

かんきつ類における黄色 LED 光を利用した 果実吸蛾類の被害抑制効果の実証

西野 実¹・鈴木 賢^{1*}・竹内雅己²・田中正彦³・大仲桂太¹

Minoru Nishino, Ken Suzuki, Masami Takeuchi, Masahiko Tanaka and Keita Onaka:
Control of fruit-piercing moths on citrus fields by yellow LED

Summary

This study on the effectiveness of yellow LED illumination in suppressing damage from fruit-piercing moths was conducted in 2011 and 2012 at a citrus orchard in Minami-Ise, Mie Prefecture, Japan. In 2011, 19 yellow 0.6 W LED light sources were installed to illuminate the area of study, and in 2012, 5 yellow 4.3 W LED light sources of 4.3 W were installed. Results showed that in both 2011 and 2012, the occurrence of fruit with damage from fruit-piercing moths was suppressed in trees that received a maximum illuminance of ≥ 1 lx of yellow LED light. Although the total annual costs including electricity fees of the two installations was comparable, the 4.3 W yellow LED lights were deemed more effective due to the lower number of units required, reducing the barrier on the cultivation management processes.

緒 言

果実吸蛾類は、夜間に成虫が果樹園に飛来して果実を吸汁加害するが、その複雑な生態的特徴から、防除が困難な害虫とされている(森ら, 1989; 萩原, 2009)。これら果実吸蛾類を含むヤガ類に対し、580 nm 付近に波長ピークをもつ黄色光を 1 lux 以上の照度で照明することで、明適応を促進して成虫の活動を抑制する効果があるとされている(野村, 1967; 内田・宇田川, 1978)。

ヤガ類防除用の光源としては、黄色蛍光灯や黄色高圧ナトリウムランプに防除効果が確認されているが(水上・小田原, 2005; 岡崎ら, 2000; 高田ら, 2011; 内田ら, 2006)、近年、黄色 LED 光源のヤガ類防除への利用が実用化されている(平間ら, 2007)。LED は低消費電力で、通常のランプに比べ耐久性に優れている(平間ら, 2007)とされている。また、LED は、より狭い波長域の単色光を作り出せる特徴があり、今後、害虫の行動制御に応用されていくと考えられている(Shimoda and Honda, 2013)。

三重県度会郡南伊勢町のかんきつ産地では、山林に囲まれた果樹園が多いため、果実吸蛾類の加害による被害が問題となっている。これらのほ場は、電源が豊富にはないことから、低消費電力である黄色 LED 光源が有効と考えられた。しかし、設置するスペースが少なく、複

雑な地形のため、LED 光源の設置方法や使用する黄色 LED 資材の種類については検討が必要である。

本研究では、2 種類の黄色 LED 光源を用い、その光源にあわせた設置方法を行った場合の、果実吸蛾類の被害抑制効果について現地実証試験を行った。

本文に先立ち、本研究の実施にあたり実証ほ場の調整・提供、光源の設置にご協力いただいた JA 伊勢マルゴかんきつ部の皆様にお礼申し上げる。

材料および方法

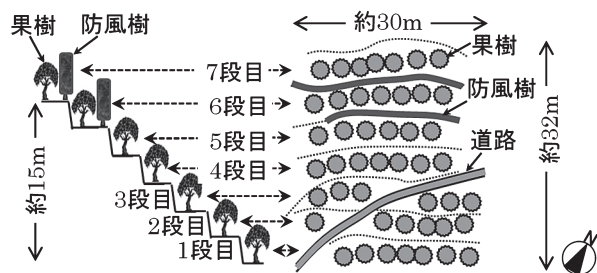
1. 実証試験ほ場の概要

試験は、三重県度会郡南伊勢町の五カ所浅間山中腹(標高約 100 m)の南東向き斜面に位置する、山林に囲まれた園地で実施した。当かんきつ園のうち果実吸蛾類の被害が大きい極早生温州栽培ほ場(約 960 m²)を試験ほ場とした。試験ほ場は 7 段の階段状のほ場(最上段と最下段の高低差は約 15 m)で、ほ場内の樹数は 1 段あたり 6~7 樹、合計 46 樹であった(第 1 図)。試験は同じほ場で 2011 年と 2012 年の 2 カ年実施した。

2. 黄色 LED 光源の概要

実証試験には害虫防除専用の黄色 LED 光源((株)ネイブル製)を用いた。2011 年の試験では直流で消費電

¹三重県農業研究所(*現:三重県紀州地域農業改良普及センター)・²三重県中央農業改良普及センター(現:三重県農産園芸課)・³株式会社ネイブル ¹Mie Prefecture Agricultural Research Institute, ²Mie Prefecture Central Agricultural Development Center, ³Nabl Co., Ltd. 2015年2月18日受理



第1図 試験ほ場の概要

力 0.6 W の黄色 LED (商品名: レビガード®, 以下 0.6 WLED), 2012年の試験では, 交流で消費電力 4.3 W の電球型黄色 LED (商品名: レビガード® シャイン, 以下 4.3 WLED) を用いた。0.6 WLED, 4.3 WLED とともに 560 nm~580 nm に波長ピークがある黄色光源である。

3. 2011年の実証試験

2011年の試験では, 0.6 WLED を19個用いて, ほ場の下位5段(1~5段)の32樹を照明した(第2図)。0.6 WLED は照明する段の上段に設置した鉄パイプ(直径 19 mm, 長さ 70 cm)に取り付けて, 樹の上方から照明を行った。そして, 黄色 LED 照明を行った範囲のうち, 園内道路から上位の16樹については, 照明の当たらない部位を減らすために, 地面に光反射シート(デュボン™ タイベック®)を敷設した「黄色 LED+反射シート区」とした。園内道路から下位の16樹については黄色 LED 照明のみの「黄色 LED 区」とした。また, ほ場の上位2段については照明を行わない「無処理区」とした。0.6 WLED による照明は2011年8月9日から毎晩行い, 照明時間は18時から翌朝6時までの12時間とした。

被害調査は, 果実着色初期の9月14日と収穫開始期の10月7日に行い, 各区の任意の6樹について30果/樹あたりの果実吸蛾類による被害果数を調査した。

4. 2012年の実証試験

2012年の試験では, 1~6段目を試験ほ場(39樹)として利用した。2012年の試験では, 4.3 WLED を5個, ほ場

中央部(下から3段目の中央部, 園内道路脇)に設置した(第2図)。設置にあたっては, 5 m の鋼管パイプを垂直に立て, 鋼管パイプの最上部に 4.3 WLED 2個, 地上 3 m の位置に3個を設置した。最上部の光源2個は4, 5段目の樹を照明し, 地上 3 m に設置した光源3個は1~3段目の樹を照明するように配光した。本試験では反射シートの敷設を行わなかった。照明は2012年8月29日から毎晩行い, 照明時間は17時から翌朝5時までの12時間とした。

被害調査は, 果実の着色初期~収穫開始の期間にあたる9月10日, 9月24日, 10月3日の3回実施した。1~6段の全樹(39樹)に対し, 30果/樹について果実吸蛾類による被害果数を調査した。また, 9月24日の19時以降に全調査樹における最大照度を計測した。

結 果

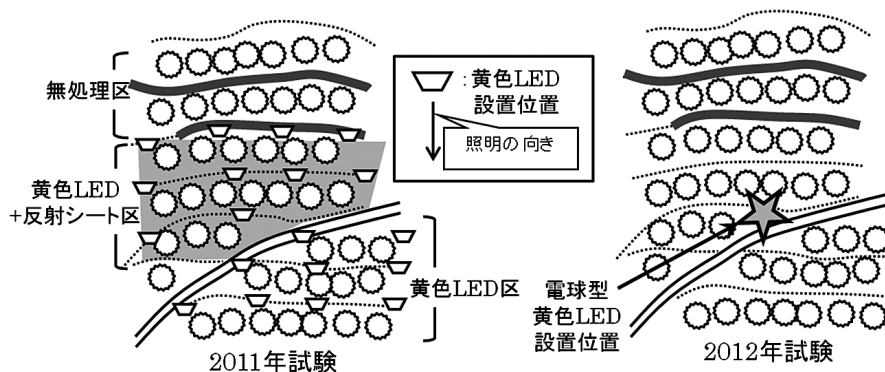
1. 2011年の実証試験

0.6 WLED を設置した試験区では, 光源正面かつ光源からの距離 2 m での最大照度が約 2 lux, 3 m で約 1 lux で, 0.6 WLED を設置した試験区については, すべての樹が最大照度 1 lux 以上で照明されていた。

果実吸蛾類による被害の発生は, 着色初期から認められた。しかし, 果実吸蛾類の加害種は確認できなかった。

9月14日の被害調査では, 無処理区の被害果率が13.3%と高い状況であったが, 黄色 LED+反射シート区, 黄色 LED 区ともに, 無処理区に比べ被害果率が少なかった(第1表)。地表への落下果実についても果実吸蛾類の被害を調査したところ, 無処理区のみ落下果実に被害果が認められた。また, 黄色 LED+反射シート区と黄色 LED 区との比較では, 被害果率に差は認められなかった。10月7日の調査では, 各試験区の被害果率に差は認められなかった。

2回の調査における被害果数の合計では, 黄色 LED+反射シート区, 黄色 LED 区の被害果率は無処理区よりも少なかった。また, 黄色 LED+反射シート区と黄色



第2図 2011年と2012年の試験区の概要

第1表 各試験区の果実吸蛾類による被害果数 (2011年試験)

試験区	調査果数	調査日ごとの被害果数 (被害果率%)		被害果合計 ²⁾
		9/14 ²⁾	10/7	
黄色 LED+反射シート区	180	1 (0.56 a)	4 (2.22)	5 (1.39 a)
黄色 LED 区	180	1 (0.56 a)	2 (1.11)	3 (0.83 a)
無処理区	180	24 (13.3 b)	7 (3.89)	31 (8.61 b)
χ^2 検定 ¹⁾		***	n.s.	***

1) χ^2 検定 ***: $p < 0.001$, n.s.: $p \geq 0.05$

2) 異なるアルファベットの試験区間に有意差 ($p < 0.05$) があることを示す (比率の差の多重比較 Tukey の方法)

第2表 1 lux 以上と 1 lux 未満の樹における果実吸蛾類による被害果数 (2012年試験)

調査対象樹 (樹数)	調査果数	調査日ごとの被害果数 (被害果率%)			被害果合計 (被害果率%)
		9/10	9/24	10/3	
1 lux 以上の樹 (19樹)	570	7 (1.23)	2 (0.35)	1 (0.18)	10 (0.58)
1 lux 未満の樹 (20樹)	600	6 (1.00)	21 (3.50)	15 (2.50)	42 (2.33)
Fisher の正確確率検定 ¹⁾		n.s.	***	***	***

1) Fisher の正確確率検定 ***: $p < 0.001$, n.s.: $p \geq 0.05$

LED 区との合計被害果率にも差は認められなかった。

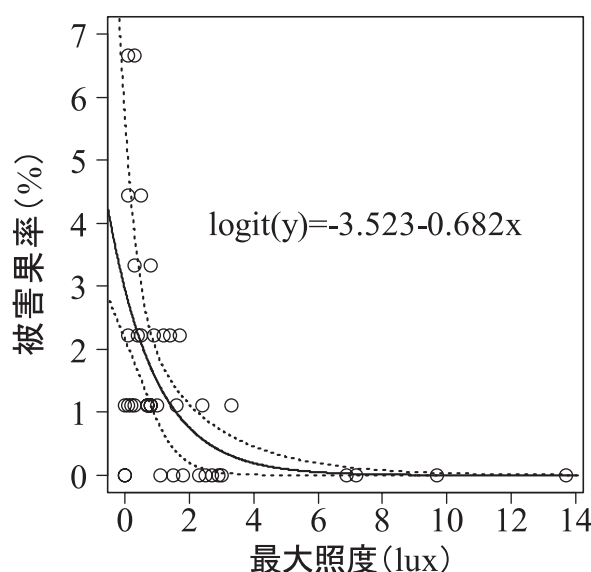
2. 2012年の実証試験

2012年の試験では、4.3 WLED の設置が遅れたため、設置時にはすでに果実吸蛾類による被害果が発生している状況であった。また、本園地での加害種の確認はできなかった。

調査ほ場の各樹における最大照度は、光源からの距離が離れるにつれ照度が下がり、ほ場の端の樹や、防風樹や障害物などで黄色光が遮られている樹では 1 lux 未満であった。そして、最大照度が高い樹では被害果の発生頻度が低く、照度が低い樹では被害果の発生頻度が高くなる傾向が認められた (ロジスティック回帰, $p=0.002$) (第3図)。最大照度が 1 lux 以上であった樹 (19樹) と 1 lux 未満であった樹 (20樹) における被害果率を調査日ごとに比較したところ、9月24日、10月3日の調査では 1 lux 以上の樹で被害果率が少なかったが、9月10日調査では差は認められなかった (第2表)。これは照明開始前に加害された被害果が残存していたためと考えられた。

考 察

今回の実証試験では、加害種を明らかにすることはできなかった。過去の報告では、アカエグリバが三重県の優占種として記載されている (西沢ら, 1967) ことか



第3図 2012年試験における樹ごとの被害果率と最大照度との関係

被害果率は9月10日、9月24日、10月3日の樹ごとの被害果数の合計から算出した。実線は予測曲線、点線は最大照度に対する95%信頼区間曲線を示す。

ら、本試験でもアカエグリバが主な加害種であった可能性が考えられた。

通常、三重県のかんきつ栽培では、果実吸蛾類の被害

が発生することは少なく、被害果も摘果により取り除かれるため問題になることは少ない。しかし、山林に囲まれた極早生品種の本試験ほ場では、2011年には無処理区で8.61%、2012年には1 lux以下で2.23%の被害果が発生しており、9月に行われる仕上げ摘果以降にも被害果が発生していたことから、発生が多い年には経済的影響も少なくないと考えられた。

2011年の実証試験では、0.6 WLEDを0.6個/樹設置して照明を行ったところ、被害果の合計数は、0.6 WLEDを設置した区で、無処理区よりも被害果が減少したことから、黄色LED照明による果実吸蛾類の被害抑制効果が確認できた。その効果は9月14日で顕著であったが、10月7日調査では、黄色LED照明による効果は認められなかった。試験ほ場がある南伊勢町では、9月中旬以降の日の入り時刻が18時以前となることと、極早生温州成熟期(9月中旬～下旬)における果実吸蛾類の飛来は、日没時刻の30分～1時間後に始まる(森ら, 1989)ことから、黄色LED照明が開始される前に加害されていたと考えられた。また、黄色LED照明に加えて、反射シートを敷設した場合でも、黄色LED単独の効果と差は認められなかったことから、黄色LED照明だけでも十分な効果が得られたと考えられた。

2012年の実証試験では、ほ場中央部に5個設置した4.3 WLEDにより照明を行ったが、照度が1 lux以上確保できた樹では概ね被害果の発生を抑制することができた。各樹の最大照度と被害果数との関係は、ロジスティック回帰によって示すことができた。得られた回帰式から、1樹あたりの被害果数を1%以下にするには、各樹における最大照度を2.3 lux(被害果率1%点における照度の外側95%信頼限界値)以上になるように配光する必要があると推測された。本ほ場のように立体的な立地、樹形の場合では、施設園芸野菜や露地葉菜類よりも高い照度の基準が、効果を安定させるために必要と考えられた。また、日没時間が早くなった10月3日の調査でも被害抑制効果は認められた。これは、照明開始時刻を17時に設定したことから、日没前に4.3 WLEDにより照明できたことが要因と考えられた。

0.6 WLEDは、0.6個/樹、合計19個を設置することで、ほ場内(32樹)を1 lux以上で照明できた。0.6 WLEDの年間コスト(耐用年数: 8年)は253円/樹・年であった。一方、4.3 WLEDは5個設置し、19樹を1 lux以上で照明できており、その光源の年間コスト(耐用年数: 8年)は、198円/樹・年であった。また、電気料金(従量電灯B, 契約電流: 30 A, 基本料金除く)は12時間照明/日、120日間毎夜点灯の条件下であれば、0.6 WLEDが120日間

で12円/樹程度、4.3 WLEDが120日間で32円/樹程度であった。これらの経費について、0.6 WLEDと4.3 WLEDの比較を行うと、両者に大きな差は認められなかった。しかし、今回試験したほ場では、0.6 WLEDのように光源を多くの箇所に設置する方法では、0.6 WLEDや配線が栽培管理作業の大きな障害となったことから、4.3 WLEDを1ヶ所に集中して設置する方法が、本ほ場のような立地の果樹園に適応した設置方法と考えられた。

本研究では、かんきつ類の果実吸蛾類を対象として黄色LED照明による被害抑制効果が実証できた。また、果実吸蛾類による被害の多発年を考慮すると、黄色LEDの導入メリットはあると考えられた。しかし、果実吸蛾類だけの効果では、生産者に対する動機づけには低いように思われる。今後、果樹カメムシ類など、他の害虫への効果なども認められた場合は、生産者が積極的に導入する技術になると考えられる。

摘 要

三重県南伊勢町のかんきつ園において黄色LED照明による果実吸蛾類の被害抑制効果の実証試験を行った。試験は2011年と2012年に実施し、2011年には0.6 Wの黄色LED光源を19個、2012年には4.3 Wの黄色LED光源を5個設置して試験区内を照明した。その結果、2011年、2012年ともに黄色LED照明により最大照度1 lux以上の照度が確保できた樹では、果実吸蛾類による被害果の発生を抑制できた。それぞれの光源の年間コストと電気料金の合計は同程度であったが、栽培管理作業の障害になりにくい点から、設置数が少なく済む4.3 W黄色LED光の方が有効と考えられた。

引用文献

- 平間淳司・関 憲一・細谷直輝・松井良雄(2007) 植物環境工学 19: 34-40.
- 水上宏二・小田原孝治(2005) 福岡県農試研報 24: 108-112.
- 森 介計・川村 満・川沢哲夫(1989) 果実吸蛾類の解説. 原色図鑑夜蛾百種. 全国農村教育協会, 東京, pp. 106-196.
- 西沢勇男・中西 進・島中武彦(1967) 三重県農試報 2: 1-5.
- 野村健一(1967) 応動昆 11: 21-28.
- 荻原洋晶(2009) 植物防疫 63: 665-667.
- 岡崎一博・荒川昭弘・阿部憲義(2000) 東北農業研究 53: 171-172.
- Shimoda, M. and K. Honda(2013) Appl. Entomol. Zool. 48: 413-421.
- 高田裕司・柏尾具俊・寺本 健・松尾和敏・櫻井 玄(2011) 九病虫研究会報 57: 55-63.
- 内田一秀・村上芳照・依田睦美・市川和規(2006) 山梨県農試研報 18: 9-14.
- 内田正人・宇田川英夫(1978) 鳥取県農試研報 8: 1-29.