



【Research report】

番茄夜蛾 (*Heliothis armigera*) 複眼之光譜感光性 【研究報告】

吳京一、林金盾

*通訊作者E-mail :

Received: Accepted: 1989/12/16 Available online: 1990/06/01

Abstract

摘要

利用網膜電圖 (Electroretinogram, ERG) 法及視細胞 (retinular cell) 胞內記錄法 (intra-cellular recording method) · 研究番茄夜蛾 (*Heliothis armigera*) 複眼之光譜感光度 (spectral sensitivity) 。以322 nm 至 701 nm 光域測番茄夜蛾複眼之光譜感光曲線 (spectral sensitivity curve) 中, 發現有3個最大吸光域 (λ_{max}) · 各為349 nm (紫外光部分) · 491 nm (藍色光部分) 及559 nm (綠色光部分) 。胞內記錄法查驗 · 只發現藍色與綠色感光細胞之存在 · 而未發現吸收紫外光感光細胞 · 由以上之事實 · 可以推論: 番茄夜蛾光譜感光曲線中 · 紫外光部分 · 實係藍色或綠色感光細胞所誘起的次級反應 (secondary response) 。

Key words:

關鍵詞: 番茄夜蛾 · 光譜感光性 · 複眼 · 網膜電圖 · 胞內記錄。

Full Text:  [PDF\(0.33 MB\)](#)

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

番茄夜蛾 (*Heliothis armigera*) 複眼之光譜感光性

吳 京 一 林 金 盾

國立臺灣師範大學生物研究所、生物系

(接受日期: 1989 年 12 月 16 日)

摘 要

利用網膜電圖 (Electroretinogram, ERG) 法及視細胞 (retinular cell) 胞內記錄法 (intracellular recording method), 研究番茄夜蛾 (*Heliothis armigera*) 複眼之光譜感光度 (spectral sensitivity)。

以 322 nm 至 701 nm 光域測番茄夜蛾複眼之光譜感光曲線 (spectral sensitivity curve) 中, 發現有 3 個最大吸光域 (λ max), 各為 349 nm (紫外光部分), 491 nm (藍色光部分) 及 559 nm (綠色光部分)。胞內記錄法查驗, 只發現藍色與綠色感光細胞之存在, 而未發現吸收紫外光感光細胞。

由以上之事實, 可以推論: 番茄夜蛾光譜感光曲線中, 紫外光部分, 實係藍色或綠色感光細胞所誘起的次級反應 (secondary response)。

(關鍵詞: 番茄夜蛾, 光譜感光性, 複眼, 網膜電圖, 胞內記錄)

前 言

在解剖組織學上, 蛾類之重覆 (superposition) 複眼與蝶類之並列 (apposition) 複眼之間有甚大的區別。在蛾類, 晶體幹 (crystalline tract) 被移動性色素 (migrating pigments) 包圍著, 而晶體幹延長部分, 如: 桿狀體 (rhabdom) 與晶錐體 (crystalline cone) 有明顯的分開 (Struwe, 1973; Yagi and Koyama, 1963)。除此之外, 由其日常行為上雖然他們有色覺 (colour vision), 蝶類是白天活動, 而蛾類即在黃昏至夜間活動 (Obara, 1970; Swihart, 1971)。由於胞內記錄法之結果, 並列複眼之某些昆蟲對光波長鑑別能力上受到其持有之各種不同光譜的光感受器的影響。至於持有重覆複眼的蛾類到底有無此現象, 是一有興趣的問題。

材 料 與 方 法

成蟲經低溫麻醉及用蜂蠟固定其頭胸部, 腳, 翅膀於固定板上。在放大鏡之下, 以小刀剔出左複眼上方小眼之晶體部分, 以便插入記錄電極之用。另取鎢絲插入頭胸部為不關電極之用。其大部分之記錄方法見已發表之論文 (Wu, 1989)。

(一) 光 源

光刺激所使用之光, 即利用氙弧燈 (xenon arc lamp) 所發出的光 (300w), 而未經單色光濾

鏡 (monochromatic colour filter) 及衰減濾片 (neutral density filter) 稱為全光 (white light) (Meyer-Rochow, 1981; Wu, 1989)。該全光經過各種單色光濾鏡, 石英凸透鏡及直徑 2.0 mm, 長 95 cm 的石英導管 (quartz guide), 成為單色光。不管全光或單色光, 其石英導管在左複眼 1 cm 處保持並照射之。

本實驗使用多片衰減濾片及 15 種波長的單色光濾鏡, 其穿透波長分別為 322, 340, 349, 360, 380, 400, 432, 460, 491, 520, 559, 591, 620, 649 及 701 nm。

使用多片衰減濾片使光強度依相對對數值 (log) 逐次增強或減弱, 並使用光能測定儀 (radiometer U. T. I.) 測定實驗使用的光能。在本實驗中之光照射 (光刺激) 持續時間始終為 300 msec。

每一隻成蟲在實驗 (照光) 開始前, 先暗處理 30 分鐘以使複眼呈暗適應狀態, 如此可使黑色素移至小眼內之表面。

(一) 記 錄

(1) 網膜電圖 (Electroretinogram, ERG) 記錄

以先端 20 μm 之鎢絲電極置於已開孔之複眼上, 以電極微動儀 (micromanipulator) 使電極斜插孔內, 每一微動一次即全光刺激一次, 經光刺激所得之 ERG, 藉著鎢絲電極導引至微電極放大器, 再輸入至示波儀。決定電極之深度, 即觀察示波儀, 以得最大 ERG 為止。

(2) 胞內記錄

以先端 0.1~0.5 μm 注滿 3 M KCl 之玻璃電極 (先端阻抗為 100~150 mega ohm), 使用電極微動儀, 由孔斜插得至靜止電位 (resting potential) (-30~-40 mV), 且在三分鐘內, 其靜止電位不變者為實驗對象。

無論是 ERG 或胞內之記錄, 先以全光刺激, 俟得其最大之 ERG 或活動電位後, 再經過 30 分鐘之暗適應後, 改以各種光強度及各種波長之單色光刺激複眼, 並照相記錄其結果。每一次之刺激後, 須俟 30 秒後再進行下一次之光刺激 (Wu, 1989)。

每一系列 (包括各種光強度及光波長) 之全部實驗結束後, 再以重覆刺激一次, 檢查同一條件狀況的光刺激下所得之電位是否有變化, 以便確定複眼在實驗進行中, 沒有改變其興奮性。

(二) 光譜感光性 (spectral sensitivity) 之作圖

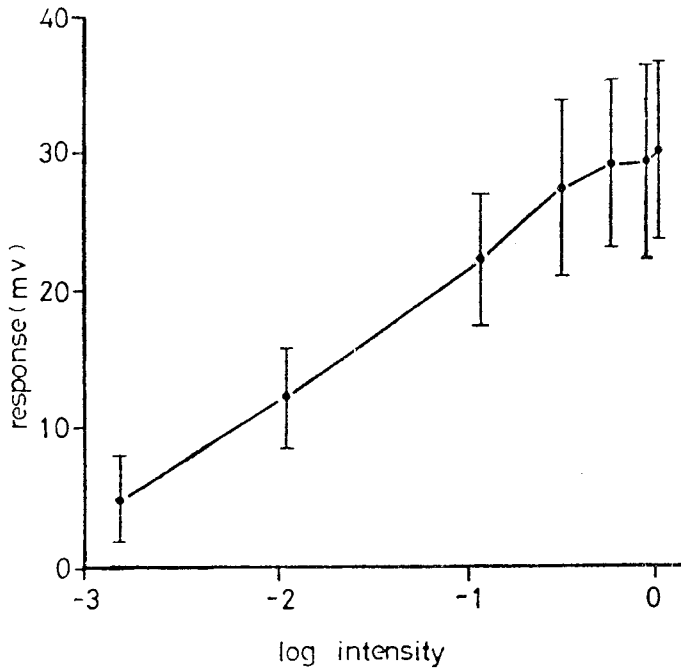
夜蛾經 30 分鐘的暗適應後, 記錄以各種波長及強度之色光刺激複眼時, 所得之 ERG 電位, 計算其反應值 (Green and Cosens, 1983), 並畫出刺激強度—反應曲線 (intensity-response curve), 然後選定反應標準值 (criterion response)。以此值之倒數即被定義為相對感度 (relative sensitivity) (Green and Cosens, 1983; Wu, 1989), 而由各波長單色光之相對感度之值相連即可求出光譜感光性 (spectral sensitivity)。

結 果

(一) ERG

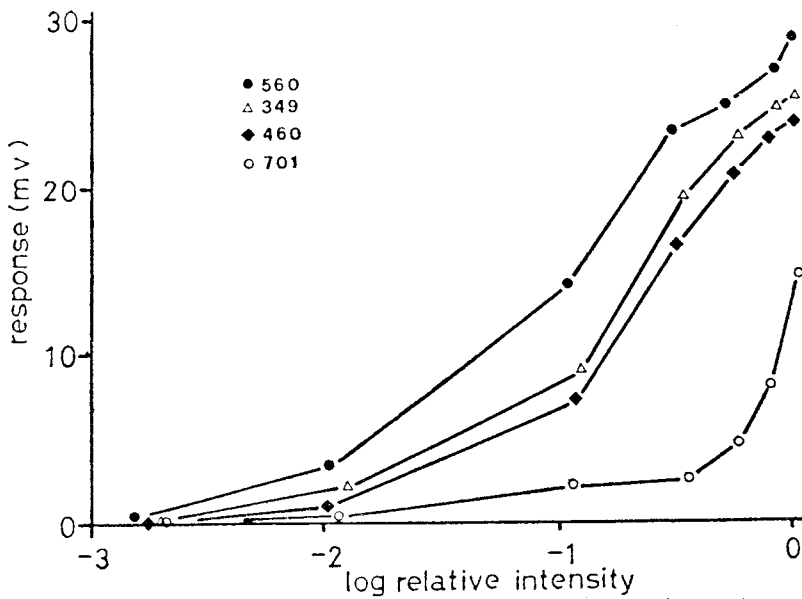
鎢絲電極插入左複眼, 以氬弧燈所發出之全光照射, 可以得到單相性 (monophasic) 的負電位。如果所得之 ERG 為兩相性, 應被判斷為該 ERG 為視神經節 (optic ganglion) 發生之反應 (Eguchi等, 1982) 而棄之不用。

在原有之光強度 (即未加任何衰減濾片) 時為基本強度 ($\log I=0$), 而以其衰減程度以 log 表示時, 其光強度—反應曲線如圖一。於圖一, 雖然其反應參差不齊, 但也可看出 ERG 之反應隨著光強度之大小而增減, 惟在某一程度之以上光強度 (如 $\log I=-1$ 至 0.0), 其 ERG 之大小不再增加 (圖一)。



圖一 夜蛾複眼接受全光時之 ERG 強度——反應曲線

Fig. 1. ERGs' response-intensity curve. Whole light intensity ($\log I$): 0 to -2.8 ; average $V/\log. I$ curve with standard deviation bars.



圖二 四種單色光 (560, 349, 460, 701 nm) 所得 ERG 之強度——反應曲線

Fig. 2. 4 ERGs' response-intensity curves. Wavelength: 349, 460, 560, 701 nm.

(一) 單一視細胞活動電位

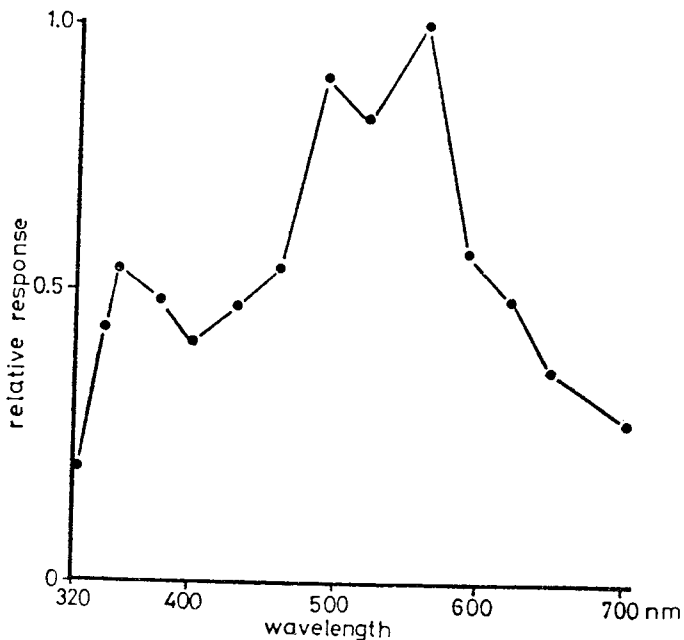
以極尖銳之玻璃電極插入視細胞內，所得到之靜止電位為 $-35 \pm 5 \text{ mV}$ ($n=8$)。以各種不同光波及強度刺激，所得之活動電位皆為單相性去極化電位 (monophasic depolarization)。其活動電位亦隨著單色光刺激大小而增減。

(二) 光譜感光曲線

以 15 種色光之逐次增加或衰減的光強度之下，刺激複眼，計算其反應值，並畫出強度—反應曲線。

複眼對同一波長之色光之反應，即光刺激強度愈強，所產生的 ERG 愈大；反之，愈小。圖二顯示，不同波長，不同光強度的單色刺激夜蛾複眼所得 ERG 反應值之變化。於本圖，雖然只表示四種色光之波長，但其他十一種色光所引起之強度—反應曲線顯示亦大約與這四種強度—反應曲線成平行。

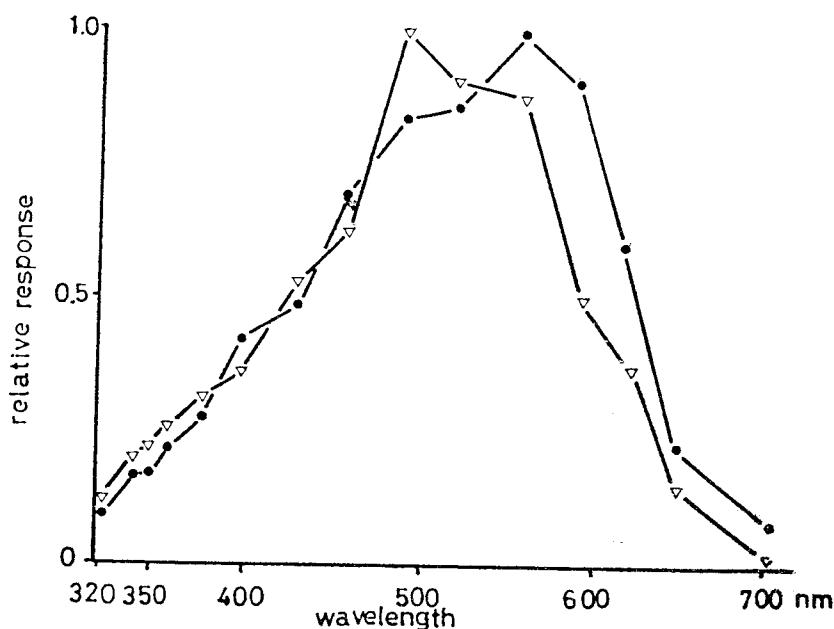
在 ERG 實驗中，其反應標準值選定為 10 mV ，畫出其光譜如第三圖。18 隻 ERG 之實驗並所得之感光光譜中，可以明顯的看出共有三峰。最大感光 ($\lambda \text{ max}$) 在 559 nm (綠色光) 附近，繼之各為 491 nm (藍色光) 及 349 nm (紫色光)。



圖三 各種單色光刺激複眼所得 ERG 反應之光譜感光曲線

Fig. 3. Spectral response curve of the compound eye as determined by ERG response. $\log I=0$

在 $\log I = -1$ 至 -2 之光強度內，以同一光能量之各種波長之色光刺激複眼所得之視細胞活動電位，所得之反應曲線即圖四。8 隻視細胞內記錄所得之光譜見之，大約與 ERG 所得之光譜平行。惟感紫外光部分即完全消失。



圖四 夜蛾視細胞之光譜感光曲線

Fig. 4. Spectral sensitivity curves of retinal cell of the cotton bollworm.

討 論

蛾類複眼之明適應 (light adaptation) 或某特定波長之光線可引起黑色素之向複眼深處移動 (inward pigment movement), 使複眼對色光覺閾值之提高 (Bernbard and Ottoson, 1960; Struwe, 1973)。本實驗則實驗開始前, 至少有 30 分鐘之暗適應 (dark adaptation), 應可以降低複眼對光線之閾值 (Struwe, 1973)。

本實驗所用之光強度即可由第一圖看出, 由相對強度 $\log I=0$ 至 -1.0 之間, ERG 已有平頂現象 (plateau) 出現, 因此應被認為是光刺激應具有足夠的強度。

在 ERG 之形態而言, 都為超極化反應, 這反應由 Autrum 之分類屬於複眼慢波 (slow type of compound eye) (Autrum, 1958)。

在夜蛾中, *Anadevidia peponis* 對色光之反應呈現三峰, 其 λ_{max} 為 460 nm, 其次為 500 nm, 再次為 420 nm, 而對紫外光即沒有反應, 但 *Mamestra brassicae* 而言, 其 λ_{max} 仍然為 460 nm, 而依其對光反應之大小次序, 依次為 580 nm, 560 nm, 380 nm (紫外光) (Eguchi *et al.*, 1982)。

在本實驗之 ERG 記錄中, 我們看出本實驗對象番茄夜蛾 (*Heliothis armigera*) λ_{max} 有三峰出現, 即是 520 至 591 nm (藍色光), 460 至 520 nm (綠色光) 及 340 至 360 nm (紫外光)。

有很多有關動物視覺之光譜實驗, 不只是昆蟲, 其他的動物亦以其 ERG 所得之結果, 更以視細胞內記錄法印證, 並找出其色光受納細胞 (colour receptor cell) (Autrum and Von Zwhel, 1964; Goldsmith and Fernandez, 1968; Laughlin *et al.*, 1980; Nosaki, 1969)。惟對於 ERG 所得之紫外光譜就不易找到紫外光受納細胞 (U. V. receptor cell)。從多學者認為 ERG 實驗中所得之紫外光光譜是受藍色或綠色受納細胞所引起的次級性尖峰 (secondary peak) 者 (Eguchi, 1971;

Hardie, 1977; Horridge *et al.*, 1975; Meyer-Rochow, 1980)。番茄夜蛾依其 ERG 所計算得之光譜見之，應屬於 *A. peponis* 與 *M. brassicae* 之中間型。但若以胞內記錄法鑑定，我們發現紫外光部分之光譜就消失不見。因此可推知其紫外光部分之光譜係藍色之色光受納細胞影響所出現者，從 8 次成功的胞內記錄中，未發現對紫外光感光之受納細胞。

月光可以反射日光之 7% (Payne-Gapuschkin, 1954)，因此 *M. brassicae* 之複眼可以接受月光之紫外光部分。但它是否持有紫外光受納細胞？因未有該夜蛾之視細胞內記錄之文獻，不易使我們認同。

誌 謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會補助經費 (NSC 77-0211-B003-16)，謹誌謝忱。

參 考 文 獻

- Autrum H. 1958. Electrophysiological analysis of the visual systems in insects. *Expl. Cell Res. (suppl)* 5: 426-439.
- Autrum H. and V. von Zwehl. 1964. Die specrale Empfindlichkeit einzelner Sehzellen des Bienenauges. *Z. vergl. Physiol.* 48: 357-384.
- Bernhard C.G. and D. Ottoson. 1960. Comparative studies on dark adaptation in compound eyes of nocturnal and diurnal Lepidoptera. *J. Gen. Physiol.* 44: 195-203.
- Eguchi E. 1971. Fine structure and spectral sensitivities of reticular cells in the dorsal sector of compound eyes in the dragonfly *Aeschna*. *Z. vergl. Physiol.* 71: 201-218.
- Eguchi E., K. Watanabe, T. Hariyama and K. Yamamoto. 1982. A comparison of electrophysiologically determined spectral responses in 35 species of Lepidoptera. *J. Insect Physiol.* 28(8): 675-682.
- Goldsmith T. H. and H. R. Fernandez. 1968. Comparative studies of crustacean spectral sensitivity. *Z. vergl. Physiol.* 60: 156-175.
- Green C. H. and D. Cosens. 1983. Spectral responses of the tsetse fly *Glossina morsitan* Morsitans. *J. Insect Physiol.* 29: 795-800.
- Horridge G. A., K. Mimura and Y. Tsukahara. 1975. Fly photoreceptors II. Spectral and polarized light sensitivity in the drone fly *Eristalis*. *Proc. R. Soc., Lond. B.* 190: 225-237.
- Laughlin S. B., A. D. Blest and S. Stowe. 1980. The sensitivity of receptors in the posterior median eye of the nocturnal spider, *Dinopis*. *J. Comp. Physiol. A.* 141: 53-66.
- Meyer-Rochow V. B. 1980. Electrophysiologically determined spectral efficiencies of the compound eye and median ocellus in the bumblebee *Bombus hortorum tarhakimalainen* (Hymenoptera: Insecta). *J. Comp. Physiol.* 139: 261-266.
- Nosaki H. 1969. Electrophysiological study of color encoding in the compound eye

- of crayfish, *Procambarus clarkii*. Z. vergl. Physiol. 64: 318-323.
- Obara Y. 1970. Studies on the mating behaviour of the white cabbage butterfly, *Pieris rapae crucivora* Boisduval, III. Near-ultraviolet reflection as the signal of intraspecific communication. Z. vergl. Physiol. 69: 99-116.
- Payne-Gapuschkin C. 1954. Introduction to Astronomy. The Moon. p. 118-119, Prentice-Hall Inc. N. Y.
- Struwe G. 1973. Spectral sensitivity of the compound eye in a moth. Intra- and extracellular recordings. Acta. Physiol. Scand. 87: 63-68.
- Swihart C. A. 1971. Colour discrimination by the butterfly *Heliconius charitonius* Linn. Anim. Behav. 19: 156-164.
- Wu, C. Y. 1989. Receptors in insect II. Electroretinogram of the compound eye in the Oriental Fruit fly (*Dacus dorsalis* Hendel). Bull. Inst. Zool. Academia Sinica 28(1): 7-13.
- Yagi, N. and N. Koyama. 1963. The compound eye of Lepidoptera. Sinkyo Press, Tokyo.

SPECTRAL SENSITIVITY OF THE COMPOUND EYE OF MOTH (*HELIOTHIS ARMIGERA*)

Chin-Yih Wu and Jin-Tun Lin

*Graduate Institute of Biology & Department of Biology,
National Taiwan Normal University,
Taipei 11718, Taiwan, R. O. C.*

Spectral responses from the compound eye of cotton bollworm *Heliothis armigera* were investigated electrophysiologically by means of using the ERGs and the intracellular recording methods.

The light stimuli covering the range of wavelengths from 322 nm to 701 nm had been adopted in the experiments.

In ERGs, there are three peaks in their spectral sensitivity curves. These peaks appeared at 349 nm (U. V.), 491 nm (Blue) and 560 nm (Green) respectively, but only two kinds of colour receptor cells (blue and green colours) were identified by intracellular recording method, and the U. V. receptors were not recorded.

We assume that the U. V. peak appeared in the ERGs may be originated from the secondary peaks of the blue or green colour receptors.

(Key words: Cotton bollworm, spectral response, compound eye, colour receptor cell, ERGs.)