

発光ダイオードを利用した害虫防除技術

——黄色夜間照明がオオタバコガの行動に及ぼす影響を中心に——

石川県農業総合研究センター ^{やぶ} 藪 ^{てつ} 哲 ^お 男

はじめに

発光ダイオード（以下、LED という）は、エネルギー効率の高さから、省エネルギー時代における各種照明装置の光源として、その利用が期待されてきた（西澤, 1988）。近年、LED は発光波長域の拡大や高輝度化が進められ、広告塔、工事現場、道路標識などの広範囲な場面で使用されている。しかし、農業分野での利用場面は研究段階にとどまっている。

光を利用した害虫防除には、防蛾灯の夜間照明による吸汁性ヤガ類の被害回避や、電撃誘殺器による捕獲などが実用化されている。これらの歴史はいずれも古い（松本ら, 1995）、当時は防除の主体が化学合成農薬であったため、汎用的な利用技術として開発は停滞していた。

ところが、1990年代に入って、環境保全型農業の推進から、化学合成農薬の使用量削減が急務となり、黄色蛍光灯による被害抑制技術が見直された。黄色灯による被害抑制効果は、薬剤感受性の低い難防除害虫のオオタバコガ、シロイチモジヨトウ、ハスモンヨトウなどで相次いで報告されている（田中ら, 1992；矢野, 1992；八瀬ら, 1996）。これらの試験事例の積み重ねから、現在、黄色蛍光灯の利用は西日本の施設園芸を中心に広範囲（カーネーション：兵庫、広島、青ジソ：大阪、トルコギキョウ：和歌山、愛知、広島ほか）に普及しつつある（那波, 1999）。

しかし、蛍光灯の設置を想定した場合、新たに電源供給のための配線が必要であったり、さらに、水田の転作圃場の場合は、ブロックローテーションを導入することが多いため、恒常的な照明装置の設置が困難であるという問題がある。また、花き類では生育障害や品質低下も指摘されている（山中, 1999）。LED 光源は、後述する理由からこれら諸問題を解決する極めて有力な光源と考えられる。本稿では、オオタバコガの LED 光に対する

反応特性について報告し、LED を利用した害虫の防除技術開発の参考に供したい。

なお、本文に先立ち、照明装置の製作にあたっては、金沢工業大学平間淳司助教授に多大なご協力をいただいた。記して謝意を表する。

I オオタバコガの光感受性

中寺ら（1997）は、オオタバコガ成虫の光感受性を調査し、波長依存性を明らかにしている。図-1 に示すように、420（紫）、470（青）、560（黄緑）および 590 nm（黄色）にピークが見いだされた。昆虫の可視波長域は一般的にヒトより、約 100 nm 短波長側に偏っているといわれている（冨永, 1995）。各波長域が昆虫の行動に及ぼす影響は、紫外放射（線）に対して、多くの昆虫が正の走光性を示すこと、黄色系が吸蛾類の明適応反応を促進させることが知られている以外は、不明な点が多い（松本ら, 1995）。しかし、これまで害虫類の防除に用いられてきた黄色蛍光灯の主波長域（最大照射エネルギーの波長域）である 582 nm 付近にも、オオタバコガの光感受性ピークが存在することは興味深い事実である。

II 黄色 LED 光に対するオオタバコガの反応

黄色蛍光灯による害虫類の被害防止効果は、前述のとおり既の実証されているが、その作用性については不明である。従来、防除に用いられている黄色蛍光灯の主波長は 582 nm であることから、LED による防除の可能性を検討するため、590 nm（黄色）の LED 光に対する

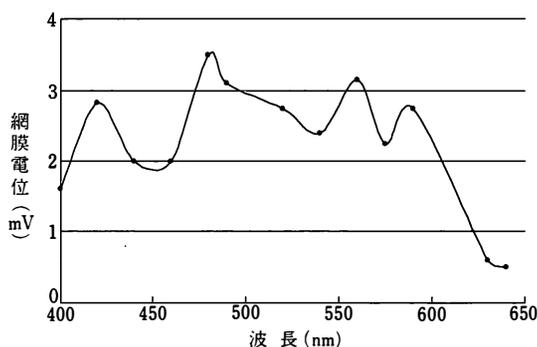


図-1 オオタバコガ網膜電位の波長依存性

Control of Insect Pests by Using Illuminator of Ultra High Luminance Light Emitting Diode (LED). — Effect of Flight and Mating Behavior of *Helicoverpa armigera* — By Tetsuo YABU

(キーワード：黄色光、発光ダイオード、オオタバコガ、物理的防除)

オオタバコガの行動特性を調査した。

黄色光に対する走光性：波長 590 nm の LED : TLY 190 P (625 個) と TLY 156 P (641 個) (いずれも東芝製) を使用して作製した半球形状の黄色 LED 光源を設置した網室内 (7×8×3 m) にオオタバコガ成虫 50 頭 (♂ 25 頭, ♀ 25 頭) を放虫し, 48 時間後に光源周囲に設置した粘着板に捕獲された成虫数を計数することによって走光性を調査した。電源は 60 Hz 交流 100 V の家庭用電源を直流 (16 V, 30 A) に変換して用いた。比較対照のため無照明時における捕獲虫数も調査した。試験は平成 8 年 9 月 2 日から 10 月 11 日の間に行い, 夜温が 20°C から 25°C の間となるように調節した。なお, 実験は黄色照明, 無照明を交互に繰り返し, 3 反復とした。結果は, 表-1 に示した。黄色 LED 点灯時の光源周囲にやや多く捕獲される傾向が認められたが, 点灯時, 無照明時とも捕獲率は低く, 走光性は判然としなかった。

黄色光照明下における行動 (飛翔とコーリング)：黄色光の照明下でのオオタバコガ成虫の行動を知るため, 以下の実験を行った。天井部に黄色 LED (TLY 190 P) 1 個を設置し, オオタバコガ成虫の雌雄 5 対を入れた縦 25×横 20×高さ 30 cm の網かごを 16 時間照明, 8 時間暗黒の条件下の恒温室に置いた。暗黒条件に相当する時間に LED を点灯し, 夜間の黄色照明がオオタバコガ成虫の行動に及ぼす影響を調査した。LED の光は指向性が強く, 点灯すると光源直下が直径 5 cm 程度のスポット状に黄色く照射され, 他の部分は暗闇となる。対照は LED を設置しない網かごを用い, 16 時間照明, 8 時間暗黒下においた。行動観察は, 赤色光の懐中電灯を用いて行った。

結果は表-2 に示した。黄色照射下では 95%, 対照の暗黒下では 83% の個体が静止状態にあった。また, 黄色照明された網かご内では, 調査期間を通じて供試虫の

表-1 黄色 LED 光に対するオオタバコガ成虫の走光性

試験区	放飼虫数	捕獲虫数	捕獲率
黄色照明	50	1.33	2.7
対照 (暗黒)	50	0.67	1.3
t-検定		N.S	

表-2 黄色発光ダイオード点灯下でのオオタバコガ成虫の行動

光源	静止虫の割合 (%)		活動虫の割合 (%)	
	暗闇部	光源周囲	飛翔	コーリング
黄色光 (590 nm)	61.1	33.2	2.4	3.4
対照 (暗黒)	82.6	—	6.3	11.1

約 3 割に当たる個体が光源周囲に集合し, 黄色に対する忌避的反応は見られなかった。一方, 活動状態にあるオオタバコガの行動を観察すると, 交尾の前段階であるコーリング行動を示す個体割合が照射区と対照区で顕著に異なった。すなわち, 黄色光下でコーリング行動を示したのはわずかに 3.4% の個体であったが, 対照の暗黒下では 10% あまりの個体がコーリング行動を示し, 黄色の光がオオタバコガの交尾行動に影響を及ぼしている可能性が示された。

異なる明るさの黄色光照明下における交尾行動：黄色光の夜間照明による害虫防除を想定した場合, 効果発現のために必要な明るさを究明する必要がある。そこで, 異なる明るさのもとでオオタバコガの交尾行動を調査した。オオタバコガは閉鎖された狭い室内では交尾行動を示さないことがあるため (COLVIN et al., 1994), 野外に近い条件下でオオタバコガ成虫の交尾に及ぼす黄色光の影響を調査した。走光性の実験と同様の網室内において前記と同様の黄色光源から水平方向に 2 m 離れた地点に羽化後 2 日経過したオオタバコガ成虫の雌雄 5 対を入れた網かご 5 個を黄色照明下に 2 晩置いた後, 雌個体を解剖して精包の存在を調べ, 交尾の有無を確認した。試験を行った明るさは, 光源から 2 m 離れた地点における光量子量が 0.21, 0.10 および 0.01 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の 3 水準とした。なお, 光量子量の測定は LI-COR 社製の光センサー LI-250 を用いて行った。

結果は図-2 に示したとおりで, 最も明るい 0.21 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ の条件下では, 交尾雌は認められず, 0.10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ でも 10% の交尾雌率であった。しかし, 0.01 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ では, 無点灯時とほぼ同等の 40% の雌が交尾していた。このことは, 黄色光による夜間照明がオオタバコガの交尾を阻害する可能性を示している。しかし, この阻害程度は明るさの低下によって, 弱まっていることから, 明るさが交尾行動に影響を及ぼ

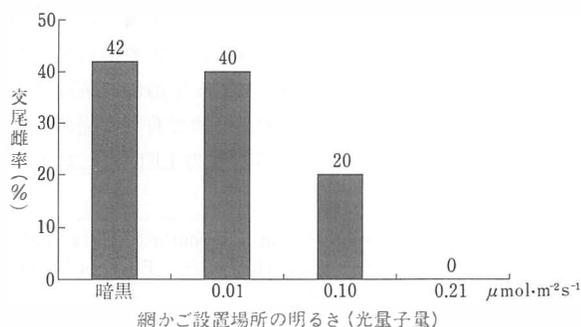


図-2 黄色 LED 光の照射がオオタバコガの交尾に及ぼす影響

す重要な要因であることが想定された。

現在、黄色蛍光灯による夜間照明は、圃場内の空間照度が1lxを下回ると被害が増加することから（内田，1979；河野・八瀬，1996），圃場内が最低1lx以上となるように照明器具を設置することが望ましいとされている。しかし，この明るさは，被害低下という現象面から導き出されたものであり，昆虫の行動特性に基づいたものではない。光による防除をより汎用化させるには，効果発現機構の究明は不可欠である。今回明らかとなった黄色LED光の明るさとオオタバコガの交尾行動の関係は合理的な照明基準作製のための基礎資料となろう。

おわりに

今後，LEDを利用した防除装置の実用化にあたり，害虫類に対する被害軽減効果を実証することは重要な課題である。最後にLED光源の利用にあたって農業生産現場において有利と考えられる点に触れておきたい。

まず，LED光は出力スペクトルの範囲が極めて狭いため，限りなく純色に近い光（波長の幅は20～30nm）を放出する。従来の黄色蛍光灯では害虫類を誘引する短波長域はほぼ除去されているが，植物の発芽，発根，花芽形成を促進する長波長域（赤色系）の光は放射している。単色であるLEDを光源に用いれば，より植物に及ぼす影響が少ない防除光源となる可能性がある。また，直流電源を利用することもLEDの長所である。このことは太陽電池をはじめとした蓄電池との組み合わせを容

易にし，電気配線のないところでも光源装置を設置することが可能となる。さらに，耐久性が高く，通常は100,000時間使用可能で，ほぼ10年以上の使用に耐えられる。蛍光灯などの光源はほぼ1年で更新が必要であることを考慮すると，LEDの極めて有利な点といえる。

一方，LED光は強い方向性を持つため，照射ムラや光量不足となりやすい。しかし，ランプ単体の形状が直径3～5mmと極めて小さいことから，ランプを高密度に集積したり，棒状の線光源にすることなどによって，光源の形状を比較的自由に作製できる。このことによって，前述の欠点はかなり克服できると考えられる。今後，防除効果発現のために最適な光源の形状や設置法を究明し，実用的な防除光源装置の開発を目指したいと考えている。

引用文献

- 1) COLVIN, J. et al. (1994): J. Econ. Entmol 87(6): 1502～1506.
- 2) 松本義明ら (1995): 応用昆虫学入門, 川島書店, 東京, 219, pp.
- 3) 那波邦彦 (1999): 黄色灯神戸 '99 ミニワークショップ, 講要, p. 3.
- 4) 中寺 嵩ら (1997): 第41回応動昆虫大会講要, p. 67.
- 5) 西澤潤一 (1988): 発光ダイオードとその応用 (スタンレー電気技術研究所編), 産業図書, 東京, pp. 204.
- 6) 田中 寛ら (1992): 関西病虫研報 34: 47.
- 7) 富永佳也編 (1995): 昆虫の脳を探る, 共立出版, 東京, pp. 280.
- 8) 内田正人 (1979): 農及園 54(3): 415～421.
- 9) 山中正仁 (1999): 黄色灯神戸 '99 ミニワークショップ, 講要, p. 11.
- 10) 矢野貞彦 (1992): 関西病虫研報 34: 97.
- 11) 八瀬順也ら (1996): 応動昆虫中国支部会報 38: 1～7.

本会発行図書

農林有害動物・昆虫名鑑

日本応用動物昆虫学会 編

定価 3,465円(本体3,300円+税) 送料 340円 A5判 本文379頁

日本応用動物昆虫学会の創立30周年記念出版として刊行されたもので，害虫名の指針として広く利用されてきた前版「農林害虫名鑑」を全面的に改訂した名鑑である。あらたに哺乳類・鳥類が加わり，収録種類も，2,450種と大幅に増補され，一層充実した内容となっている。全体の構成は前版と同様に，第1部一有害動物・昆虫分類表，第2部一作物別有害動物・昆虫名，第3部一索引（学名・和名・英名）となっている。簡明，便利，かつ信頼して使える有害動物・昆虫名鑑であり，植物防疫関係者にとって必携の書である。

お申し込みは前金（現金書留・郵便振替）で直接本会までお申し込み下さい。