

現地栽培圃場における点滅形LED黄色防蛾ランプの実用性および研究と普及の連携が普及指導員の資質向上に及ぼす影響の検証

西濱健太郎・石倉聡・星野滋・岡田牧恵*・石田真由美**

キーワード：チェンジ・エージェント，技術の普及，オオタバコガ，LED，ハスモンヨトウ

オオタバコガ (*Helicoverpa armigera* (Hübner)) は、トマト、ナスなどの果菜類の果実内や、キク、トルコギキョウなどの花き類の花蕾内に食入するため、殺虫剤がかかりにくく防除は難しい。一方、ハスモンヨトウ (*Spodoptera litura* (Fabricius)) は、大豆、アスパラガス、ホウレンソウ、イチゴなど多くの農作物を食害し、多発年には大きな被害をもたらす害虫である。また、オオタバコガ、ハスモンヨトウは殺虫剤に対する抵抗性が発達しやすい難防除害虫である (小野本ら, 1996 ; 本間, 2004 ; 杉山・水井, 2011)。このため、オオタバコガ、ハスモンヨトウに対して、殺虫剤のみに頼らない物理的防除法が研究されてきた。ヤガ類への物理的防除法として、黄色蛍光灯による夜間照明の効果がナシの果実吸蛾類 (内田ら, 1978)、オオバのハスモンヨトウ (田中ら, 1992) などで実証され、黄色蛍光灯は果樹、野菜、花きで普及してきた (八瀬, 2004)。

しかし、夜間照明による防除技術は、キク、ホウレンソウ、イチゴ、トルコギキョウなど光が生育に影響する作物へは適用できなかった。そこで、石倉 (2014) は、夜間照明を連続光ではなく点滅光に変えることで、この問題を克服した。すなわち、光の農作物に対する影響を大幅に軽減し、かつ防蛾効果が得られる最適な点滅パターンを明らかにした。この成果を基に、広島県とシャープ株式会社は点滅光タイプのLED黄色防蛾ランプ (以下、LEDランプ) を製品化した (図1)。黄色点滅光のDuty比を20%とすることで、キク (石倉, 前掲)、トルコギキョウ (石倉ら, 2014) の開花時期および切り花形質に影響しないことが確認されている。また、ホウレンソウ (川口ら, 2016)、イチゴ (伊藤ら, 2016)、水稻 (石倉ら, 2016)、大豆 (貝淵ら, 2016) でも同様に生育への影響が、軽減されることが明らかとなっている。ただ、製品

化された2Hz, Duty比20%の黄色点滅光によるオオタバコガに対する実用規模での防蛾効果は報告されていない。また、ハスモンヨトウに対しては、アスパラガスで直管形ランプを用いた場合の効果は実証されているが (石倉ら, 2015)、製品化された電球形では実証されていない。そこで、製品化された電球形のLEDランプを用い、現地栽培圃場においてオオタバコガ、ハスモンヨトウに対する黄色点滅光の防蛾効果および生育への影響を調査した。

また、本調査は、「平成28年度広島県普及指導員調査研究 (以下、「調査研究」)」の県域課題として、普及組織である県内3か所の農業技術指導所 (以下、指導所) と研究組織である当センターが連携して生産現場への普及を目指した課題である。「調査研究」自体は、普及指導員の現地実証展示圃に該当するが、研究組織である当センターとしては「調査研究」への協力を研究課題中の1項目として掲げ、試験圃場の選定、試験の設計、LEDラ



図1 本調査で供試したLEDランプ (シャープ株式会社製DL-LS02Y)

注：点滅回路はランプに内蔵されており、E26口径のソケット付ケーブルへの通電により点滅発光する。

* 西部農業技術指導所, ** 東部農業技術指導所
平成30年2月20日受理

ンプの設置、害虫調査、および結果取りまとめなどに対する支援を行った。この連携活動は、当センターが指導所に提案することで実現した。この過程において、LEDランプの普及性に関して、課題も含めいくつかの知見を得ることができた。そこで、研究と普及の組織間連携の成果について、技術の普及性研究の視点からロジャーズ(2007)のフレームワークを用いて検証することとした。

技術の普及性に関して、ロジャーズ(2007)はチェンジ・エージェントの重要性を指摘している。彼は、チェンジ・エージェントをクライアントのイノベーション決定に対して影響を及ぼす個人と定義しており、今回の事例ではクライアントが生産者、チェンジ・エージェントが普及指導員に該当する。チェンジ・エージェントには、クライアントに技術を伝達するための高度な専門能力が求められる。すなわち、普及指導員にはLEDランプの設置方法、防蟻関連知識などを生産者に伝達する専門性が要求される。

また、彼はチェンジ・エージェントには技術能力、社会的地位、信念などで異類性の高い技術発信者とクライアント、すなわち研究者と生産者の間を繋ぐ対人ネットワークの役割が求められるとする。本県では、研究者と普及指導員の間の関係性の希薄化が課題となっており(未発表)、この関係性を深めることがチェンジ・エージェントとしての普及指導員の役割を高める上で求められる。

さらに、彼は、技術採用率にチェンジ・エージェントのクライアントに対する努力、すなわち推進活動の積極性が影響することも指摘している。普及指導員の製品評価を高め、生産者への積極的な推進活動に繋げることがLEDランプの普及性を高めるためには重要となる。

以上のことから、普及指導員の資質向上によって、普及指導員の専門能力を向上させ、研究者と普及指導員の対人ネットワークを深化させ、普及指導員の技術推進行動を活性化させることができれば、LEDランプの普及可能性が高まると考えられる。そこで、研究と普及の組織間連携がチェンジ・エージェントとしての普及指導員の資質向上に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

1. 試験1 夏秋作トマトでのオオタバコガへの効果検証

1) トマトの栽培概要

試験は山県郡北広島町草安のトマト栽培農家圃場の雨除けハウス(標高約670m)で行った。品種は‘りんか409’(株式会社サカタのタネ)を用い、定植日は2016年5月24日、収穫期間は7月27日から11月9日であった。殺虫剤の

種類および散布時期は、試験の目的を達成するために、筆者らが害虫の発生量を観察した上で指定した。殺菌剤の散布は、生産者の判断に任せた。

2) 区制および処理

試験は1区制とした。谷換気が可能な2連棟ビニルハウスのうち1棟を照明区とし、隣接する別の2連棟ビニルハウスのうち1棟を無照明区とした(図2)。各処理区の規模は4.6a(間口6.4m,奥行き72m)であり、株間43cmの5条で、3畝のうち両端は2条,中央は1条で1棟当たり約790株(4棟で3,150株)が植栽された。無照明区は、照明の影響を回避するために、照明区から14m程度離れたハウスを選定した(図2)。

光源として、585nm付近にピーク波長を有し、点滅パターン2Hz, Duty比20%のシャープ株式会社製のLEDランプ(図1)を用いた。照明区は光源をハウス中央部の高さ3.3mの位置に1列,10m間隔で設置した(図2)。内田ら(前掲)は防蟻に有効とされる下限照度を1ルクスとしており、本試験で使用した光源ではこれが放射照度 $1.2\text{mW}/\text{m}^2$ に相当する。光源の設置の高さ,設置間隔は、製品の放射照度の測定結果に基づき、オオタバコガの侵入経路となるハウスの側面換気,妻面換気およびドアの開口部で $1.2\text{mW}/\text{m}^2$ 以上が確保可能な配置とした。

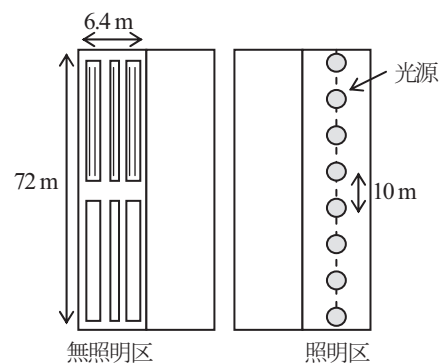


図2 夏秋作トマトハウスでの処理区の配置図

3) 調査方法

照明期間は、2016年6月6日から10月27日までとし、この間は毎晩17時から翌朝7時まで終夜照明を行った。調査対象害虫はオオタバコガとし、生産者による調査(以下、生産者調査)および補完的に研究者による調査(以下、研究者調査)を実施した。生産者調査は、6月6日から10月27日に1から4日間隔で各区すべての株について、オオタバコガ被害により摘除した果実数を被害果数として計数した。これを基に調査期間中の累積被害果数を計

算し、(1)式により防除価を算出した。

<累積被害果数>

$$\text{防除価} = 100 - (\text{照明区の累積被害果数} \div \text{無照明区の累積被害果数}) \times 100 \dots (1)$$

研究員調査は、7月14日から9月16日に1から2週間間隔で各区系統抽出により30株の被害果を見取調査により計数し、被害果率を算出した。なお、トマトは中生植物に分類されており、光の影響を受けにくい作物のため、生育調査は省略した。

2. 試験2 露地ハウレンソウでのハスモンヨトウへの効果検証

1) ハウレンソウの栽培概要

試験は福山市箕島町のハウレンソウ栽培農家の露地圃場（標高約0m）で行った。品種は‘スーパーヴィジョン’（トキタ種苗株式会社）を用い、播種日は2016年9月12日、収穫日は10月27日であった。畝間1.4mの平畝6畝に、それぞれ株間4.5cm、6条で播種された。また、照明区、無照明区ともに無防除での管理とした。

2) 区制および処理

1区制とし、照明区は2.4a（8.4m×28m）、無照明区は0.6a（8.4m×7m）とした（図3）。生産者の作業性を考慮して、圃場両端に埋設した支柱にワイヤーを渡し、これにソケット付ケーブルを誘引した（図3）。照明区は光源を高さ3.2から3.5mの位置に1列、10m間隔で設置した（図3）。光源は試験1同様にLEDランプ（図1）を用い、放射照度の測定結果、内田ら（前掲）、および川口ら（前掲）の結果から、植物体への放射照度が1.2~20mW/m²となるように設置の高さ、設置間隔を決定した。なお、

無照明区は照明の影響を回避するために、照明区から8m以上離れた配置とした。

3) 調査方法

照明期間は、2016年9月12日から10月27日までとし、この間は毎晩17時から翌朝7時まで終夜照明を行った。調査対象害虫はハスモンヨトウとし、昼行性害虫であるシロオビノメイガも併せて調査を実施した。調査は、収穫2日前の10月25日に各区3か所、200株（計600株）の被害株数、寄生虫数を計数し、被害株率を算出した。これらを基に（2）、（3）式によりそれぞれ防除価を算出した。

<被害株数>

$$\text{防除価} = 100 - (\text{照明区の被害株数} \div \text{無照明区の被害株数}) \times 100 \dots (2)$$

<寄生虫数>

$$\text{防除価} = 100 - (\text{照明区の寄生虫数} \div \text{無照明区の寄生虫数}) \times 100 \dots (3)$$

但し、防除価<0の時は、0と表記する。

また、抽苔の有無については、収穫日の10月27日に各区3か所、連続10株を調査し、抽苔株率を算出した。なお、照明区の抽苔調査は、もともと光の影響を受けやすい光源直下の株を選定した。

3. 研究と普及の連携が普及指導員の資質向上に及ぼす影響の検証

「調査研究」には西部、東部、北部の県内3指導所から普及指導員17名が参加した。このうち現地調査、結果の取りまとめ、成果の発表に中心的に関与したメンバーがLEDランプの普及に重要な役割を果たすと考えた。そこで、このメンバーのうち直接的に生産現場への普及を担当する5名を対象に面接調査を行った。対象者には、2017年11月16日から22日に、30分から1時間程度の半構造化形式の面接を実施した。半構造化形式の面接手法は、質問形式が標準化された構造化形式に比べて、探索的な意見抽出に有効な手法であり（加留部、2002）、被験者との対話を重視することで質的な情報を入手することが可能となる（May, 2005）。本調査では、被験者の発言の背景を理解することが重要と考え、半構造化形式の面接を採用した。

5名の内訳は、夏秋作トマトの試験を実施した西部農業技術指導所から2名、露地ハウレンソウの試験を実施した東部農業技術指導所から2名、ハウスアスパラガス

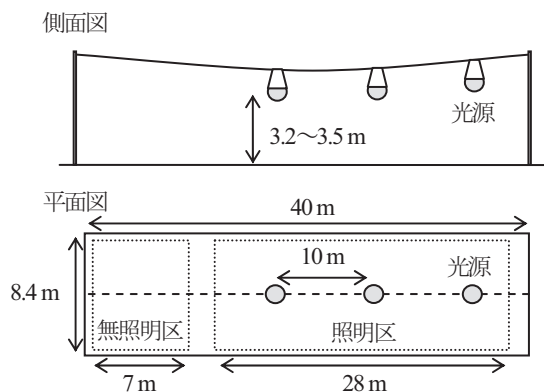


図3 露地ハウレンソウ圃場での処理区の配置とLEDランプ設置の模式図

表1 夏秋作トマト試験期間中の殺虫剤散布実績 (2016年)

防除日	無照明区	照明区
7月23日	スピノサド水和剤	—
7月30日	クロラントラニリプロール水和剤	クロラントラニリプロール水和剤
8月27日	フルフェノクスロン乳剤	フルフェノクスロン乳剤
9月3日	エマメクチン安息香酸塩乳剤	エマメクチン安息香酸塩乳剤

注：トマトのオオタバコガへの登録薬剤のみを記載した。

でハスモンヨトウに対する試験¹を実施した北部農業技術指導所から1名であった。性別は女性4名、男性1名であり、年齢構成は採用1年目の20代が1名、普及指導員歴が9年から13年と中堅の40代が4名であった。また、専門技術項目は野菜が4名、花が1名であった。なお、面接対象者の秘匿性を守るために、各人の属性を対応させて表現することは控えた。

面接調査の質問内容は、次のとおりとした。まず、普及指導員の能力向上として、連携活動によって得られた知識、技能を調査した。次に、普及指導員の対人ネットワークの深化は、今回の連携活動によって直接的な変化が想定できる研究者と普及指導員間の関係性の変化に限定して調査した。加えて、技術推進行動への影響は、具体的な推進活動、およびこれに影響した要因として製品評価、産地ニーズとの一致性について調査した。最後に、今回の連携活動に対して改善点を含め総括をしてもらった。

結 果

1. 試験1 夏秋作トマトでのオオタバコガへの効果検証

試験を実施した2016年度は、オオタバコガの技術情報(広島県西部農業技術指導所, 2016a)を発表した年であり、多発年であった。試験期間中のオオタバコガに対する殺虫剤の散布実績を表1に示した。幼虫被害が増え始めた7月下旬および8月下旬から9月上旬の防除となった(表1)。生産者調査の結果から、オオタバコガによる被害果数は、無照明区に比べ照明区で少なく推移した(図4)。累積被害果数を比較しても、照明区が18.5個/a、無照明区が105.2個/aとなり、照明区の被害果が顕著に少なく、防除価は81と高かった。

¹ ハウスアスパラガスでのハスモンヨトウに対する効果試験については、別雑誌へ投稿を予定しているため、本稿では省略した。しかしながら、研究と普及の連携効果の検証には有効であると考え、面接調査データを採用した。

研究者調査の結果から、照明区では調査期間中に被害果が認められなかった(図5)。一方、無照明区では、生産者が被害果を摘除しているにもかかわらず、8月12日および8月19日を除いて被害が発生していた(図5)。

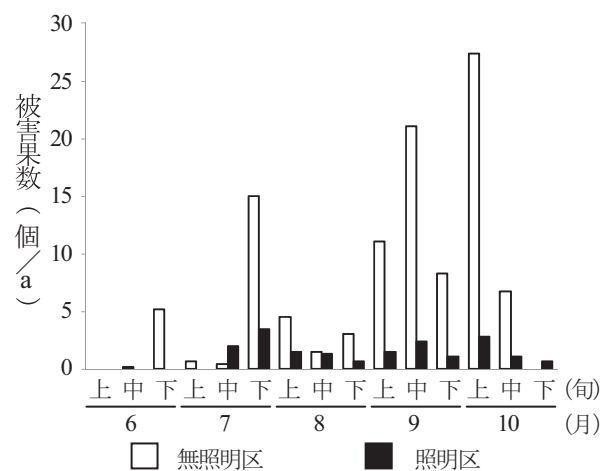


図4 LEDランプを用いた終夜照明がトマトのオオタバコガ被害に及ぼす影響(生産者調査)

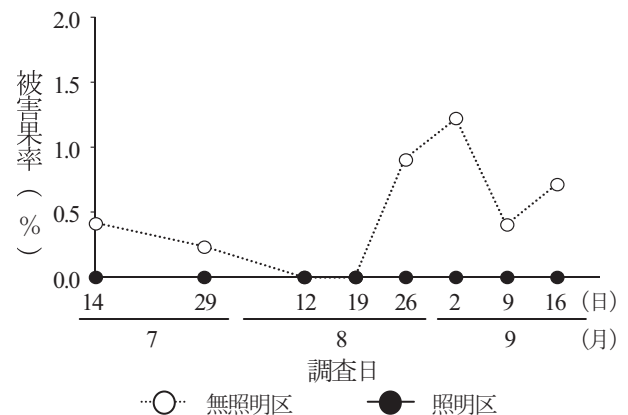


図5 LEDランプを用いた終夜照明がトマトのオオタバコガ被害に及ぼす影響(研究者調査)

2. 試験2 露地ホウレンソウでのハスモンヨトウへの効果検証

試験を実施した2016年度は、ハスモンヨトウの技術情報(広島県西部農業技術指導所, 2016b)を発表した年

であり、多発年であった。

ハスモンヨトウの被害株率は、無照明区に比べ照明区で統計的に有意に少なかった（図6； χ^2 検定， $\chi^2=20.35$ ， $p<0.01$ ）。寄生虫数では有意な差が見られなかったが（マン・ホイットニ検定， $U=0.50$ ， $p=0.10$ ），無照明区に比べ照明区が少ない傾向であった（図6）。また，防除価は，被害株数で79，寄生虫数で76といずれも高かった。

シロオビノメイガの被害株率は，無照明区に比べ照明区で有意に低かったが（ χ^2 検定， $\chi^2=14.49$ ， $p<0.01$ ），寄生虫数は同程度に多く（図7），両者間に有意差は見られなかった（マン・ホイットニ検定， $U=4.00$ ， $p=0.50$ ）。また，LEDランプによる防除価は，被害株数で15，寄生虫数で0といずれも低かった。

ハウレンソウの抽苔株率は，無照明区，照明区ともに0%であり，抽苔は認められなかった（表2）。

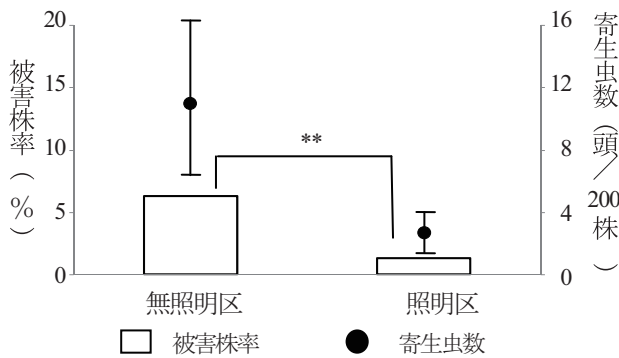


図6 LEDランプを用いた終夜照明がハウレンソウのハスモンヨトウ被害に及ぼす影響

注：被害株率の**は， χ^2 検定により統計的に有意であることを表す（ $p<0.01$ ）。寄生虫数の垂線は標準誤差を表す（ $n=3$ ）。

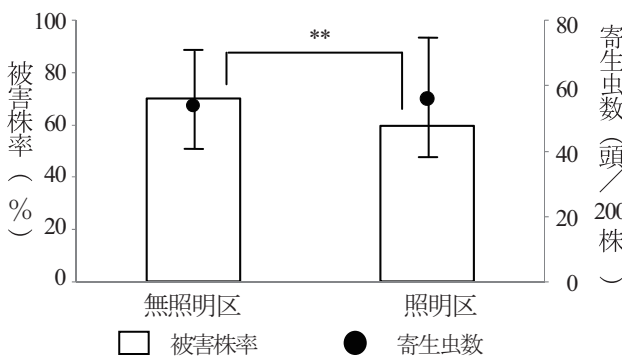


図7 LEDランプを用いた終夜照明がハウレンソウのシロオビノメイガ被害に及ぼす影響

注：被害株率の**は， χ^2 検定により統計的に有意であることを表す（ $p<0.01$ ）。寄生虫数の垂線は標準誤差を表す（ $n=3$ ）。

表2 LEDランプを用いた終夜照明がハウレンソウの生育に及ぼす影響

処理区	抽苔株率 (%)
照明区	0
無照明区	0

3. 研究と普及の連携が普及指導員の資質向上に及ぼす影響の検証

当センターが実施した指導所への支援内容を表3に示す。

まず普及指導員と共同で試験の候補圃場9か所の確認を行った。候補圃場の選定に当たって，西部・東部・北部の3指導所管内の各地域で重点品目となっているキク，ハウレンソウ，アスパラガス，トマトの生産者圃場を確認した。この間，2016年2月24日に各指導所の担当者を集め，LEDランプに関して技術内容を紹介するとともに，個別圃場ごとにLEDランプの設置，防蛾効果等の調査の方法，時期の助言，およびこれらに関連する研究予算などの調整を行った。結果として，各指導所1か所ずつ，計3か所を連携を行う試験圃場に決定した。このうち2か所が本稿での試験地となる。各圃場へのLEDランプの設置作業は当センター研究員と普及指導員が共同で行った。また，これとは別に5月16日に西部・東部・北部の3指導所の普及指導員を対象に，当センターの研究員が設置を実演するとともに，技術内容などを紹介した。以後，順次試験を開始し，指導所ごとに普及指導員と当センター研究員との間で調査方法の目合わせも実施した。生産者に対しては，試験地ごとに当センターと指導所が連携して現地検討会や結果報告会を開催した。さらに，当センター研究員が普及指導員の成績報告会の結果取りまとめ内容に対する助言も行った。

次に，面接調査で提示された普及指導員の意見および感想を表4に示す。

普及指導員の能力向上として，連携で得られた知識，技能については，LEDランプの設置方法だけでなく，調査方法，殺虫剤の選定，防除のタイミング，および結果取りまとめ方法などの関連知識の習得に繋がったとの意見が出された。

次に，対人ネットワークの深化として，研究員との関係性の変化については，以前から親密な関係であった者を除いて，すべての普及指導員が，研究員との距離感が縮まったとした。また，研究員との関係構築の過程において，当該技術や害虫のことをよく知っているの心強かったとの回答もあり，普及指導員の心理面への影響が指摘された。

表3 農業技術センターが普及指導員に対して行った支援実績

実施時期	連携内容	参加者数	
		普及指導員	うち面接対象者
2016年1月15日 ～5月11日	共同で試験候補の生産者圃場を確認し、生産者に試験内容の説明を実施。	11名 (8か所)	3名 (4か所)
2016年2月24日	普及指導員との検討会を開催し、技術紹介、および個別調整（設置・調査の方法および時期、研究予算）を行った。	6名	2名
2016年3月23日 ～7月20日	共同でLEDランプの設置作業を実施。	6名 (3か所)	2名 (2か所)
2016年5月16日	普及指導員を対象に技術、調査方法の研修会を実施し、設置作業を実演した。	17名	4名
2016年6月9日	生産者を対象に現地研修会を開催（生産者は20名程度参加）。	2名 (1か所)	1名 (1か所)
2016年8月30日、 10月17日	共同で調査を実施。	3名 (2か所)	2名 (2か所)
2016年10月31日 ～2017年3月3日	生産者を対象に試験結果説明会を開催（生産者は63名程度）。	5名 (3か所)	4名 (3か所)
2016年12月 ～2017年3月	普及指導員の成績報告会の結果取りまとめに対する助言の実施。	3名	3名

注：括弧内には生産者圃場数または実施か所数を記載した。また、ここに表記した以外に、普及指導員とは随時連絡を取り合い、調整を行った。

技術推進行動として、具体的な推進行動については、生産者を対象に研究組織と共同で実施した研修会（表3）とは別に、各指導所単独での取組みとして市町、農協、生産者部会などへの試験内容の説明および結果報告が実施されていた。一方、個別生産者に対しては、個別に質問を受けた生産者への回答は少数ながら実施されていたが、1名を除いて普及指導員から個別の生産者に対するLEDランプの紹介は行われておらず、生産者部会員以外の個別生産者への積極的な推進には繋がっていなかった。

製品評価については、5名中4名の普及指導員がLEDランプの対象害虫に対する防蟻効果を実感していた。また、作業性も試験1のようなハウス内への設置であれば簡易な作業として評価された。一方、光源の点滅²については、近隣住民への配慮が必要との指摘があり、この点は留意する必要がある。また、大規模の露地栽培向けの仕様、および電源確保が困難な圃場でも利用可能な装置の開発などによって、さらに普及性が高まる可能性が指摘された。コスト面については、導入コストが高いとする意見もあったが、逆に導入コストが高いとは思わない、または導入生産者はあまり負担に感じていないとの意見もあった。参考にLEDランプの導入コストの試算を表5に

示す。10a当たりの導入コストは約17万円になるが、年間経費では約2万5千円となる（表5）。

産地ニーズとの一致性については、対象害虫であるオオタバコガ、ハスモンヨトウが問題となっていないわけではないが、微小害虫であるアザミウマ類、アブラムシ類などの方がより問題として認識されている産地もあり、産地によっては対象害虫の相対的な重要度の低さが指摘された。また、LEDランプによって対象害虫への防除回数が減ったとしても、他の害虫に対する殺虫剤や殺菌剤を散布するので労力は変わらないとの意見がある一方で、労力は変わらないかもしれないが、対象害虫に対する防除を減らすことで他の害虫に使用できる殺虫剤の選択肢が広がるとのポジティブな意見もあった。

最後に、連携活動の総括については、担当外の試験結果から勉強になることもあったという一方で、普及指導員間の連携活動が難しかったことが指摘された。また、施策的に産地への対応が難しくなっている状況も指摘された。

² 光に敏感でない農作物用として同形状の連続光タイプの製品も販売されている。

表4 連携による普及指導員の変化に関する面接調査の結果

大項目	小項目	普及指導員の意見
能力向上	連携で得られた知識、技能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調査方法、殺虫剤の選定、防除のタイミングを学ぶことができた（2名）。 ・ 結果の取りまとめ方法を助言してもらえたことが勉強になった（2名）。 ・ LEDランプの設置方法が習得できた（5名）。
対人ネットワーク	研究者との関係性変化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 研究者との距離感が縮まり、質問しやすくなった（3名）。以前から親密だったので、研究者との関係性は変化なし（2名）。 ・ 当該技術や害虫のことをよく知っているので心強かった（2名）。
技術推進行動	具体的な推進活動	<ul style="list-style-type: none"> ・ 管内の市町、農協が集まる機会にLEDランプの試験概要、結果、技術の特徴などを説明した（4回、2名）。 ・ 生産者部会、役員会などで試験結果やコストを説明した（3回、1名）。 ・ 試験圃場の近隣生産者でLEDランプに興味を持った人（各1名）が質問してきたので説明した（2名）。ハスモンヨトウで困っている生産者にLEDランプを紹介した（1名）。 ・ こちらから個別の生産者にLEDランプを紹介することはしていない（4名）。
	製品評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ 試験をしてみて、LEDランプは対象害虫に対して効果があると実感した（4名）。 ・ 設置は高所作業にはなるが、生産者でもできそうな簡易な作業であった（5名）。試験2のようなワイヤー設置は難しいだろう（2名）。 ・ 点滅光は、当初考えていたより不快感はなかった（1名）。点滅光による不快感が気になった（1名）。近隣に住宅があるような場合には配慮が必要と感じた（2名）。 ・ 果樹のような大規模の露地栽培向けの設置方法があれば普及しやすい（1名）。 ・ 圃場まで電気を引く必要があるが、これは仕方ない（1名）。 ・ 導入コストが高いと思う（1名）。導入コストが高いと思うが、導入生産者は、高いとは感じていないようだ（1名）。導入コストが高いと思うが、補助事業が使えるれば普及の可能性はある（1名）。導入コストが高いとは思わない（1名）。
	産地ニーズとの一致性	<ul style="list-style-type: none"> ・ トマト産地の生産者はオオタバコガが発生するのが当たり前になっており、困っているとは言わない（1名）。ハウレンソウでは、ハスモンヨトウが甚大な被害に繋がらないことの方が多い（1名）。 ・ アザミウマ類、アブラムシ類などの微小害虫の方が問題になっており、微小害虫では生産者の見落としもある（2名）。 ・ トマト産地の生産者は試験圃場（継続実施）を個別で見に行っているようだ（1名）。 ・ 対象害虫（オオタバコガ、ハスモンヨトウ）への防除が減っても、全体の散布回数が減らない（2名）。対象害虫への防除が減れば労力軽減になる（1名）。エコファーマー産地なので、オオタバコガに対する防除回数が減れば、使用しなかった殺虫剤を他の害虫対策で別の時期に使用できるので選択肢が広がる（1名）。
連携活動の総括		<ul style="list-style-type: none"> ・ 担当外の試験結果から勉強になることがあった（1名）。 ・ 物理的な距離が離れていたため、調査などを他の指導所のメンバーと一緒に実施できなかった（2名）。 ・ 調査に生産者を巻き込むことができなかった（1名）。 ・ （今回の試験で言えば）他の作目での応用や新技術の提案などについて、職場内で話すことがない（2名）。 ・ 施策的に個別経営体を対象とした指導をしているので、産地への対応が難しい（1名）。

注：括弧内の人数は、調査を実施した5名のうち、発言した普及指導員の人数を表す。

表5 ハウスでのLEDランプの導入コスト試算 (10a)

種類	数量	取得価額 (千円)	耐用年数 (年)	年償却額 (千円)
LEDランプ	16個	88	7	12.6
ソケット付ケーブル	170m	60	7	8.6
制御盤	1台	19	7	2.7
結束バンド他	100本	2	3	0.7
計		169		24.6

注：試験1で使用した資材を基に試算した。露地栽培では、これに支柱代が追加される。シャープ(株)は、LED光源の寿命を40,000時間としているが、回路部等の寿命を考慮し、LEDランプの耐用年数は7年とした。制御盤は、昼夜切替に用いる。

考 察

現在、実用化されている黄色蛍光灯を使ったオオタバコガの防蛾技術は、高い被害抑制効果が報告されている(柴尾ら, 1997; 八瀬ら, 1997; 國本・印田, 1999; 井村・福井, 2003)。試験1の結果は慣行防除を行った無照明区と比較して、照明区でオオタバコガによる被害果数が少なく、LEDランプは黄色蛍光灯の被害抑制効果と同様に防蛾効果は高く、実用性が高いと推察された。

黄色蛍光灯によるハスモンヨトウの防除効果は、田中ら(前掲)はオオバで無処理区と比較して被害抑制が約10分の1、宮ら(2003)はイチゴで無処理区と比較して3分の1以下に被害を抑制したことを報告している。試験2の結果もこれらの試験とほぼ同等の効果を示したと考えられる。しかしながら、シロオビノメイガに対しては、被害株率で有意差があるものの、両区共に被害が大きく、寄生虫数でも差がなかったことから効果が低いと判断された。担当普及指導員によると、試験2のハウレンソウ産地では、今回のようにシロオビノメイガが多発することはないとのことなので、無防除で試験を実施した。このことが結果的にシロオビノメイガの被害拡大に影響したと考えられる。また、ハウレンソウの生育への影響については、LEDランプの直下においても川口ら(前掲)の結果と同様に抽苔の発生が観察されておらず、植物体への放射照度を20mW/m²以下とした今回の設置方法ではLEDランプによる終夜照明の影響はないと判断された。対象害虫としたオオタバコガ、ハスモンヨトウについては、現地栽培圃場においてもLEDランプの高い防蛾効果が確認できたが、ヤガ類へ防除を控えることでシロオビノメイガのような昼行性の害虫が多発するような作目、産地においてはLEDランプの実用性は低いと推察された。

普及指導員に対する面接調査の結果から、研究と普及の連携活動により、LEDランプの設置方法、防蛾関連知

識の習得に繋がったことが指摘されており、生産者に伝達するための普及指導員の専門能力が向上したと考えられる。また、研究員と普及指導員間の対人ネットワークについては、普及指導員により研究員との心理的な距離感が縮まったことが指摘されており、連携活動が関係性の深化に影響したと考えられる。連携活動によりこの2点に変化したことで、LEDランプの普及性に関して、普及指導員には研究員と生産者の間を繋ぐチェンジ・エージェントとしての活躍が期待できるようになると考えられる。

一方、技術推進行動は、市町、農協、生産者部会といった団体に対する推進活動が行われていたが、これ以外の個別生産者への積極的な推進活動はあまり行われていなかった。この点については、県の施策として対象の重点化³が行われており、個別生産者に対する推進活動が困難な状況にあることが影響していると考えられる。しかしながら、このような状況下であっても、製品評価およびLEDランプと産地ニーズとの一致性が高ければ技術推進行動が抑制されることは少ないと考えられる。そこで、技術推進行動により大きな影響を有すると考えられる製品評価およびLEDランプと産地ニーズとの一致性について検討した。

製品評価については、普及指導員に対する面接調査の結果から、一部、光源点滅の不快感、利便性の面での改良に対する指摘はあったものの、防蛾効果および設置の簡易性に対する評価は高いと推察された。また、生産者の技術導入行動として、シロオビノメイガが問題となった試験2のハウレンソウ生産者は、LEDランプの導入には至らなかったが、試験1のトマト生産者は、点滅形LEDランプを新たに購入して設置面積を増加させており、対象作物と害虫を限定すれば製品に対する生産者評価が高かったと考えられる。導入コストは、年間経費で比較するとLEDランプの方が、農薬散布労賃を含めた慣行防除経費よりも高くなるケースが多い。しかし、LEDランプの年間経費は、トマトであれば経営費⁴の約1%と小さい。普及指導員からは、導入コストが高い、導入生産者はあまり負担に感じていないとの、いずれの意見も出された。

³ 「ひろしま未来チャレンジビジョン改訂版(2015年10月策定)」において、大規模農業団地の形成や新規就農者の育成、経営発展を目指す意欲のある担い手への支援などにより、地域農業をけん引する経営力の高い担い手の育成に取り組む必要がある、とされている。

⁴ 広島県農業経営指標トマト0.5ha(北部)から10a当たり経営費を算出した。

ただ、ランニングコストは1か月254円/10a程度⁵と極めて安く、コストが製品評価の低下に及ぼす影響は大きくないと考えられる。以上のことから、性能について改善の余地はあるが、対象害虫への効果に対する製品評価が技術推進行動の抑制要因として影響している可能性は小さいと考えられる。

次にLEDランプと産地ニーズとの一致性について検討した。産地によっては、対象害虫の重要度が相対的に低かったことが普及指導員から指摘された。また、防蛾効果以外に、LEDランプの導入によって殺虫剤散布回数が減少することのメリットが普及指導員の中で十分に明確化されていなかった。以上のことから、普及指導員の認識としてLEDランプと産地ニーズとの一致性が低かった可能性がある。産地ニーズとの一致性が低ければ、普及指導員の技術推進行動は抑制される可能性が高く、このことはLEDランプ推進活動の継続性にも影響すると考えられる。逆に、産地ニーズとの一致性を高めることができればLEDランプ推進活動の積極性が高まる可能性がある。このため、LEDランプと産地ニーズとの一致性を向上させる手法について検討した。

今回の試験で用いたLEDランプは適用可能な作目が多く、汎用的な技術である。このため、作目の選択においては、3か所の指導所間のバランスを考慮して決定した経緯があった。LEDランプの普及性を優先的に考えれば、産地ニーズとの一致性がより高いと考えられる産地を試験地として選定すべきであったが、各指導所との連携を優先したためにこれが難しかった。このことがLEDランプと産地ニーズの一致性を低くした一因として考えられる。

次に、LEDランプでは防除できない他の害虫の防除について産地ニーズとの一致性の視点から検討した。今回の試験では、農薬に頼らない物理的防除法としてLEDランプの防蛾効果を実証したが、普及指導員からはオオタバコガ、ハスモンヨトウに対する殺虫剤が削減されたとしても全体としての農薬散布回数が削減できないとの意見が出された。このような意見は、生産者が散布労力削減というメリットを感じることができなければLEDランプの普及が難しいことを指摘するものであった。また、今回試験を実施した産地ではオオタバコガ、ハスモンヨトウ以外に、アザミウマ類、アブラムシ類などの微小害虫が問題になっていることも指摘された。中筋（1997）

は、産地で問題となっている害虫、すなわちキーペストを明らかにし、多様な防除法を組み合わせることで総合的害虫管理を確立する必要があることを指摘している。農薬散布労力の削減効果を明確化させるために、微小害虫に対する天敵利用技術等をLEDランプと組み合わせ、体系化技術として提案していくことで産地ニーズとの一致性は向上する可能性がある。体系化技術と産地ニーズとの一致性を再度検討する必要があるだろうが、産地ニーズとの一致性を高める手段の一つとして体系化技術の検討も考えられる。

また、これ以外に考えられる普及指導員のLEDランプ推進行動の抑制要因についても検討した。

普及指導員同士の連携不足が、LEDランプ推進行動の抑制要因になることが考えられる。例えば試験²ではシロオビノメイガの多発といった想定外の後発的な問題が発生した。この問題に対して、シロオビノメイガの発生が少ない他産地での応用可能性を検討せずに、ハウレンソウではLEDランプの普及が困難であると認識してしまう恐れがある。実際に、今回の「調査研究」に中心的に関わった面接対象者の中には、他の指導所の結果および考察について十分に把握できておらず、このような認識をする者がいた。この傾向は、面接対象にならなかった「調査研究」の他のメンバーであれば、より顕著になる可能性がある。また、連携活動の総括として、物理的に他の指導所の普及指導員との連携活動が難しかったこと、技術の応用性についての普及指導員同士で話し合いが少なかったことが指摘された。以上のことから、普及指導員同士、研究員と普及指導員との間で試験から得られた知見を共有し、LEDランプの応用可能性などについて十分な議論をすることが重要であったと考えられる。モチベーション研究においても、個人目的が共通の目的に結びつき集団化することで、モチベーションがさらに向上することが指摘されている（村杉，1994）。研究員および普及指導員間で、試験結果を踏まえた今後の普及戦略を共有することができれば、モチベーション向上を経て、技術推進行動の活性化に繋がることが期待できる。

最後に、連携活動の総括では、普及指導員が施策的に産地に対して対応することが困難になっている状況が指摘された。ロジャーズ（前掲）は、普及対象者間の同類的な対人ネットワークが技術の普及に有効に働くことを指摘している。すなわち、生産者部会などの対人ネットワークの面的な広がりやを有する産地を対象とした方が、技術の普及性は高まると言える。今後は、産地の生産者との間により深い対人ネットワークを有する人材、例えば農協の営農指導員などを積極的に巻き込んでいくこと

⁵ 平均消費電力1.4W/灯×16灯/10a×14時間×30日×27円/kWhという条件でLEDランプの消費電力を算出した。

も視野に入れるべきであろう。

研究と普及の連携活動により、普及指導員の専門能力が向上し、研究員と普及指導員の対人ネットワークが深化したことは、普及指導員のチェンジ・エージェントとしての役割の面から重要であり、これによりLEDランプの普及性が向上したと考えられる。今後、LEDランプの普及性をさらに向上させていくためには、産地ニーズとの一致性をより考慮した試験候補地の選定、他の防除技術との組合せによる技術の体系化、普及指導員間、研究員と普及指導員間の議論の活発化、産地との間により深い対人ネットワークを有する人材の活用などが求められる。

摘 要

開発した点滅形LED黄色防蛾ランプは、オオタバコガ、ハスモンヨトウに対する防蛾効果が高く、ハウレンソウの生育への影響も認められなかったことから実用性が高いと推察された。一方、ヤガ類への防除を控えることで昼行性の鱗翅目害虫の被害が大きい品目・作型では実用性が低いと推察された。

実証試験における研究と普及の連携活動は、普及指導員の専門能力の向上、対人ネットワークの深化に影響したと考えられる。普及指導員の技術推進行動を制限する要因として、LEDランプと産地ニーズとの一致性の低さが影響した可能性がある。技術推進行動を向上させるために、産地ニーズをより考慮した試験地の選定、他の防除技術との組合せによる技術の体系化、普及指導員間、研究員と普及指導員間での議論の活発化、産地との間により深い対人ネットワークを有する人材の活用などが有効であることを提起した。

謝 辞

本研究報告の執筆にあたり、主に虫害研究の視点から奈良県農業研究開発センター 研究企画推進課長 國本佳範博士、また主に農業経営研究の視点から愛媛大学大学院農学研究科 准教授 山本和博博士にご校閲を賜りました。両氏には厚くお礼申し上げます。

併せて、「平成28年度普及指導員調査研究」の参加者である西部農業技術指導所の秋本誠一主幹（以下、当時の所属、職名を記載、順不同）、森江修事業調整員、谷川順子主査、岡田牧忠事業調整員、川上浩之参事、森島みゆき事業調整員、延安清香事業調整員、本田佳代子技師、東部農業技術指導所の山口寛直参事、原敬和事業調

整員、石田真由美主査、北部農業技術指導所の津村王則参事、鶴飼宏考事業調整員、山下玉香事業調整員、中市後祐司主任、隅廣文彬技師、松本真由美技師、また、LEDランプ設置に関する助言、および支援をいただいた当センターの宮脇明氏、香口宏治氏、中森義隆氏、ならびに快く試験に協力して下さった山県郡北広島町草安の岡本健氏、福山市箕島町の沖忠孝氏には厚く謝意を表します。

引用文献

- 広島県西部農業技術指導所. 2016a. 平成28年度広島県病害虫発生予察情報 技術情報第3号～野菜類および花き類オオタバコガの発生に注意～. 広島県. 2016-7-20.
<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/214767.pdf> (参照2017-12-11)
- 広島県西部農業技術指導所. 2016b. 平成28年度広島県病害虫発生予察情報 技術情報第4号～大豆, 野菜類および花き類ハスモンヨトウの発生に注意～. 広島県. 2016-8-10.
<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/216579.pdf> (参照2017-12-11)
- 本間宏基. 2004. 千葉県におけるハスモンヨトウの薬剤感受性. 関東東山病虫研報. 51: 155-158.
- 井村岳男・福井俊男. 2003. 黄色蛍光灯による施設栽培バラのオオタバコガ防除. 奈良農技セ研報. 34: 51-57.
- 石倉聡. 2014. 切り花ギクに利用可能な黄色LEDパルス光を用いた害虫防除技術の開発. 広島総研農技セ研報. 90: 1-88.
- 石倉聡・福島啓吾・梶原真二. 2014. 周波数2 Hzの黄色パルス光の照射がトルコギキョウの出蕾, 開花および切り花形質に及ぼす影響. 園学研. 13 (別2): 493.
- 石倉聡・星野滋・杉本仁志. 2015. LEDランプを用いた電灯照明によるヤガ類の防除技術—露地アスパラガス栽培でのハスモンヨトウによる被害低減効果に及ぼす黄色パルス光の照射方向の影響—. 植環工学. 27 (4) : 195-203.
- 石倉聡・貝淵由紀子・勝場善之助. 2016. 黄色パルス光を用いた防蛾用LED照明技術の開発～水稻に悪影響を及ぼさない黄色パルス光の放射照度～. 日生環工学会要旨: 184-185.
- 伊藤栄治・川口岳芳・石倉聡. 2016. 黄色パルス光を用いた防蛾用LED照明技術の開発～促成イチゴに適用

- できる黄色パルス光の放射照度～. 日生環工学会要旨：180-181.
- 貝淵由紀子・勝場善之助・石倉聡. 2016. 黄色パルス光を用いた防蛾用LED照明技術の開発～大豆に悪影響を及ぼさない黄色パルス光の放射照度～. 日生環工学会要旨：186-187.
- 加留部清. 2002. 4.1面接. 林知己夫編. 社会調査ハンドブック. 朝倉書店. pp.131-148.
- 川口岳芳・越智資泰・石倉聡・伊藤栄治. 2016. 黄色パルス光を用いた防蛾用LED照明技術の開発～ホウレンソウに適用できる黄色パルス光の放射照度～. 日生環工学会要旨：182-183.
- 國本佳範・印田清秀. 1999. キク圃場での黄色蛍光灯によるオオタバコガの防除. 奈良農技セ研報. 30: 30-31.
- May, T. 2005. 第6章インタビュー法—方法と手順. 社会調査の考え方—論点と方法—. 西川知亨訳・中野正大監訳. 世界思想社. pp.172-213.
- 宮睦子・伊村務・出口美里・癸生川真也. 2003. 黄色蛍光灯を用いたイチゴのハスモンヨトウ防除技術評価. 関東東山病虫研報. 50: 151-155.
- 村杉健. 1994. モラル・サーベイ. 税務経理協会. pp. 47-82.
- 中筋房夫. 1997. 総合的害虫管理学. 養賢堂. pp. 199-225.
- 小野本徳人・根来淳一・柴尾学・田中寛. 1996. 人口飼料浸漬法によるオオタバコガの薬剤殺虫効果. 関西病虫研報. 38: 23-24.
- ロジャーズ, E. M., 三藤利雄訳. 2007. イノベーションの普及. 翔泳社. pp. 255-383.
- 柴尾学・池宮甚一・坂本敦・松本譲一. 1997. 黄色蛍光灯によるナスのオオタバコガの防除. 関西病虫研報. 39: 11-12.
- 杉山恵太郎・水井陽介. 2011. 静岡県内のハスモンヨトウに対する殺虫剤の食餌浸漬法による殺虫効果. 関東東山病虫研報. 58: 103-105.
- 田中寛・溝淵直樹・向坂信一・柴尾学・上田昌弘・木村裕. 1992. 黄色蛍光灯によるオオバに寄生するハスモンヨトウの防除 (予報). 関西病虫研報. 34: 47-48.
- 内田正人・福田博年・宇田川英夫. 1978. ナシを加害する果実吸蛾類の生態と防除に関する研究. 鳥取果試研報. 8: 1-29.
- 八瀬順也・山中正仁・藤井紘・向坂信一. 1997. 黄色蛍光灯によるカーネーション, バラ, キクのタバコガ・ヨトウムシ類防除技術. 近畿中国農研. 93: 10-14.
- 八瀬順也. 2004. 黄色灯による害虫管理—花き, 野菜類のガ類を中心として—. 話題の新技术黄色灯による農業害虫防除. 江村薫・田澤信二編著. 農業電化協会. pp.33-46.

Verification of practicality for moth control by yellow pulsed LED lamps at farmer's field, and effect of ability improvement of agricultural extension agents by cooperation between research and agricultural extension

Kentaro NISHIHAMA, Satoshi ISHIKURA, Shigeru HOSHINO,
Makie OKADA and Mayumi ISHIDA

Summary

We revealed high practicality of pulsed yellow LED lamps for *Helicoverpa armigera* and *Spodoptera litura* moths control, and had no effect of *Spinacia oleracea* growth. On the other hand, it was revealed that the practicality of pulsed LED lamps for diurnal Lepidoptera was low where cut off some pesticides for owlet moths in some crops and cropping types.

It was thought that cooperation activities of research and extension through this research had influenced the improvement of expertise and the deepening of interpersonal network. There was a possibility that low match of the LED lamps performances and some needs of production area had influenced as the factor which the technology promotion behavior of extension workers had been restricted. For more improving the technology promotion behavior, we have raised that effectivity of the selection of experimental location which was considered the needs of production area more, the systematization of control technology including to other insects, the activation of discussion between researchers with extension workers, and the use of human resource which have deeper interpersonal network with farmers at production area.

Key words : Change agent, Diffusion of innovation, *Helicoverpa armigera*, LED, *Spodoptera litura*