



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

Spectral Sensitivity of the Compound Eye in the Green Lacewing, *Mallada basalis* (Neuroptera:Chrysopidae) 【Research report】

基徵草蛉(脈翅目：草蛉科)複眼之光譜感光性【研究報告】

I-Fayn Yang*, Jin-Tun Lin and Chin-Yih Wu
楊伊凡*、林金盾、吳京一

*通訊作者E-mail :

Received: Accepted: 1998/06/08 Available online: 1998/06/01

Abstract

The characteristics of the compound eye of the green lacewing (*Mallada basalis* Walker) were investigated by recording the electroretinograms (ERG) responding to the illumination of various monochromatic light intensities. The frontal region of the right compound eye was stimulated by a flashing light, ranging from 300nm to 700nm, with an interval of 6 sec after 30-min adaptation in a dark environment. The ERG observed shows a biphasical deflection. The spectral sensitivity curve computed by the ERG response displays a peak activity at UV light (λ_{max} 350nm). This peak activity was substantially suppressed after adaptation in a light environment (350nm) for 1 h. Our present result strongly suggests that the compound eye of *M. basalis* is very sensitive to UV light.

摘要

以不同的單色光及光強度刺激基徵草蛉的複眼，觀察其ERG反應的變化。草蛉經過30分鐘的暗適應後，以300nm至700nm每隔10 nm的光波刺激右複眼前額區域，每隔6秒鐘刺激一次，每次刺激時間是300ms，經4次之反應平均加算後記錄其ERG。草蛉的ERG為雙相波。計算所得之光譜感光曲線在350nm (λ_{max} 350nm)處有一高峰，它與Dartnall 350nm之標準色素曲線極為吻合。複眼以350nm的光波適應一小時後，其 λ_{max} 有明顯的被抑制，但其他部份未有變化。

Key words: *Mallada basalis*, electroretinogram, ERG, spectral sensitivity.

關鍵詞: 草蛉·網膜電圖·光譜感光曲線

Full Text:  [PDF\(0.39 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

基徵草蛉(脈翅目：草蛉科)複眼之光譜感光性

楊伊凡* 臺北醫學院解剖學科 臺北市吳興街250號；國立台灣師範大學生物學系
林金盾 吳京一 國立臺灣師範大學生物學系 臺北市汀洲路4段88號

摘要

以不同的單色光及光強度刺激基徵草蛉的複眼，觀察其ERG反應的變化。草蛉經過30分鐘的暗適應後，以300nm至700nm每隔10nm的光波刺激右複眼前額區域，每隔6秒鐘刺激一次，每次刺激時間是300ms，經4次之反應平均加算後記錄其ERG。草蛉的ERG為雙相波。計算所得之光譜感光曲線在350nm(λ_{max} 350nm)處有一高峰，它與Dartnall 350nm之標準色素曲線極為吻合。複眼以350nm的光波適應一小時後，其 λ_{max} 有明顯的被抑制，但其他部份未有變化。

關鍵詞：草蛉，網膜電圖，光譜感光曲線。

前言

基徵草蛉(*Mallada basalis* Walker)分布甚廣，北由日本中部，南至台灣太平洋沿岸(Shiraki, 1981; Zelený, 1984)。因其肉食性，尤其喜歡捕食侵害台灣經濟植物的蟎類、蚜蟲、粉蝨、介殼蟲、同翅目、鱗翅目、鞘翅目的卵及初齡幼蟲(Ridgway and Murphy, 1984)。在台灣，正在推廣利用基徵草蛉來進行生物防治，減少農藥及殺蟲劑的使用(Wu, 1995)，以期增加經濟作物的收成(Huffaker *et al.*, 1977; Wu, 1992, 1995; Chang and Huang, 1995)。

基徵草蛉在黃昏時出來活動、捕食以及尋找配偶。這些行為除依賴費洛蒙外，尚需

有視覺的輔助才能圓滿達成(Henry, 1984)。基徵草蛉一側之複眼由600個小眼所形成，每個小眼有八個視細胞，而它之光感覺至今並不完全瞭解(Yang *et al.*, 1998)。

記錄昆蟲複眼的視細胞對光刺激所產生之電位，稱為網膜電圖(electroretinogram, ERG)(Green and Cosens, 1983; Wu, 1989; Lin and Wu, 1992)。研究昆蟲複眼光感覺，即由ERG計算繪出光譜感光曲線來探討，是目前最常用的方法(Lall *et al.*, 1985; Wu, 1989; Lin and Wu, 1992)。本研究的目的是以記錄ERG的方法，探討基徵草蛉複眼對光的感應，以了解這種昆蟲視細胞的性質。

材料與方法

基徵草蛉成蟲是由台灣省茶葉改良場文山分場所提供。將這些成蟲飼養在光週期12L:12D，溫度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ，溼度40%相對溼度的生長箱中，以蜂蜜：酵母(brewer's yeast)=1:1之比率混合後餵養之。

一、實驗之準備

先將基徵草蛉成蟲放入冰箱冷凍室(-18°C)2分鐘低溫麻痺使之不動。剪去觸角、翅及三對附肢後，用蜂蠟將昆蟲頭胸部固定於固定台上，取煮過之黑色蜂蠟遮蓋左複眼。在解剖顯微鏡下，用鋒利刀片挑去右複眼前額區域(frontal region; Hardie *et al.*, 1979)的15個左右之小眼晶體，露出一個三角形小孔，然後以昆蟲林格氏液(insect Ringer's solution; NaCl: 0.75g, KCl: 0.035g, CaCl_2 : 0.021g溶於100ml蒸餾水)滴於該孔上避免乾燥。以微細玻璃電極(充滿3M氯化鉀，尖端電阻3~5M Ω)斜插於此一小孔中做為記錄電極(recording electrode)。ERG是屬於一種胞外記錄，將記錄電極靠近一群視細胞，記錄這些視細胞因光刺激所產生的電位反應。另取一浸潤林格氏液的棉線置於胸部背面並接上一鎢絲電極做為無關電極(indifferent electrode)。

二、ERG之測定、記錄及收集

測定ERG的實驗裝置如圖一。每次實驗須先將前述固定好的草蛉成蟲於黑暗適應30分鐘後才開始。刺激光源為400W 氙弧光燈(圖一A燈源)。光線經過閘門後，通過一個單色光儀(monochromator)以便選擇實驗所需單色光，這單一波長的色光經由石英光導管(quartzlight guide, ϕ 2mm)傳送至昆蟲右複眼上。光導管與複眼間之距離保持在1cm。

利用電刺激儀(electronic stimulator, SEN-7103, Nihon Kohden)來控制閘門開關

的時間，每隔6秒鐘光刺激一次，刺激持續時間(duration)為300ms。刺激右複眼所得的ERG經由前置放大儀(pre-amplifier, GRASS P5)放大後，傳送至數位示波儀(adscope, ATAC-250, Nihon Kohden)並經四次之平均加算後用記錄儀(recorder, AT-4000, Gould)記錄。

前述單色刺激光的能量(Energy, μW 為單位)先以光能量計測器(radiometer, UDT)測量。實驗所用波長的參考強度($\log I=0.0$)調整為 7.74×10^{19} quanta $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。刺激複眼之單色光可用衰減濾片來調整各光波強度。

三、數據之收集

ERG之數據係以ERG之興奮正峰(on-effect)的高度為準(Burkhardt, 1962)。

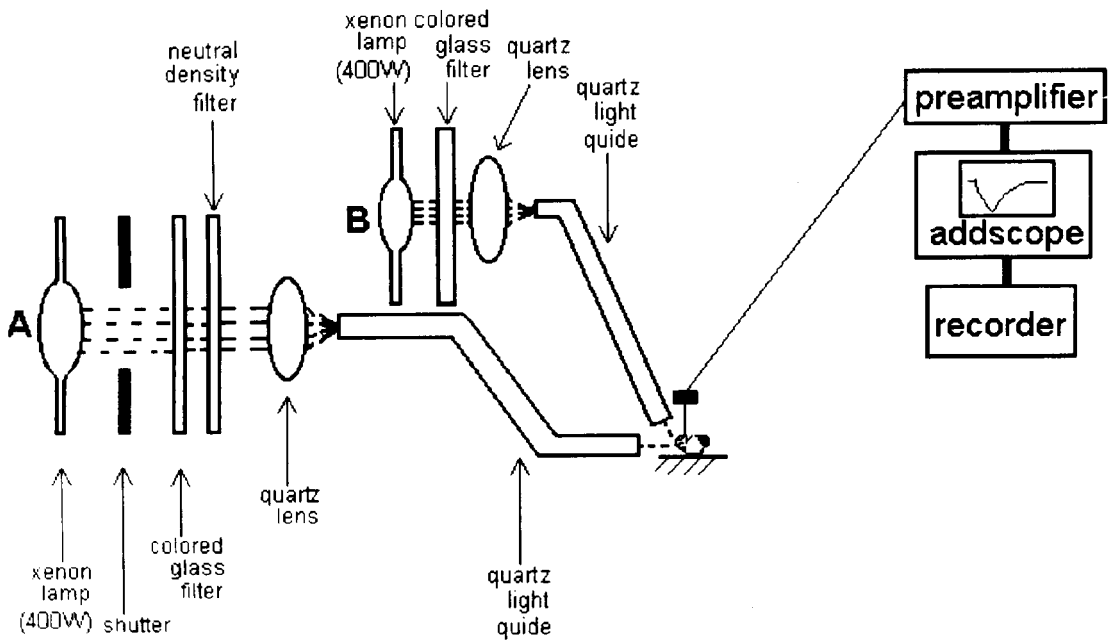
四、光適應(light adaptation)後的測定

如前述方法在全暗適應之條件下，經不同波長之光刺激右眼並記錄ERG，計算並繪出光譜感光曲線(light spectral sensitivity)。另以最大吸光(λ_{max})的單色光持續照射右複眼一小時，便是光適應(圖一B)。然後在 λ_{max} 單色光繼續照射之條件下，重新量出光譜感光曲線。再次放在全暗之環境下45分鐘，測出光譜感光曲線，觀察視細胞興奮回復之情形。

結 果

一、ERG

基徵草蛉雄蟲與雌蟲之間的ERG並沒有差別。由草蛉複眼所記錄的ERG波型(圖二)類屬神經細胞之過極化(hyperpolarization)電位(Menzel and Blakers, 1976; Matic and Laughlin, 1981; Payne and Howard, 1981)現象。電位振幅會因不同波長光之刺



圖一 ERG實驗裝置圖。A燈源表示刺激光源，B燈源表示光適應光源之用。

Fig. 1. Diagram of the experimental apparatus for recording the ERG.

A lamp source: for stimulating light.

B lamp source: for light adaptation.

激而有所增減，而最大振幅不會超過 $-2.5 \sim -3$ mV。色光使用不同衰減濾片改變強度，所得的ERG振幅，也隨著強度的強弱而增減。

二、光譜感光性

波長自300nm至700nm之間，每隔10nm波長的色光刺激複眼所得之ERG中，以其最大電位值訂為1.0，再與其他色光所得之ERG電位比較後，求出相對比值即是相對感光性(relative light sensitivity) (Struwe, 1972; Mayer-Rochow, 1981; Wu, 1989; Lin and Wu, 1992)。本實驗所得之光譜感光曲線，即在350nm處發現有一個最大吸光($\lambda_{max}=350nm$; $n=12$) (圖三)。並根據Dartnall標準色素曲線(Dartnall's nomogram curves) (Dartnall, 1953; Ebrey

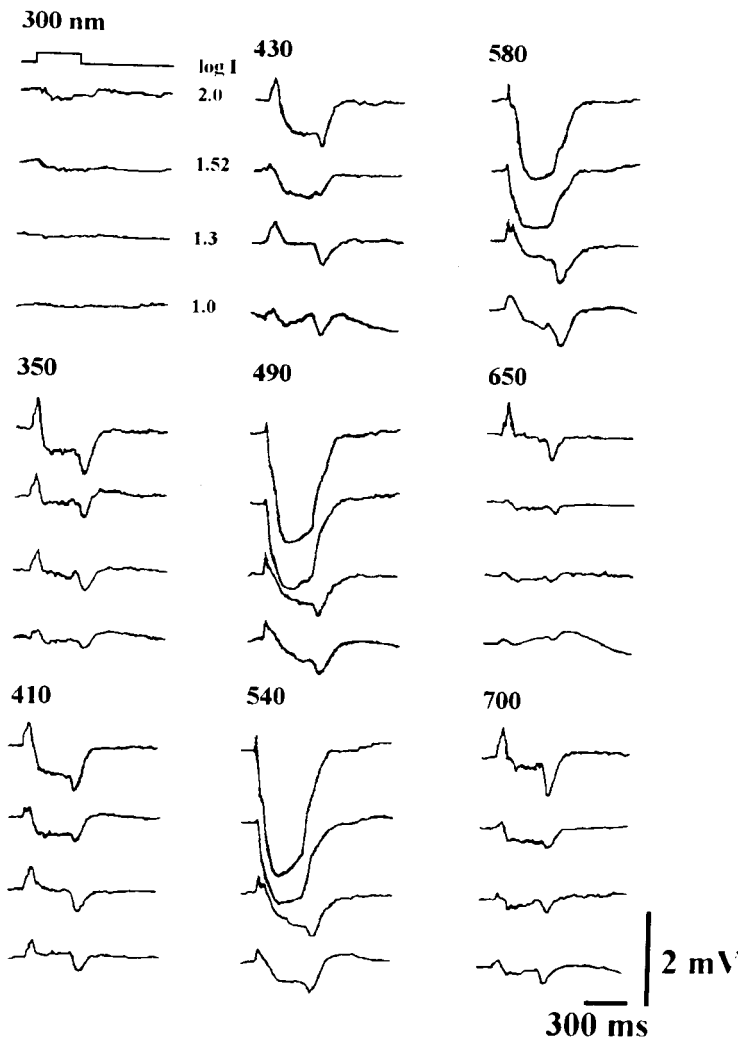
and Honig, 1977)，比較其中可吸收350nm波長之色素(p350)曲線，結果與本實驗所測得的光譜感光曲線極符合(圖三)。

三、光適應的影響

由於前述實驗結果得知，草蛉右複眼的前額區域之 λ_{max} 是350nm。因此另以350nm的單色光連續照射右複眼同一部位60分鐘(圖一B燈源)，使牠光適應後，所得之光譜感光曲線，較未光適應前有降低的現象，但同樣在350nm處有明顯的被抑制，而其他光波的變化較小(圖四)。

四、視細胞興奮之回復

經光適應實驗後，視細胞再經過45分鐘的全暗適應，其光譜感光曲線，較接近於未



圖二 複眼對於不同強度色光刺激後反應之ERG，強度以log I來表示。

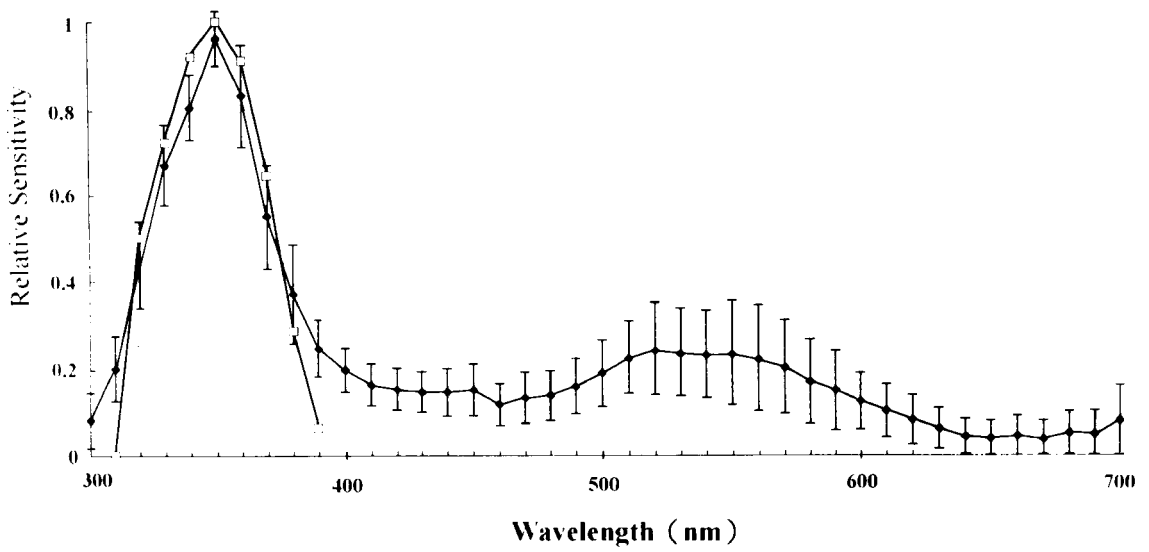
Fig. 2. ERG activities of the compound eye of the green lacewing. Different amplitudes of the ERG were initiated by the illumination of various monochromatic lights (log I).

光適應前之光譜感光曲線(圖四)。

討 論

ERG是利用胞外記錄所測得的電位圖譜，即是一群視細胞受到光刺激而共同產生的反應，其過極化波型即表示興奮(Matic and Laughlin, 1981)。昆蟲複眼目前已知具

有兩種ERG電位波型：一是慢速、單相負波(slow and monophasic negative deflection)，在鱗翅目的蛾及蝶類(Eguchi and Horikoshi, 1984)和鞘翅目的瓢蟲類(Lin and Wu, 1992)發現；二是快速、雙相波(fast and biphasical deflection)(Autrum, 1958)，在雙翅目中發現(Wu, 1989)。草蛉複眼之ERG是屬於雙相波。

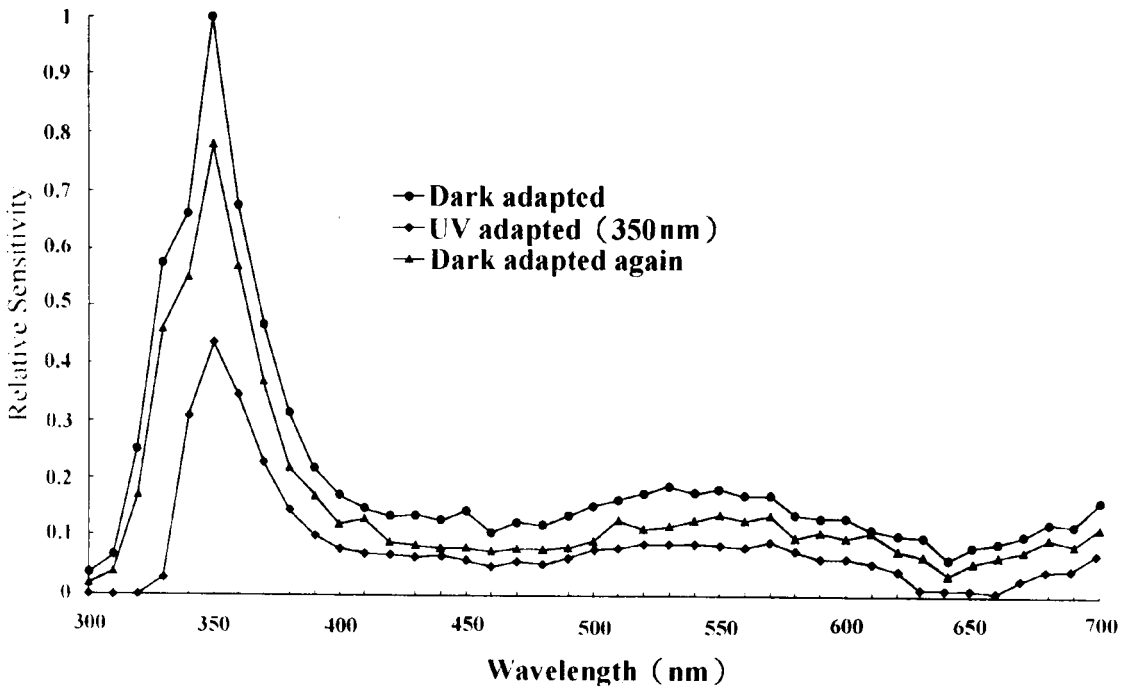


圖三 光譜感光曲線與標準色素曲線之關係。

□ : Dartnall's標準色素曲線 ; ◆ : 光譜感光曲線(n=12)

Fig. 3. A correlation for spectral sensitivity curve and Dartnall's nomogram curve.

□ : Dartnall's nomogram curve; ◆ : spectral sensitivity curve (n=12).



圖四 暗適應與光適應(350nm)之光譜曲線比較。

Fig. 4. Spectral sensitivity curves on dark and UV (350nm) light adaptations.

基徵草蛉之 λ_{\max} 是350nm，而若以350nm(紫外光)的光做為光適應後，得到的光譜感光曲線，發現是350nm的高峰明顯地被抑制55%，再次經過全暗適應45分鐘之久，其結果雖較接近於尙未光適應前的光譜感光曲線，但未能完全回復，其原因係部份感光細胞的錐狀體(rhabdom)在強光連續照射之下被破壞所致(Meinecke and Langer, 1984)。

草蛉複眼的光譜感光曲線與吸收350nm(p350)色素之曲線(Dartnall's nomogram curve)極符合。由於感光曲線350nm處只有一高峰，及吸收p350色素之標準色素曲線與感光曲線350nm極相符合。這兩者證明基徵草蛉前額部位之複眼只有吸收紫外光的色素顆粒之視細胞(Ebrey and Honig, 1977)存在。

許多昆蟲複眼皆具有接受紫外光的感光視細胞；如東方果實蠅348nm(Wu, 1989)、果蠅350nm(Stark, 1975)、瓢蟲360~380nm(Lin and Wu, 1992)、鳳蝶360nm(Arikawa *et al.*, 1987)、蜻蜓360nm(Yang and Osorio, 1991)。這結果也在蝶角蛉科的昆蟲發現，牠的複眼背額部份(dorso-frontal part)的視細胞群只接受紫外光部份(Gribakin *et al.*, 1995)。至於基徵草蛉複眼除前額以外之部位對色光之感覺及小眼內八個視細胞中，那些細胞是對紫外光有興奮，這將俟未來做視細胞內記錄來探討。

誌 謝

感謝台灣省茶葉改良場文山分場顏辰鳳小姐提供草蛉成蟲，俾使實驗順利完成，謹此致謝。

參考文獻

- Arikawa, K., K. Inokuma, and E. Egu-chi. 1987. Pentachromatic visual system in a butterfly. *Naturwis* 74: 297-298.
- Autrum, H. 1958. Electrophysiological analysis of the visual systems in insects. *Expl. Cell Res. Suppl.* 5: 426-439.
- Burkhardt, D. 1962. Spectral sensitivity and other response characteristics of single visual cells in the arthropod eye. *Sym. Soc. Exp. Biol.* 16: 86-109.
- Chang, C. P., and S. C. Huang. 1995. Evaluation of the effectiveness of releasing green lacewing, *Mallada basalis* (Walker) for the control of tetranychid mites on strawberry. *Plant Prot. Bull.* 37: 41-58 (in Chinese).
- Dartnall, H. J. A. 1953. The interpretation of spectral sensitivity curves. *Br. Med. Bull.* 9: 24-30.
- Ebrey, T. G., and B. Honig. 1977. New wavelength dependent visual pigment nomograms. *Vision Res.* 17: 147-151.
- Eguchi, E., and T. Horikoshi. 1984. Comparison of stimulus-response (V-log I) functions in five types of lepidopteran compound eyes (46 species). *J. Comp. Physiol.* 154: 3-12.
- Green, C. H., and D. Cosens. 1983. Spectral responses of the tsetse fly *Glossina morsitan* Morsitan. *J. Insect Physiol.* 29: 795-800.
- Gribakin, F., E. Alekseyev, S. Shuko-

- Iyukov, and M. Gogala.** 1995. Unconventional ultraviolet sensitivity spectra of *Ascalaphus* (Insecta: Neuroptera). *J. Comp. Physiol.* A177: 201-206.
- Hardie, R. C., N. Franceschini, and P. D. McIntyre.** 1979. Electrophysiological analysis of fly retina. II. Spectral and polarization sensitivity in R7 and R8. *J. Comp. Physiol.* 133: 23-39.
- Henry, C. S.** 1984. Life histories and behavior - the sexual behavior of green lacewing. pp. 101-110. in: M. Canard, Y. Séméria, and T. R. New, eds. *Biology of Chrysopidae*. Junk Publishers, Netherlands.
- Huffaker, C. B., R. L. Rabb, and J. A. Longan.** 1977. Some aspects of population dynamics relative to augmentation of natural enemy action. pp. 3-38. In: R. L. Ridgway, and S. B. Vinson, eds. *Biological Control by Augmentation of Natural Enemies*. Plenum Press, New York.
- Lall, A. B., E. T. Lord, and C. O. Trouth.** 1985. Electrophysiology of the visual system in the cricket *Gryllus firmus* (Orthoptera: Gryllidae): spectral sensitivity of the compound eyes. *J. Insect Physiol.* 31(5): 353-357.
- Lin, J. T., and C. Y. Wu.** 1992. A comparative study on the color vision of four coleopteran insects. *Bull. Inst. Zool., Academia Sinica.* 31(2): 81-88.
- Matic, T., and S. B. Laughlin.** 1981. Changes in the intensity-response function of an insect's photoreceptors due to light adaptation. *J. Comp. Physiol.* A145: 169-177.
- Mayer-Rochow V. B.** 1981. Electrophysiology and histology of the bumblebee *Bombus hortorum* (L.) (Hymenoptera: Apidae). *J. Royal Soc. N. Z.* 11: 123-153.
- Meinecke, C. C., and H. Langer.** 1984. Localization of visual pigments within rhabdoms of the compound eye of *Spodoptera exempta* (Insecta: Noctuidae). *Cell Tissue Res.* 238: 359-368.
- Menzel, R., and M. Blakers.** 1976. Colour receptors in the bee eye-morphology and spectral sensitivity. *J. Comp. Physiol.* 108: 11-33.
- Payne, R., and J. Howard.** 1981. The response of an insect photoreceptor: a simple log-normal model. *Nature* 290: 415-416.
- Ridgway, R. L., and W. L. Murphy.** 1984. Biological control in the field. pp. 220-228. in: M. Canard, Y. Séméria, and T. R. New, eds. *Biology of Chrysopidae*. Junk Publishers, Netherlands.
- Shiraki, T.** 1981. Family Chrysopidae. pp. 301-302. in: *Classification of Insects*. Hokuryukan, Tokyo.
- Stark, W. S.** 1975. Spectral selectivity of visual response alterations mediated by interconversions of nature and intermediate photopigments in *Drosophila*. *J. Comp. Physiol.* 96: 343-356.
- Struwe, G.** 1973. Spectral sensitivity of the compound eye in a moth. Intra-

- and extracellular recordings. *Acta Physiol. Scand.* 87: 63-68.
- Wu, C. Y.** 1989. Receptors in insects II. Electroretinogram of the compound eye in the oriental fruit fly (*Dacus dorsalis* Hendel). *Bull. Inst. Zool., Academia Sinica.* 28(1): 7-13.
- Wu, T. K.** 1992. Feasibility of controlling citrus red spider mite, *Panonychus citri* (Acarina: Tetranychidae) by green lacewing, *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae). *Chinese J. Entomol.* 12: 81-89 (in Chinese).
- Wu, T. K.** 1995. Integrated control of *Phyllocnistis citrella*, *Panonychus citri*, and *Phyllocoptruta oleivora* with periodic releases of *Mallada basalis* and pesticide applications. *Chinese J. Entomol.* 15: 113-123 (in Chinese).
- Yang, E. C., and D. Osorio.** 1991. Spectral sensitivities of photoreceptors and lamina monopolar cells in the dragonfly, *Hemicordulia tau*. *J. Comp. Physiol.* A169: 663-669.
- Yang, I. F., J. T. Lin, and C. Y. Wu.** 1998. Fine structure of the compound eye of *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae). *Entomol. Soc. Am.* 91(1): 113-121.
- Zeleny, J.** 1984. Habitats and phenology—Chrysopid occurrence in Palearctic temperate forests and derived biotopes. pp. 151-160. in: M. Canard, Y. Séméria, and T. R. New, eds. *Biology of Chrysopidae*. Junk Publishers, Netherlands.

收件日期:1998年2月23日

接受日期:1998年6月8日

Spectral Sensitivity of the Compound Eye in the Green Lacewing, *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae)

I-Fayn Yang*, Jin-Tun Lin and Chin-Yih Wu Department of Biology, National Taiwan Normal University, 88, Section 4, Ting-chou Road, Taipei, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

The characteristics of the compound eye of the green lacewing (*Mallada basalis* Walker) were investigated by recording the electroretinograms (ERG) responding to the illumination of various monochromatic light intensities. The frontal region of the right compound eye was stimulated by a flashing light, ranging from 300nm to 700nm, with an interval of 6 sec after 30-min adaptation in a dark environment. The ERG observed shows a biphasical deflection. The spectral sensitivity curve computed by the ERG response displays a peak activity at UV light (λ_{\max} 350nm). This peak activity was substantially suppressed after adaptation in a light environment (350nm) for 1 h. Our present result strongly suggests that the compound eye of *M. basalis* is very sensitive to UV light.

Key words: *Mallada basalis*, electroretinogram, ERG, spectral sensitivity.