

第2章 切り花ギク生産における防蛾照明技術の実際

第1節 屋外での寄生虫数の低減効果

第2章第1節では、これまでに第1章第2節での室内実験で得られた知見に基づき、デューティー比が20%である明期20ms/暗期80msの時間構造を有する黄色パルス光を照射し、屋外におけるオオタバコガの寄生虫数を調査した。

1 材料および方法

秋ギク型小ギク‘白馬’を2009年8月24日に容量1242 liter (D 460 cm×W 90 cm ×H 30 cm)のドレインベッドへ定植し、兵庫県立農林水産技術総合センター淡路農業技術センター内の屋外グラウンドに設置して、なりゆきの温度下で無摘心栽培した。培地は、ピートモス：パーライト：マサ土：赤玉土を65：11：16：8 (V/V)で混合して作成した。光源には、短波長カットフィルタを装着したLY-LEDモジュール(第1-6図)を用いた。無処理(0 mW・m²)区、パルス光区および連続光区の3区を設け、各区間に25mの距離を確保して、照明が干渉しないようにした。パルス光区では、デューティー比が20%である明期20ms/暗期80msの時間構造を有する黄色パルス光を採用した。パルス光区および連続光区では、1区当たり4個のLY-LEDモジュールを用い、LY-LEDモジュール点灯時の畝面上1m付近における放射照度を20 mW・m²とした。パルス光区および連続光区では、定植日から10月30日までの67日間、毎日17:00~7:00まで終夜照明し、9月16日~10月30日の間、約7日ごとにヤガ類幼虫の寄生虫数を調査した。なお、照明による害虫防除効果を明確に調べるため、化学合成農薬は使用せず管理した。

2 結 果

オオタバコガ幼虫の寄生虫数は、10月上中旬に寄生のピークが見られ、無処理区の合計は12頭となった(第2-1表)。パルス光および連続光区では、一部でわずかにオオタバコガ幼虫の寄生が見られたものの、無処理区と比較して少なく推移した。

ハスモンヨトウ幼虫の寄生虫数は、無処理区で1頭、パルス光区で1頭、連続光区では0頭であった(第2-2表)。

第 2-1 表 明期 20 ms／暗期 80 ms の時間構造を有する黄色パルス光による終夜照明が
オオタバコガ幼虫の寄生虫数に及ぼす影響

照明方法	調査日								合計 (頭/20株)
	9/16	9/18	9/25	10/2	10/9	10/16	10/23	10/30	
無処理	0	0	2	2	3	3	1	1	12
パルス光	0	0	0	0	0	0	1	0	1
連続光	0	0	1	0	0	0	0	0	1

第 2-2 表 明期 20 ms／暗期 80 ms の時間構造を有する黄色パルス光による終夜照明が
ハスモンヨトウ幼虫の寄生虫数に及ぼす影響

照明方法	調査日								合計 (頭/20株)
	9/16	9/18	9/25	10/2	10/9	10/16	10/23	10/30	
無処理	0	0	1	0	0	0	0	0	1
パルス光	0	0	1	0	0	0	0	0	1
連続光	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3 考 察

パルス光区におけるオオタバコガ幼虫の寄生虫数は、無処理区と比較して、調査期間を通じて少なく推移し、合計で無処理区の 12 分の 1 である 1 頭であった。このため、オオタバコガの防除については、屋外における本技術の有効性を示すことができた。しかしながら、ハスモンヨトウについては、調査期間中の発生が少なかったため、防除効果は判然としなかった。今後は、ヤガ類発生の年次変動を考慮して、複数年にわたった調査を行うことで、開発技術の安定性および有効性を検討する必要がある。

第 2 節 現地実証

第 2 章第 2 節では、これまでに第 1 章で得られた知見に基づき、試作した切り花ギク用の LED ランプ（第 1-30 図）を、広島県北部の露地ギク圃場において設置・点灯させ、防蛾効果と開花への影響の両面から、開発技術の実用性を検証した。

第 1 項 ヤガ類の被害防止効果と誘引虫数の低減効果

農業技術指導所（旧：農業改良普及所）や地元の JA などから聞き取りを行い、対象害虫としたオオタバコガやハスモンヨトウ幼虫による食害発生が、例年多く見られる露地ギク圃場 2 箇所を選定し、試作した LED ランプ（第 1-30 図）による被害防止効果と、オオタバコガおよびハスモンヨトウの性フェロモントラップを用いて誘引虫数の低減効果を調査した。

1 材料および方法

同期点灯による被害防止効果と誘引虫数の低減効果

実験は、秋ギク型輪ギク‘精の波’を 2010 年 5 月 31 日に株間 10 cm×条間 45 cm の 2 条で定植し、3 本仕立てで管理している広島県庄原市西城町の露地ギク圃場で行った。供試光源として、第 1 章第 3 節第 3 項の同期・非同期関連実験で用いた光源と同じ試作品であり、明期 20 ms/暗期 80 ms の時間構造を有する黄色パルス光を放射する LED ランプ（第 1-30 図）を用いた。無処理（0 mW・m²）区およびパルス光区の 2 区を設け、各区間に 9 m の距離を確保して、無処理区にパルス光が干渉しないようにした。パルス光区では、畝地表面からの高さが約 1.8 m の位置に 6 m の間隔で、調査対象とした植物体を取り囲むように、LED ランプを 6 個配置し、7 月 1 日～9 月 29 日までの期間、毎日 17～7 時に終夜照明した。パルス光区の点灯方式は、6 個の LED ランプを連関してパルス点灯させる同期とした。無処理区では、定植日以降を自然日長下で管理した。なお、両区での殺虫剤の使用は、ヤガ類に影響の小さい剤のみに制限し、散布履歴を聞き取り調査した。7 月 1 日～9 月 16 日まで 7～14 日ごとに、各区 36 株ずつ害虫による食害を調査し、食害茎率を算出した。加えて、市販されているオオタバコガおよびハスモンヨトウの性フェロモンルアーのフェロモン含量を、それぞれ 10 分の 1 に減じた専用開発品（信越化学工業製）とファネルトラップを用いて、7～14 日ごとに誘引虫数を調査した。

非同期点灯による被害防止効果と誘引虫数の低減効果

実験は、秋ギク型輪ギク‘精の旗’を 2010 年 6 月 19 日に株間 10 cm×条間 40 cm の 2 条で定植し、3 本仕立てで管理している広島県庄原市東城町の露地ギク圃場で行った。前述の西城町での実験と同様に、無処理（0 mW・m²）区およびパルス光区の 2 区を設け、各区間に 50 m 以上の距離を確保して、無処理区にパルス光が干渉しないようにした。パルス光区の点灯方式は、6 個の LED ランプを連関させずパルス点灯させる非同期とした。パルス光区においては、7 月 1 日～10 月 8 日までの期間、毎日 17～7 時まで終夜照明した。その他の設定条件および調査方法は、前述の西城町での実験に準じた。

2 結 果

同期点灯による被害防止効果と誘引虫数の低減効果

パルス光区における LED ランプを一時的に連続点灯させたときの畝面からの高さが 1 m の位置における放射照度は、最小 $1.2 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ から最大 $31.4 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ の範囲で分布していることを確認した（データ省略）。

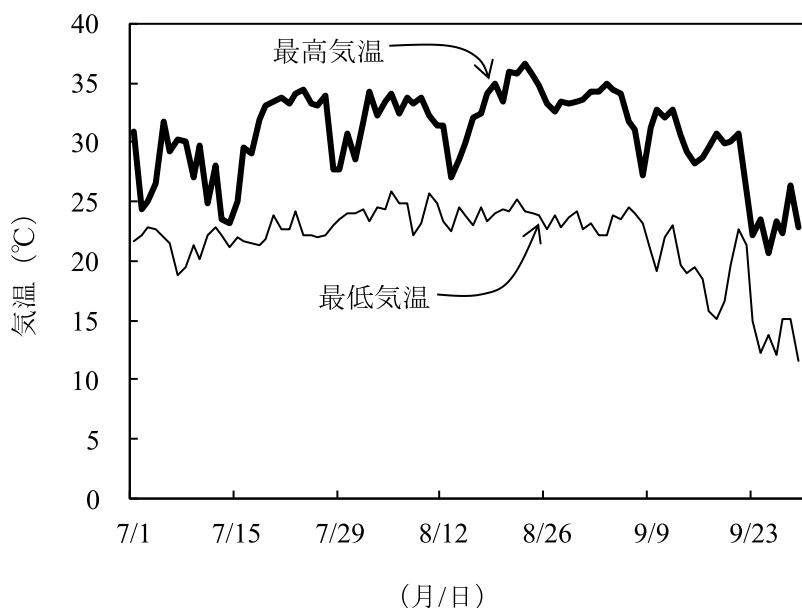
パルス光区において点灯を開始した 7 月 1 日から開花（出荷）が終了した 9 月 29 日までの日最高気温は $20.7 \sim 36.6^\circ\text{C}$ 、日最低気温は $11.5 \sim 25.8^\circ\text{C}$ で推移した（第 2-1 図）。

オオタバコガ幼虫，あるいはハスモンヨトウ幼虫によると見られるキクの食害茎率は，無処理区と比較してパルス光区で低く推移し，9 月 16 日の最終調査日には無処理区で 40.9%，パルス光区では 9.5% となった（第 2-2 図）

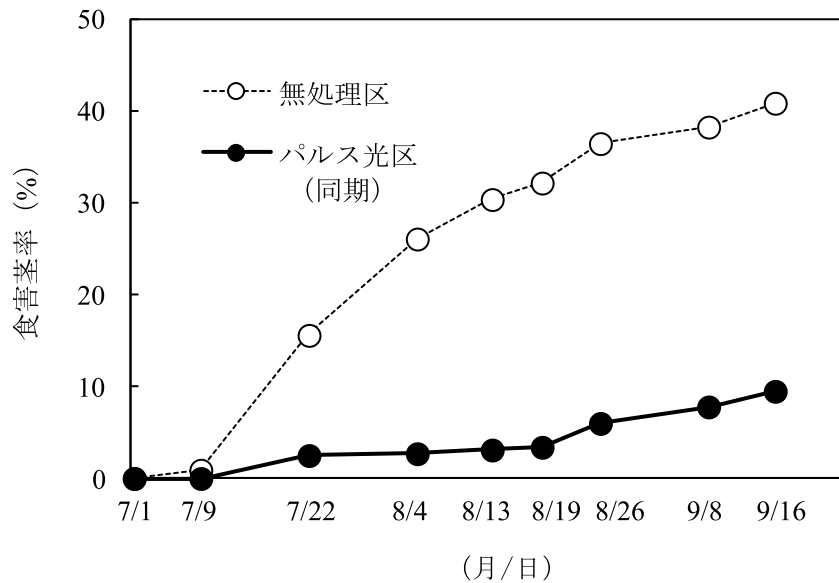
オオタバコガ成虫（オス）の誘引虫数は，両区で少なく推移し，無処理区では 8 月 4 日～8 月 13 日に 1 頭であり，パルス光区では調査期間を通じて 0 頭であった（データ省略）。

ハスモンヨトウ成虫（オス）の誘引虫数は，無処理区で 8 月 13 日以降に急激に増加し，7 月 1 日から 9 月 16 の最終調査日までの合計は 837 頭となった（第 2-3 図）。パルス光区では無処理区と比較して，少なく推移し，調査期間中の合計は 413 頭となった。

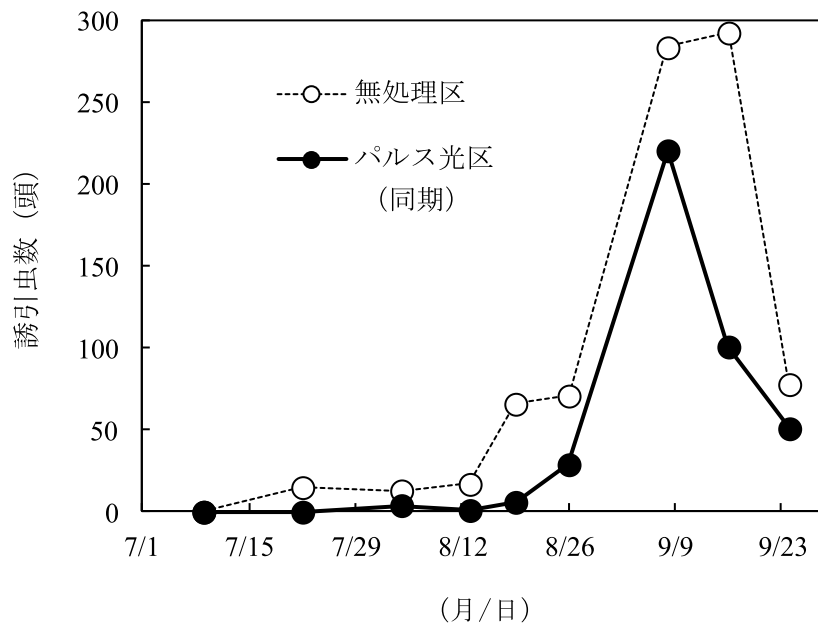
殺虫剤の散布履歴は，還元澱粉糖化物液剤が計 8 回，イミダクロプリド水和剤が計 2 回であった（第 2-3 表）。



第 2-1 図 露地ギク圃場（西城町）における気温の推移



第 2-2 図 露地ギク圃場（西城町）におけるヤガ類幼虫によるとみられる食害茎率の推移



第 2-3 図 露地ギク圃場（西城町）における性フェロモントラップによるハスモンヨトウ成虫（オス）の誘引虫数の推移

第 2-3 表 露地ギク圃場（西城町）における殺虫剤の散布履歴

散布日	殺虫剤名	対象害虫
7/ 4	イミダクロプリド水和剤	アブラムシ類, アザミウマ類
7/10	還元澱粉糖化物液剤	ナミハダニ, アブラムシ類
7/19	イミダクロプリド水和剤	アブラムシ類, アザミウマ類
7/25	還元澱粉糖化物液剤	ナミハダニ, アブラムシ類
8/ 3	還元澱粉糖化物液剤	ナミハダニ, アブラムシ類
8/11	還元澱粉糖化物液剤	ナミハダニ, アブラムシ類
8/25	還元澱粉糖化物液剤	ナミハダニ, アブラムシ類
9/ 1	還元澱粉糖化物液剤	ナミハダニ, アブラムシ類
9/10	還元澱粉糖化物液剤	ナミハダニ, アブラムシ類
9/18	還元澱粉糖化物液剤	ナミハダニ, アブラムシ類

非同期点灯による被害防止効果と誘引虫数の低減効果

パルス光区における LED ランプを一時的に連続点灯させたときの畝面からの高さが 1 m の位置における放射照度は、最小 $1.2 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ から最大 $36.7 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ の範囲で分布していることを確認した（データ省略）。

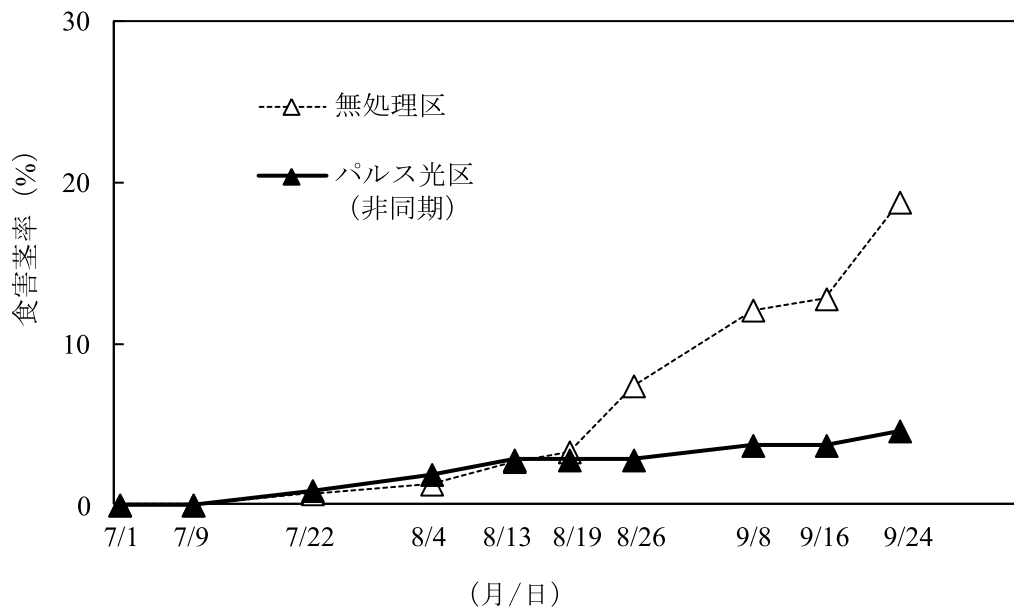
パルス光区において点灯を開始した 7 月 1 日から開花（出荷）が終了した 10 月 8 日までの日最高気温は $17.2 \sim 34.3^\circ\text{C}$ 、日最低気温は $10.3 \sim 24.0^\circ\text{C}$ で推移した（データ省略）。

オオタバコガ幼虫、あるいはハスモンヨトウ幼虫によると見られるキクの食害茎率は、8 月 19 日以降に無処理区と比較して、パルス光区で低く推移し、9 月 24 日の最終調査日には無処理区で 18.8%、パルス光区では 4.6% となった（第 2-4 図）。

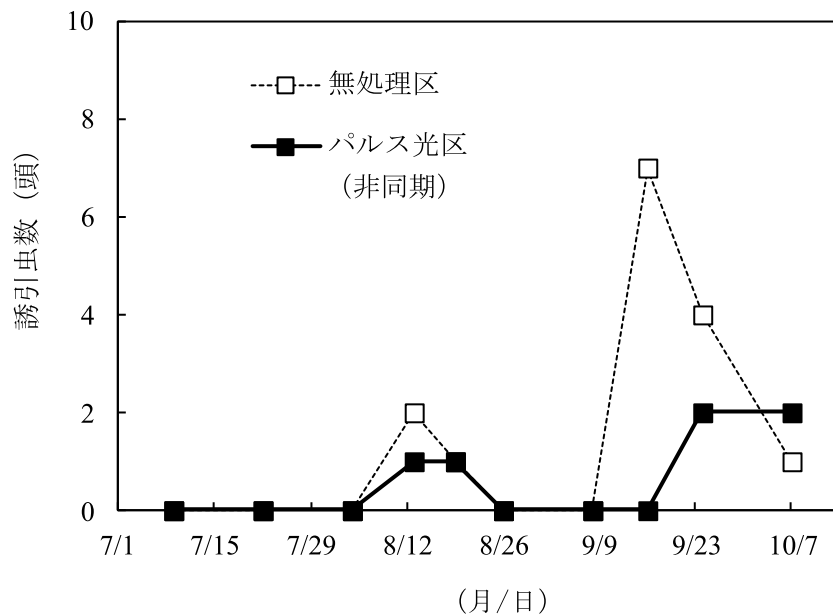
オオタバコガ成虫（オス）の誘引虫数は、無処理区で 9 月 8 日以降に急激に増加し、調査期間中の合計は 15 頭となった（第 2-5 図）。無処理区と比較して、パルス光区では 8 月 4 日～8 月 13 日、9 月 8 日～9 月 24 日の期間に少なく推移し、調査期間中の合計は 6 頭となった。

ハスモンヨトウ成虫（オス）の誘引虫数は、無処理区で 8 月 13 日以降に急激に増加し、調査期間中の合計は 921 頭となった（第 2-6 図）。無処理区と比較して、パルス光区では 7 月 22 日～10 月 7 日までの期間に少なく推移し、調査期間中の合計は 70 頭となった。

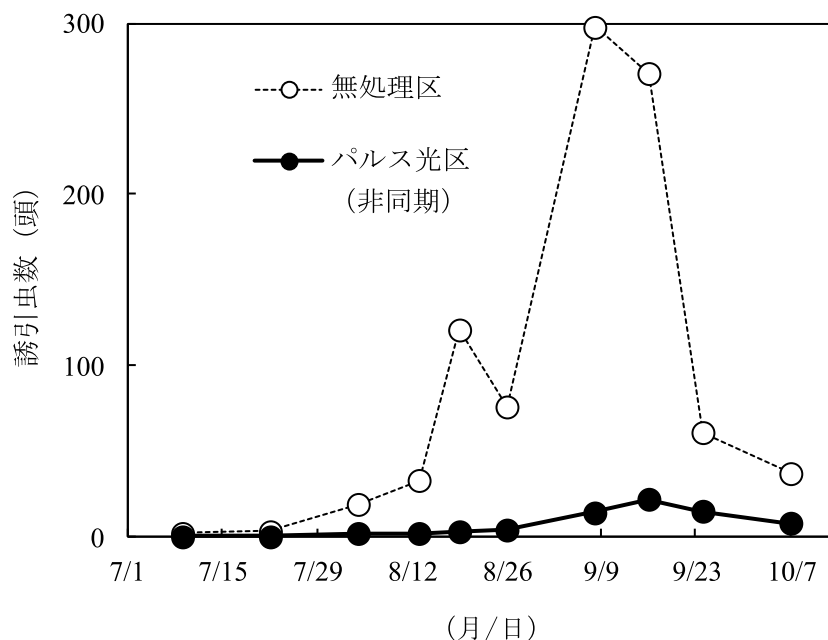
殺虫剤の散布履歴は、クロチアニジン水溶剤が計 6 回、イミダクロプリド水和剤が 7 回、ミルベメクチン乳剤が 1 回であった（第 2-4 表）。



第 2-4 図 露地ギク圃場（東城町）におけるヤガ類幼虫によるとみられる食害茎率の推移



第 2-5 図 露地ギク圃場（東城町）における性フェロモントラップによるオオタバコガ成虫（オス）の誘引虫数の推移



第 2-6 図 露地ギク圃場（東城町）における性フェロモントラップによるハスモンヨトウ成虫（オス）の誘引虫数の推移

3 考 察

本実験により、取扱説明書中の対象害虫としてヤガ類の記載がない殺虫剤のみを使用した条件においても、第 1 章第 2 節においてヤガ類の視覚に対する刺激力を確認した明期 20 ms/暗期 80 ms の時間構造を有する黄色パルス光（デューティー比 20%）を放射できる LED ランプ（第 1-30 図）を用いて終夜照明した場合、ヤガ類幼虫によるとみられるキクの食害茎率を無処理（無照明）の約 4 分の 1 に、オオタバコガ成虫（オス）およびハスモンヨトウ成虫（オス）の誘引虫数を無処理と比較して低く抑えられることが明らかとなった。

本実験では、複数個の LED ランプを連関してパルス点灯させる同期と、連関させずパルス点灯させる非同期の 2 つの点灯方式で検討した。前述したとおり、イニシャルコスト低減の観点からは点灯方式は非同期が望ましい。明期 20 ms/暗期 80 ms の時間構造を有する黄色パルス光（デューティー比 20%）の点滅周期は 10 Hz と高く、実際に同期と非同期方式でパルス点灯させて観察したところ、ヒトの視覚では、その違いを見分けることができなかったが、ヤガ類成虫は、異なる点灯方式に対して敏感に反応し、異なる行動を示すことも予想された。しかしながら、本実験では、いずれの点灯方式が優れているかを判断できる明確な結果は得られなかった。このため、今後は、屋外実験において介在する多くの不確定要素を可能な限り排除し、2 つの点灯方式を直接比較することで、両方式の有する防除効果の優劣を明らかにする必要があると考えられた。

第2-4表 露地ギク圃場（東城町）における殺虫剤の散布履歴

散布日	殺虫剤名	希釈倍率	対象害虫
7/ 6	クロチアニジン水溶剤	2,000	アブラムシ類, アザミウマ類, ハモグリバエ類, カメムシ類
7/ 9	クロチアニジン水溶剤	2,000	アブラムシ類, アザミウマ類, ハモグリバエ類, カメムシ類
7/15	クロチアニジン水溶剤	2,000	アブラムシ類, アザミウマ類, ハモグリバエ類, カメムシ類
7/21	クロチアニジン水溶剤 ミルベメクチン乳剤	2,000 1,500	アブラムシ類, アザミウマ類, ハモグリバエ類, カメムシ類 ハモグリバエ類, ハダニ類
7/28	クロチアニジン水溶剤	2,000	アブラムシ類, アザミウマ類, ハモグリバエ類, カメムシ類
8/ 5	クロチアニジン水溶剤	2,000	アブラムシ類, アザミウマ類, ハモグリバエ類, カメムシ類
8/10	イミダクロプロリド水和剤	2,000	アブラムシ類, アザミウマ類
8/15	イミダクロプロリド水和剤	2,000	アブラムシ類, アザミウマ類
8/24	イミダクロプロリド水和剤	2,000	アブラムシ類, アザミウマ類
9/18	イミダクロプロリド水和剤	3,000	アブラムシ類, アザミウマ類
9/24	イミダクロプロリド水和剤	4,000	アブラムシ類, アザミウマ類

第2項 開花遅延の回避

第2項では、第1項と同じ条件下の露地ギク圃場において、異なる2つの点灯方式が切り花ギクの草丈および蕾径に及ぼす影響を調査した。

1 材料および方法

同期および非同期点灯下での草丈および蕾径への影響

同期点灯圃場（西城町）では9月16日に、非同期点灯圃場（東城町）においては9月24日に、それぞれの圃場の無処理区およびパルス光区において、各区30枝の蕾径と草丈を調査した。

2 結果

同期点灯下での草丈および蕾径への影響

9月16日における‘精の波’の蕾径は、パルス光区で16.1 mmとなり、無処理区の16.2 mmと比較して有意な差は見られなかった（第2-7図）。

9月16日における‘精の波’の草丈は、パルス光区で106 cmとなり、無処理区の103 cmと比較して、有意な差が見られた（第2-7図）。

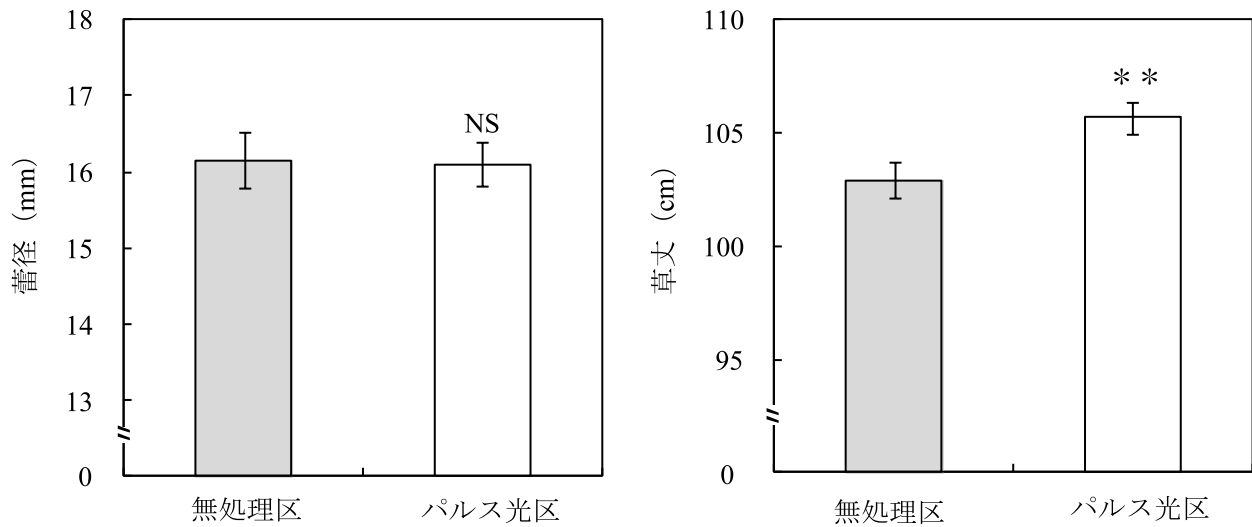
開花時期は、パルス光区および無処理区ではともに9月22日～9月29日となり、大きな差は見られず、目視により確認した範囲では、切り花形質についても大きな差は見られなかった（農家からの聞き取り）。

非同期点灯下での草丈および蕾径への影響

9月24日における‘精の旗’の蕾径は、パルス光区で17.4 mmとなり、無処理区の17.1 mmと比較して、有意な差は見られなかった（第2-8図）。

9月24日における‘精の旗’の草丈は、パルス光区で98 cmとなり、無処理区の100 cmと比較して、有意な差は見られなかった（第2-8図）。

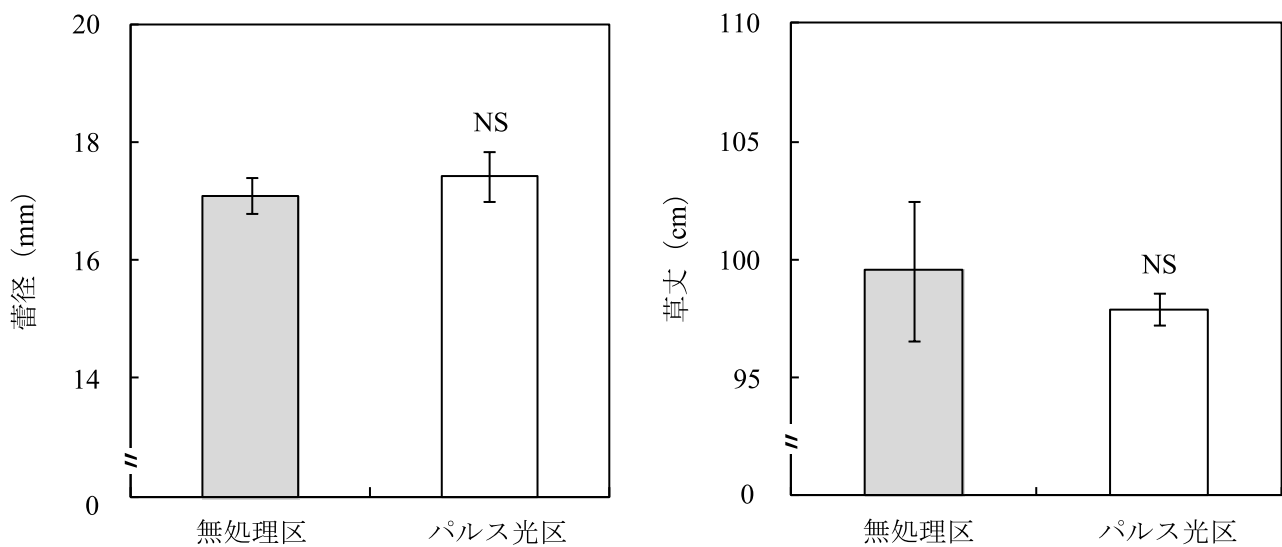
開花時期は、パルス光区および無処理区ではともに9月26日～10月8日となり、大きな差は見られず、目視により確認した範囲では、切り花形質についても大きな差は見られなかった（農家からの聞き取り）。



第 2-7 図 明期 20 ms/暗期 80 ms の時間構造を有する黄色パルス光による同期点灯が輪ギク‘精の波’の蕾径および草丈に及ぼす影響

図中の垂線は標準誤差を示す ($n = 30$)

NS は t 検定により 5%水準で有意な差がないことを, **は 1%水準で有意な差があることを示す



第 2-8 図 明期 20 ms/暗期 80 ms の時間構造を有する黄色パルス光による非同期点灯が輪ギク‘精の旗’の蕾径および草丈に及ぼす影響

図中の垂線は標準誤差を示す ($n = 30$)

NS は t 検定により 5%水準で有意な差がないことを示す

3 考 察

これまでに第1章で得られた知見に基づき、試作した切り花ギク用のLEDランプ(第1-30図)を、広島県北部の2箇所の露地ギク圃場において設置・点灯させ、異なる2つの点灯方式の下で、黄色パルス光の照射が切り花ギクの蕾径および草丈に及ぼす影響を調査した。その結果、複数個のLEDランプを連関させてパルス点灯させた同期においても、連関させずパルス点灯させた非同期においても、無処理およびパルス光区における蕾径の差は、‘精の波’および‘精の旗’の2品種で0.1~0.3 mm、草丈の差は2~3 cmとなった。しかしながら、これらの差は、営利栽培上の問題とされない範囲にあると考えられた。園主である農家からは、供試した両品種では、無処理区とパルス光区において、開花時期および切り花形質に大きな違いはなかったことを聴取した。このように、試作したLEDランプを一時的に連続点灯させたときの畝面からの高さが1 mの位置における放射照度を1.2~36.7 mW・m²の範囲に留めることで、蕾の発達および草丈に及ぼす黄色パルス光の照射による影響は、点灯方式に関わらず、許容範囲であると考えられ、厳密な開花制御を必要とする物日出荷などでは考慮すべき点も残されているが、営利栽培上の問題とされない程度に低減可能であると考えられた。

第3章 総括

多くの農作物を加害するオオタバコガおよびハスモンヨトウなどのヤガ類は、市販されている多くの化学合成農薬に対し、薬剤抵抗性を獲得しており(遠藤ら, 2000; 小野本ら, 1996; 染谷・清水, 1997)、難防除害虫として扱われている。キクやカーネーションなどでは、幼虫が一度花蕾に潜り込んでしまうと、散布した化学合成農薬は直接幼虫にかかりにくいいため、防除を一層難しくしていると考えられる。生産現場では化学合成農薬に替わる物理的防除法の確立が望まれており、産卵のため圃場へ飛来するヤガ類の成虫に対して、高い防除効果がある黄色蛍光灯による夜間照明技術が導入されている(八瀬ら, 1997)。しかし、短日植物である切り花ギクの栽培では、市販されている黄色蛍光灯を用いた夜間照明下において、著しい開花遅延を起こすことに加えて、切り花形質をも低下させてしまうため(石倉ら, 2000; 山中ら, 1997)、日長反応を示さない農作物、あるいは、照明に対し鈍感な農作物と同じように、黄色蛍光灯を利用することができなかった。

そこで、本研究では、近年、様々な用途で急速に利用拡大されつつあるLEDに着目し、「高い防除効果の発現」と「キクの開花遅延の回避」の2つを同時に満たす領域横断的な照明条件を探索することで、切り花ギクに利用可能な害虫防除技術を開発しようと試みた。なお、本研究における対象害虫は、切り花ギクを加害するヤガ類のうち、薬剤抵抗性の獲得などの理由により、難防除害虫とされているオオタバコガとハスモ