，加上果實不耐貯藏的特性，施予產期調節可減少產銷失衡的現象發生⁽²⁾。沈等人於1991年⁽²⁾開始，以每公頃70盞40 W的日光燈於日落後(end of day)照射印度棗植株30-45日，有提早開花、提高著果數、提早產期40-60天的效果。在其後陸續的研究中也有相同的發現^(3,4,5,6,7)。

由於電照在農業生產上，早已成功的被利用在人工氣候室、植物生長箱、植物生長室等人工環境，以及露天栽培⁽⁹⁾中。電照的燈具種類很多，惟一般人工環境中使用之燈具應具有能提供光合作用所需之高光度光源，且能依需要調整光質，例如高壓鈉燈、金屬水銀燈、金屬鹵素燈等等，這些燈具成本

¹.行政院農業委員會高雄區農業改良場副研究員

².國立中興大學生命科學系教授

³.行政院農業委員會台東區農業改良場場長

頗高，較不符合一般露天栽培利用。台灣菊花露天栽培大多以鎢絲燈為主，用來促進花莖的伸長，抑制開花，因而調節開花期⁽⁹⁾。

為了進一步瞭解不同光源對印度棗生育之影響，本試驗擬以鎢絲燈、植物燈、太陽燈等作為不同夜間照光之光源，以比較其與日光燈光照效果之差異，作為學者研究及農民栽培之參考。

材料與方法

本試驗於1995-1996年間，在屏東市進行。試驗分成A、B兩組，A組為高朗1號品種，B組為特龍品種，分別採用逢機完全區集設計法，4重複。棗園園區之行株距為6 m x 6 m。供試之印度棗於2月25日進行強剪及嫁接工作，待新梢長約5 cm時選留2主幹，5月間修剪弱枝，6月25日開始燈照(燈照適期為主幹更新後的120-130日之間，經肉眼觀察枝梢之花苞已形成)，每日於日落後照光12小時，處理期間為40日。處理包括太陽燈(東亞FL-20DEX/18)、植物燈(東亞FL-20BR/18)、日光燈(東亞FL-20D/18)、鎢絲燈(東亞 20 w)等4種不同光源與不照光共5種處理，光照處理區之光源設置高度為棚架上方1 m(總高度大約3 m)。處理之果樹每株各設置燈具1盞，燈照時間以自動開關控制。不照光處理則選擇不受任何光源影響之樹體為對照。每種燈具分別以光譜儀(Spectroradiometer Licor LI-1800)檢測光譜。經光度計(Licor LI-189)檢測枝梢取樣位置之光度，日光燈為3.9-5.2 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、植物燈為4.2-5.5 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、太陽燈為4.0-5.8 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、鎢絲燈為3.5-4.6 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 。

生育期間調查重要園藝性狀，包括枝梢伸長、節數、節間長度、開花數、著果數、產量、產期等。其中枝梢長度、節數、節間長度之調查是取東、西、南、北四個方向，光度在上述範圍中之結果枝計算。開花數是依調查時間之推移計算結果枝累計開花數。著果數是依調查時間之推移計算結果枝累計著果數。產期提早日數是以不照光處理之盛產期為基準推算。

結 果

不同光源之光譜分析相對能量分佈示於表1。在PAR (photosynthetically active radiation)方面，日光燈、植物燈、太陽燈較高，鎢絲燈最低。在紅光與遠紅光的比值(R/FR)上，以植物燈最大(R/FR=84.6)，日光燈及太陽燈次之，分別為R/FR=13.4、R/FR=14，而以鎢絲燈最小(R/FR=1.5)。

表 1. 4種不同光源之相對能量分布 (%)

Table 1. Relative energy distribution in percentage of total energy emission from the four lamp types

Lamp type	Relative energy distribution						R/FR
	Blue 350-500 nm	Green-yellow 500-600 nm	Red 600-700 nm	PAR* 400-700 nm	Far red 700-750 nm	Infrared >750nm	
Fluorescent	38.7	43.7	13.4	93.1	1.0	3.2	13.4
Floral	32.0	14.2	50.8	94.6	0.6	2.4	84.6
Solar	40.5	37.2	18.2	94.5	1.3	2.8	14.0
Incandescent	2.2	6.6	12.5	21.1	8.2	70.5	1.5

*PAR : Photosynthetically active radiation

不同光源處理對高朗1號及特龍品種枝梢生育之影響如圖1-a及圖2-a所示。在照光初期(7月5日)，經不同光源照光處理者其枝梢生育較不照光處理者快速。而不同燈具處理間之差異，高朗1號品種以日光燈處理者枝梢長度最長，特龍品種則以太陽燈處理者最長。唯照光處理者在經過始花期(7月20日)、盛花期(8月5日)、幼果期(8月20日)之後，枝梢生育有趨緩現象，不照光處理則維持一定的生長。此枝梢生育趨緩之現象，在高朗1號品種以太陽燈及鎢絲燈較明顯，日光燈及植物燈之影響較小。在特龍品種以植物燈及鎢絲燈較明顯，太陽燈及日光燈之影響較小。

在節數方面，高朗1號品種經不同光源照光處理者(圖1-b)，在照光初期(7月5日)和不照光處理比較呈顯著差異。在始花期(7月20日)、盛花期(8月5日)、幼果期(8月20日)，以日光燈及不照光處理之節數最多，植物燈及鎢絲燈次之，太陽燈最少。特龍品種(圖2-b)在7月5日調查則各處理間均無顯著差異。始花期、盛花期、幼果期以太陽燈之節數最多，日光燈及不照光處理次之，植物燈及鎢絲燈最少。

在節間長度方面，圖1-c顯示高朗1號品種經照光處理者，大都有節間縮短現象。例如照光初期(7月5日)，照光處理者之節間長度和不照光處理比較，呈顯著差異。特龍品種(圖2-c)也和高朗1號品種之結果相似，唯7月20日調查，照光處理者和不照光處理者之間差異較不顯著。

不同光源處理對高朗1號及特龍品種印度棗開花之影響(圖1-d及2-d))，各照光處理者均於7月20日開始開花，此時不照光處理尚未開花。至8月5日調查發現，高朗1號品種以日光燈處理之開花數最多，和其它處理比較呈顯著差異；植物燈及鎢絲燈次之，太陽燈再次之，不照光處理最少。特龍品種則以日光燈及太陽燈處理之效果最好，和其它處理比較呈顯著差異。鎢絲燈

次之，植物燈再次之，不照光處理最少。8月20日之調查和8月5日有相同之趨勢，唯不照光處理已進入開花期。

在著果數方面，兩品種之照光處理者均在8月5日開始著果，不照光處理則尚未著果(圖1-e及2-e)。高朗1號品種之照光處理者在8月20日調查之結果發現，以鎢絲燈處理之著果數最多，和其它處理比較呈顯著差異。其次依序為日光燈、植物燈、太陽燈，而不照光處理最少。特龍品種也是以鎢絲燈處理之著果數最多，其次依序為太陽燈、植物燈、日光燈，不照光處理最少。

不同光源對高朗1號印度棗產量及產期提早之影響示於表2。產量方面，以日光燈處理之平均每株158 kg最高，唯和植物燈之平均每株150 kg，以及不照光處理之148 kg比較，在統計上沒有顯著差異。但是，上述3處理均較太陽燈處理之平均每株134 kg及鎢絲燈處理之平均每株122 kg產量較高，呈顯著差異。在產期提早日數上，和不照光處理比較，以鎢絲燈及太陽燈之提早50日最早；日光燈、植物燈之提早45日次之。

表2. 不同光源對高朗1號印度棗產量及產期之影響

Table 2. Effects of various lighting source on the yield and yielding date of Kaolang 1 Indian jujube

Treatment	Yield (kg/plant)	Yielding date advanced(day)
Fluorescent	158.6 ^{a+}	45 [#]
Floral	150.3 ^a	45
Solar	134.3 ^b	50
Incandescent	122.8 ^b	50
Untreatment	148.4 ^a	0

+ : Same letter within column indicated no significant differences at 5% level according to Duncan's MRT

: Days advanced is calculated based on the yielding date of control (Jan.1).

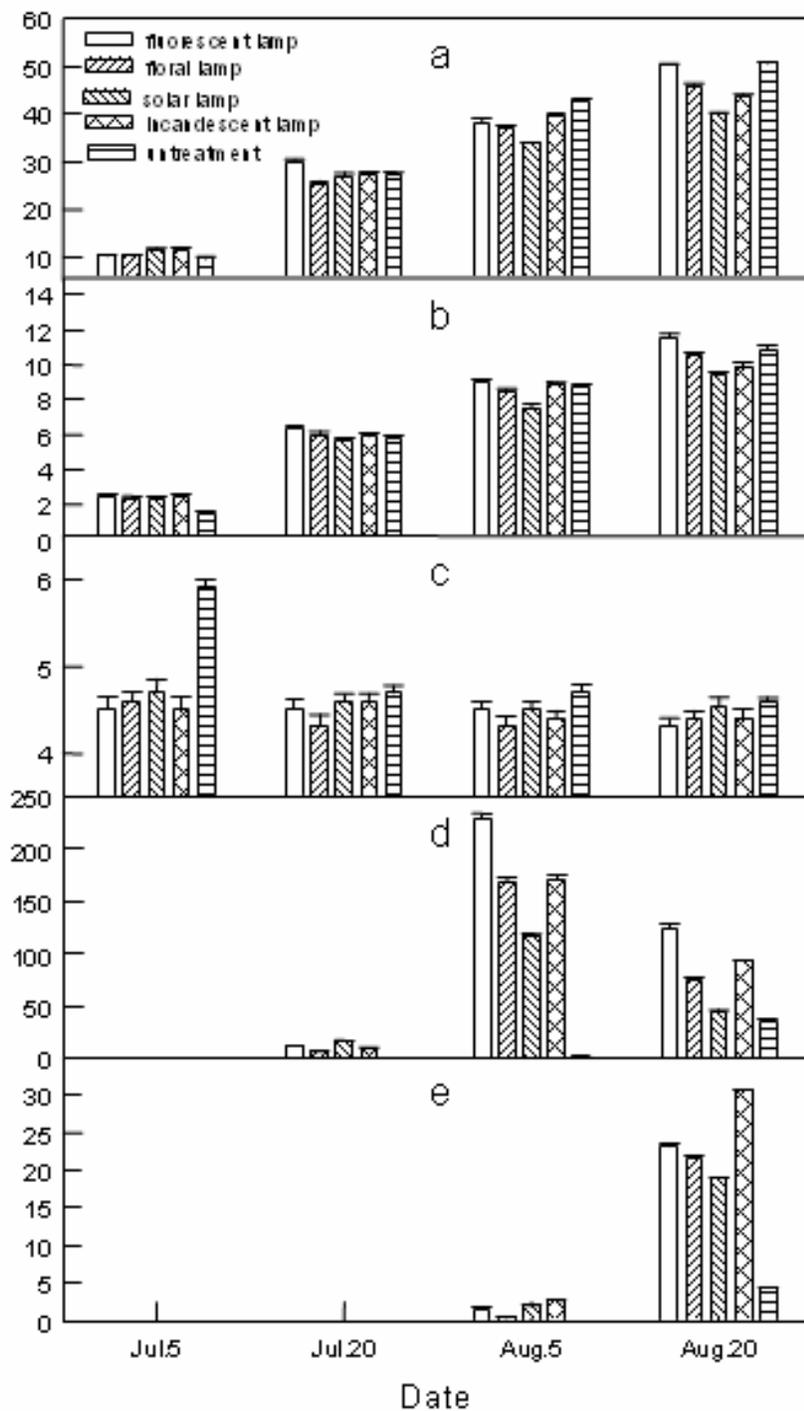


圖 1. 不同光源對高朗 1 號印度棗生育之影響
 Fig 1. Effects of light sources on the development of Kaolang 1 Indian jujube
 a. length of shoot (cm) b. number of node
 c. length of node (cm) d. number of flower
 e. number of fruit set I: SE(n=4)

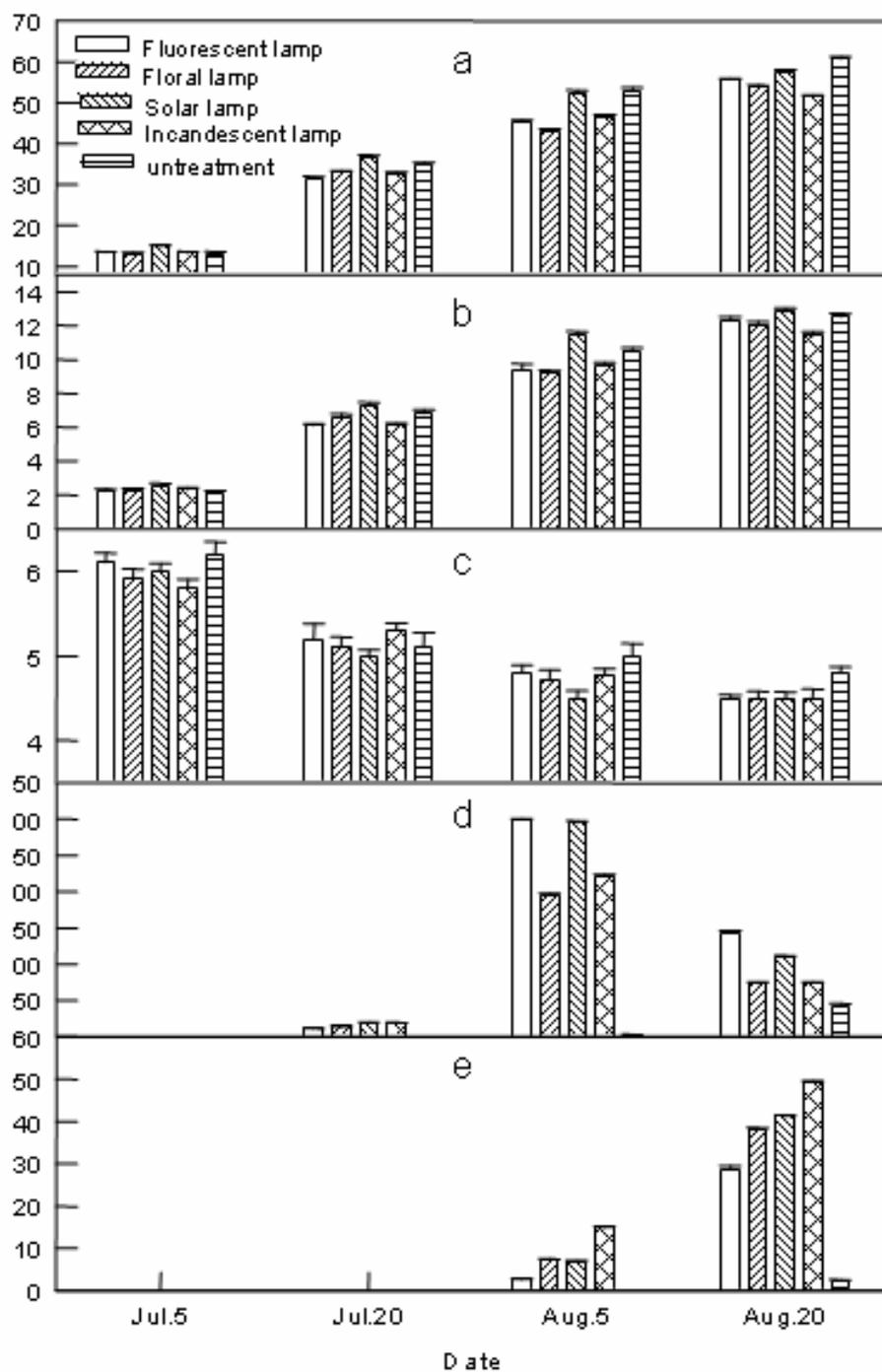


圖 2. 不同光源對特龍印度棗生育之影響

Fig 2. Effects of light sources on the development of Telong Indian jujube

a. length of shoot (cm)

b. number of node

c. length of node (cm)

d. number of flower

e. number of fruit set.

l: SE(n=4)

特龍品種之產量和產期提早日數(表3)和高朗一號品種大致相同，以日光燈處理最高，平均每株產量為141 kg，和其它處理比較呈顯著差異。植物燈及不照光處理者次之，平均每株分別為125 kg及121 kg，二者在統計上無顯著差異。而以鎢絲燈及太陽燈之產量較低，分別為111及106 kg。產期提早日數以鎢絲燈及太陽燈之提早55日最早，日光燈、植物燈之50日次之。

表3. 不同光源對特龍印度棗產量及產期之影響

Table 3. Effects of various lighting source on the yield and yielding date of Telong Indian jujube

Treatment	Yield (kg/plant)	Yielding date advanced(day)
Fluorescent	140.8 ^{a +}	50 [#]
Floral	125.2 ^b	50
Solar	106.5 ^c	55
Incandescent	111.5 ^c	55
Untreatment	121.2 ^b	0

+ : Same letter within column indicated no significant differences at 5% level according to Duncan's MRT .

: Days advanced is calculated based on the yielding date of control(Jan.1).

討 論

光質影響植物的生長與發育⁽²⁴⁾，本試驗中富含紅光的日光燈可以促進印度棗提早開花及提早產期。這結果和以往的研究報告之結果^(2,3,4,5)相同，惟本試驗中也發現，富含紅光的植物燈、太陽燈及富含遠紅光的鎢絲燈都有提早印度棗開花及產期之相同效果。

在農業生產上，這些光源也直接被利用，例如Grimstad發現日光燈有促進番茄移植苗矮化、提早開花、提高開花數之效果⁽¹⁹⁾。Boivin等⁽¹³⁾、Decoteau及Friend⁽¹⁵⁾等人亦證實，每日日落後以日光燈或紅光(600-700 nm)處理番茄移植苗，皆可以提早開花及提高開花數，且日光燈大量應用在溫室中。在菊花的生產上，鎢絲燈常被用來促進花莖的伸長，抑制開花，因而調節花期⁽⁹⁾。唯日光燈和鎢絲燈(白熱燈)比較，輸入一瓦特所產生的光量高4倍；燈具壽命長10倍，不發熱，遠紅光少，價格便宜。

由於日光燈富含紅光，對長日植物而言，將可提早開花。但是，本研究中富含遠紅光的鎢絲燈也可以提早印度棗之開花，此現象在其它的長日植物上也有相同的發現，例如毒麥 (*Lolium temulentum* L.)^(16,17)、天仙子 (*Huoscyanus niger* L.)⁽²⁵⁾、莖苔⁽¹⁸⁾、報春花 (*Anagallis arvensis* L.)⁽²¹⁾、阿拉伯芥 (*Arabidopsis thaliana* L.)^(11,12,14,20,22,26)等植物，以遠紅光作為暗期中斷之光源或於生長中以較低的紅光與遠紅光比值的光質培養，可以提早開花。由於本試驗中所使用之光源均為混合紅光與遠紅光之光質，較難推測定量之影響，唯在實際應用上可直接利用於農業生產。

至於夜間燈照對印度棗提早開花之反應是否受光期或光合作用之影響，根據觀察，印度棗之花期在一年中自5月起至10月間可陸續開花，且枝條經多次修剪後隨枝梢生長而開花，是屬於營養生長與生殖生長並行之植物。邱等人⁽⁷⁾於1993年於6-7月間，每日日落後（當時之自然日長為13小時）以富含紅光的日光燈為光源，進行燈照處理，將植物之明期調整至24小時、21小時、18小時、15小時均可提早開花。故此等結果似乎可說明印度棗不是短日植物。唯本試驗中亦無直接的證據可以證明印度棗為中性植物 (day neutral plant)。且由於邱等人⁽⁷⁾認為印度棗之光照處理是在極低之光合作用有效輻射 (Photosynthetically active radiation) 強度 ($5.0 \mu \text{mol/m}^2/\text{s}$) 下進行，對其光合作用應該不會產生促進之作用。本研究結果也支持上述看法。

本試驗中，植物燈、日光燈和不照光處理的產量相同，太陽燈及鎢絲燈因早期著果數多，中、後期著果數較少，因而總產量較少。唯以往的報告中⁽⁴⁾也指出，產量牽涉到著果情形、疏果方式，以及氣象因子，因此雖然照光處理之早期著果數較多，但常因上述因子之關係，使得產量不甚穩定。在產期方面，各處理均較不照光 (ck) 處理為早，而鎢絲燈及太陽燈處理之產期較其它燈照處理早5日，可能係因早期著果數多，中後期著果少，致使早期果成熟較早。

由本研究中發現，日光燈、植物燈、鎢絲燈、太陽燈均可提早印度棗開花、提高開花數、提早產期。唯基於光照成本及產量之考量，在本試驗中日光燈乃是最適當之照射光源。

參考文獻

1. 丁少華等(編). 1987. 棗. 中國果樹栽培學. pp 578-619. 中國農業科學院. 北京。
2. 沈商嶽、蔡永皞、邱祝櫻、黃明得. 1991. 不同加強光照對印度棗產期及

- 品質影響之研究 I. 加強光照之影響. 高雄區農業改良場研究彙報 4(1):16-21.
3. 邱祝櫻. 1992. 延長光照對印度棗開花及產期之影響. 高雄區農業改良場研究彙報 4(2):1-9.
 4. 邱祝櫻、黃明得. 1994a. 夜間光照對印度棗開花及產期之影響. 中華農業氣象 1(3):115-120.
 5. 邱祝櫻、黃明得. 1994b. 夜間加強光照對印度棗開花及結果之影響. pp 79-86. 台灣經濟果樹栽培技術及應用研討會專輯.彰化。
 6. 邱祝櫻. 1996. 印度棗之產業經營及展望. pp 147-155. 台灣熱帶地區果園經營管理研討會專刊. 屏東。
 7. 邱祝櫻、黃明得、翁仁憲. 1998. 夜間照光時數對印度棗開花及產期之影響. 中華農學會報 新第 182 : 1-11.
 8. 陳敏祥. 1987. 印度棗. 農林廳. 南投。
 9. 黃敏展、朱建鏞. 1984. 電照菊標準照明方法之研究. 興大園藝 9:45-49.
 10. 劉業經、呂福原、歐辰雄. 1994. 台灣樹木誌. PP 534. 國立中興大學農學院叢書。
 11. Bagnall, D. J. 1993. Light quality and vernalization interact in controlling late flowering in *Arabidopsis* ecotypes and mutants. Ann. Bot. 71: 75-83.
 12. Bagnall, D. J., R. W. King, G. C. Whitelam, M. T. Boylan, D. Wagner and P. H. Quail. 1995. Flowering responses to altered expression of phytochrome in mutants and transgenic lines of *Arabidopsis thaliana*(L.) Heynh. Plant Physiol. 108: 1495-1503.
 13. Boivin, C., A. Gosselin and M. J. Trudel. 1987. Effects of supplemental lighting on transplant growth and yield of greenhouse tomato. Hort. Sci. 22: 1266-1268.
 14. Brown, J. A. M. and W. H. Klein. 1971. Photomorphogenesis in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Plant Physiol. 47:393-399.
 15. Decoteau, D. R. and H. H. Friend. 1991. Growth and subsequent yield of tomatoes following end-of-day light treatment of transplants. Hort. Sci. 26: 1528-1530.
 16. Evans, L. T., H. A. Borthwick and S. B. Hendricks. 1965. Inflorescence initiation in *Lolium temulentum* L. VII. The spectral dependence of

- induction. *Aust. J. Bio. Sci.* 18: 745-762.
17. Evans, L. T. 1976. Inflorescence initiation in *Lolium temulentum* L. XIV. The role of phytochrome in long day induction. *Aust. J. Plant Physiol.* 3:207-217.
 18. Friend, D. J. C. 1968. Photoperiodic responses of *Brassica campestris* cv. Ceres. *Physiol. Plant.* 21:990-1002.
 19. Grimstad, S. O. 1981. Interaction of lamp types and irradiance on the growth of tomato plants. *Acta Hort.* 128: 109-116.
 20. Goto, N., T. Kumagai and M. Koornneef. 1991. Flowering responses to light-breaks in photomorphogenic mutants of *Arabidopsis thaliana*, a long-day plant. *Physiol. Plant* 83: 209-215.
 21. Imhoff, C. H., A. Lecharyny., R. Jacques and J. Brulfert. 1979. Two phytochrome dependent processes in *Anagallis arvensis* L.: Flowering and stem elongation. *Plant Cell Environ.* 2: 67-72.
 22. Karlsson, B. H., G. R. Sills and J. Nienhuis. 1993. Effects of photoperiod and vernalization on the number of leaves at flowering in 32 *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae) ecotypes. *Amer. J. Bot.* 80:646-648.
 23. Morton, J. F. 1987. Indian jujube. In: Curtis F. Dowling, Jr. (ed.) *Fruits of Warm Climates.* pp.272-275. Creative Resource Systems, Inc., Winterville N.C., USA.
 24. Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1991. Photomorphogenesis. pp. 438-490. In F. B. Salisbury and C. W. Ross (eds.) *Plant Physiology.* 4th Ed. Wadsworth Inc., USA.
 25. Schneider, M. J., H. A. Borthwick and S. B. Hendricks. 1967. Effects of radiation on flowering of *Hyoscyamus Niger*. *Am. J. Bot.* 54: 1241-1249.
 26. Whitelam, G. C. and H. Smith. 1991. Retention of phytochrome mediated shade-avoidance responses in phytochrome-deficient mutants of arabidopsis, cucumber and tomato. *J. Plant Physiol.* 1 39: 119-125

Studies of light sources on the growth and development of Indian jujube (*Ziziphus mauritiana* Lam.)¹

Chu-Ying Chiou², Jeh-Hsien Weng³, and Ming-Teh Huang⁴

Abstract

Fluorescent light applied in the night forcing the flower and earlier bearing of Indian jujube had been proved. However, light sources might also have various effects on the flowering and bearing in Indian jujube. Four kinds of light resources including fluorescent, floral, solar, and incandescent lamps were used to investigate the flowering and yielding responses of Telong and Kaolang 1. A random complete block design with 4 replications was used in this study. Treated plants were lighted for 12 hours from the evening and started from 25th of June in 1996 for 40 days.

Results showed that the earlier flowering, increasing number of flower and fruit sets, and earlier bearing were found for plants treated four light sources. Higher yields were found for plants lighted with fluorescent, floral light and control. Plants treated with solar and incandescent lights showed lower yield. Yielding date can be advanced 50 and 45 days when plants treated with solar, incandescent and fluorescent, floral lights, respectively. Considering the costs of lighting and yield of Indian jujube, the fluorescent lamp was the most suitable light source in this study.

Key words : Indian jujube, light sources, flowering, yielding date

¹.Associate Researcher, Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station, COA.

². Professor, Institute of Life Science, National Chunghsin University, Taichung, Taiwan, R. O. C.

³.Director, Taitung District Agricultural Research and Extension Station, COA.