

イチゴうどんこ病における低照度UV-B夜間照射の防除効果

有元倫子・下川陽一・長谷部匡昭*

Controlling the Effects on Strawberry Powdery Mildew by UV-B Low Irradiation at Night

Michiko Arimoto, Yoichi Shimokawa and Masaaki Hasebe*

キーワード: イチゴ, うどんこ病, 紫外線, 電球型, 夜間照射, UV-B

1. 緒言

イチゴうどんこ病は果実、果梗、葉に発生し、白色のうどん粉状の菌叢を形成する。特に果実への発生により品質低下と減収を伴うイチゴの重要病害の一つである。イチゴうどんこ病の主要な防除対策は化学合成農薬による防除であるが、連用により薬剤耐性菌が出現し¹⁾感受性の低下をまねいている。滋賀県では、2012年にDMI剤耐性のイチゴうどんこ病菌の発生を確認しており²⁾、防除効果の低下等によって被害が甚大となっている。

近年、紫外線UV-B（波長域：280～315nm）の照射によってイチゴうどんこ病の発病が抑制されること³⁾、さらに発病抑制メカニズムの一因は、UV-Bの照射によりイチゴに病害抵抗性遺伝子が発現し、抗菌物質を産生することであると報告された⁴⁾。並行して、農業の栽培現場で使用するUV-B照射装置が開発され、化学合成農薬によらない新たな防除方法として現場に普及しつつある。当初、UV-Bの照射時間帯は9時から15時の昼間の時間帯が推奨された。しかし、UV-Bは人体に有害であり、昼間の作業の際に消灯する必要があり、作業の支障となっていた。よって、照射時間帯については、夜間照射に切り替えても、その防除効果は同様であることをこれまでに示してきた⁵⁾。

さらに現地への普及において、UV-B照射装置の導入に係るコストが問題となっていた。このため、設置間隔を広くして導入台数を減らした場合の低照度条件下での防除効果の検討が求められていた。加えて、従来の蛍光灯形より安価な電球形のUV-B照射装置が開発され、生産現場における防除効果の確認が必要であった。本研究では、UV-Bの夜間低照射によるイチゴうどんこ病防除の有効性を検討するとともに、電球形UV-B照射装置と従来の蛍光灯形UV-B照

射装置の防除効果について比較実証試験を行ったので報告する。

2. 材料および方法

2. 1 夜間低照度条件の検討

2. 1. 1 栽培概要

イチゴの品種は「章姫」を用い、ウイルスフリー苗を購入し自家育苗した。3～4葉期のイチゴ苗をビニルハウス内のベッドに2013年9月27日に移植し、少量土壌培地耕（高設栽培）で育成した。施肥はOKF-1（OATアグリオ（株））を液肥として2,000～3,000倍に希釈し、イチゴの株元へ灌水チューブにより施用した。慣行に従い、古くなった葉や発生したランナーは取り除いた。ハウス内の加温は行わず、冬季はハウスの内側にビニルカーテンを張り保温した。

2. 1. 2 区の設定

UV-B照射には蛍光灯形UV-B照射装置（タフナレイ（パナソニック（株）製））を用い、移植4日後から試験終了（2014年6月16日）までUV-Bを照射した。

試験区として、次の3つの区を設定した。UV-Bを照射する2つの区は、ともに夜間に短時間（0～3時、3時間）の照射であるが、照度は2水準で慣行照度（4～10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）と低照度（2～10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）とし、それぞれ慣行区と低照度区とした。対照として、UV-Bの照射を行わない無照射区を設けた。なお、慣行とした照度は、有元ら（2014）⁵⁾で示した照度であり、夜間照射（0～3時、3時間、4～10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）においても、昼間照射（9～15時、6時間、4～10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）と同様の防除効果が確認されている。

照度測定は栽培ベッド上面より高さ20 cmで測定した。こ

*現 湖東農業農村振興事務所

の位置はイチゴ植物体の上部にあたる。同一ハウス内を紫外線カットフィルム（バジタロンスーパーUV カット 積水フィルム（株）製）で10.8 m²（4m×2.7m）に区切り、各区は42～45株とした。同一処理区を反復として2区設けた。

2. 1. 3 うどんこ病菌の接種

うどんこ病の発病適温（20℃前後）を考慮し、定植から52日目にうどんこ病に罹病したイチゴ植物体（4～6葉程度）を各区の中央上部に吊るし、感染源とした。その際、UV-B照射装置に接する感染源のイチゴ植物体の側面は紫外線カットフィルムで遮り、感染源へのUV-Bの影響を排除し試験終了時まで設置した。

2. 1. 4 化学合成農薬の散布

試験後期にうどんこ病の発病が急増したため、化学合成農薬を、全区に散布した。散布は2014年4月7日にフルチアニル乳剤、4月15日にアゾキシストロビンフロアブル、4月22日にフルチアニル乳剤とした。

2. 1. 5 調査方法

果実を対象とした発病調査は、2013年12月19日～2014年6月6日に計25回行った。葉の発病調査は、2014年2月12日と4月3日、計2回行った。1区あたり40株を調査した。

発病果率、発病葉率および調査期間を通した発病果率は、以下の式で算出した。

$$\text{発病果率} = (\text{発病果実数} / \text{収穫果実数}) \times 100$$

$$\text{発病葉率} = (\text{発病葉数} / \text{調査葉数}) \times 100$$

$$\text{調査期間を通した発病果率} = (\text{調査期間の総発病果実数} / \text{調査期間の総収穫果実数}) \times 100$$

2. 2 電球形UV-B照射装置を用いた現地実証

2. 2. 1 区の設定

長浜市の現地ハウスにおいて、電球形と蛍光灯形のUV-B照射装置による防除効果の比較検討を行った。試験区は、電球形UV-B照射装置を用いる電球形区、蛍光灯形UV-B照射装置を用いる蛍光灯形区を対照として、照射を行わない慣行区を設けた。

2. 2. 2 栽培概要

イチゴの品種は「章姫」を用い、少量土壌培地耕（高設栽培）で育成した。電球形区と蛍光灯形区は2014年9月13～14日、慣行区は9月21日に定植した。施肥はOKF-1を、EC0.5～0.8mS/cmの液肥としてイチゴの株元に灌水チューブにより施用した。日常の栽培管理は現地のハウス栽培農家が行った。冬季はハウス内の加温は行わず、ハウスの内側にビニルカーテンを張り保温した。

2. 2. 3 UV-Bの照射

電球形区は電球形UV-B照射装置（UV-B電球形蛍光灯 パナソニックライティングデバイス（株）社）をハウスの縦

2列に5mおき、栽培ベッドの上面から高さ1mの位置に設置した。なお、本試験の高設栽培では設置した電球形UV-B照射装置の距離とイチゴ植物体の距離が短く、近接照射となり基準の照度を超えた。そのため、電球形UV-B照射装置の光源を覆う市販品の傘の部分を取り円盤状に加工したもの（図4）を用いた。蛍光灯形区では、蛍光灯形UV-B照射装置をハウスの縦1列に4mおきに設置した。慣行区は照射を行わなかった。

電球形区の照度は3～15 μW/cm²、蛍光灯形区の照度は4～20 μW/cm²とした。照度の測定は2.1と同様の方法で行った。電球形区と蛍光灯形区は360 m²（8m×45m）、慣行区は240 m²（6m×40m）の各区独立したビニルハウスに試験区を設置した。UV-Bの照射は、9月19日から試験終了（2015年3月19日）まで行ったが、照射による焼けと推測される障害果が発生したため、電球形区では1月23日のみ、蛍光灯形区では1月23日～2月25日まで消灯した。

2. 2. 4 化学合成農薬の散布

うどんこ病を対照とした化学合成農薬を電球形区は4剤、蛍光灯形区は3剤、慣行区は9剤を散布した。散布した化学合成農薬の成分は表1に示した。

2. 2. 5 調査方法

発病果の調査は、各区の発病果の重さを3～11日おきに調査し、日数で割り1日当たりに換算した。各区の収穫量は栽培状況から大きな差はないと判断し、現地の試験区でない栽培を含めた「章姫」の総収穫量から面積換算により算出し、調査した各月の平均収穫量に基づき1日の収穫量に換算した。発病葉は1区あたり60株について調査した。調査は2014年10月2日～2015年3月19日に行った。

発病果率と発病葉率は以下の式で算出した。

$$\text{発病果率} = (\text{発病果実重} / \text{収穫果実重}) \times 100$$

$$\text{発病葉率} = (\text{発病葉数} / \text{調査葉数}) \times 100$$

3. 結果

3. 1 夜間低照度条件の検討

各区の発病率の推移を図1に示した。無照射区では感染源設置後60日目(1月17日)から徐々に発病率が上昇し、3月20日以降、急激に上昇した。低照度区と慣行区では無照射区より発病率の上昇時期が約2か月遅かった。調査期間を通した発病率は低照度区で3.4%、慣行区で4.6%であり、無照射区の14.6%と比較して低かった。定植後から試験終了まで、全区において葉の発病はなかった。

3. 2 電球形UV-B照射装置を用いた現地実証

各区の発病率の推移を図2に、発病率の推移を図3に示した。また、化学合成農薬の散布日と成分は表1に示した。

慣行区では10月16日に発病葉が見られたため、化学合成農薬を散布した。11月下旬にかけて、発病率は低下したが、葉の病斑から収穫前の果実へ感染したことで、収穫開始の12月21日には既に果実への発病が確認された。その後、気温の低下に伴い発病率は低下したが、1月20日以降上昇した。3月2日～4日と3月9～11日の合計2回の化学合成農薬散布により発病率は低下した。

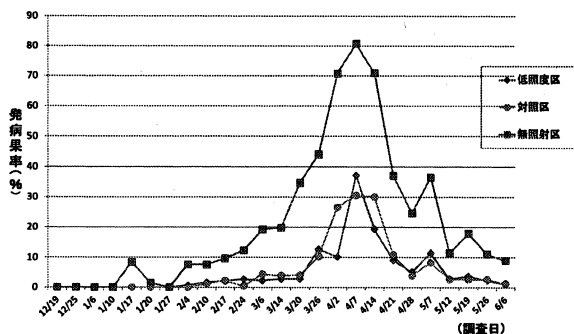


図1 蛍光灯形UV-B低照度照射条件下でのイチゴうどんこ病発病率の推移

・ 黒矢印は、全区にうどんこ病を対照とした化学合成農薬を散布した時期を示す。
・ 4月7日フルチアニル乳剤、4月15日アゾキシストロビンフロアブル、4月22日フルチアニル乳剤を全区に散布した。

電球形区と蛍光灯形区では、葉の発病は認められなかった。

電球形区では12月26日～1月6日、蛍光灯形区は、1月21日～29日に果実の発病を確認した。その後、電球形区、蛍光灯形区ともに発病率は極めて低く推移した。電球形区と蛍光灯形区では、3月上、中旬に化学合成農薬を併用した。

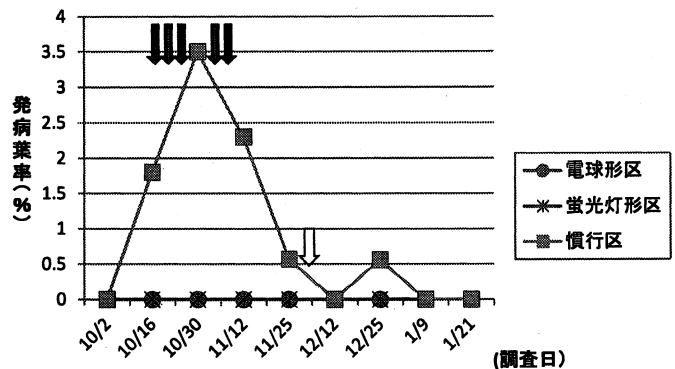


図2 蛍光灯形と電球形UV-B照射装置による照射条件下でのイチゴうどんこ病発病率の推移

黒矢印は慣行区に化学合成農薬を散布したことを示す。成分は、表1に示した。
白矢印は電球形区に化学合成農薬を散布したことを示す。成分は、表1に示した。

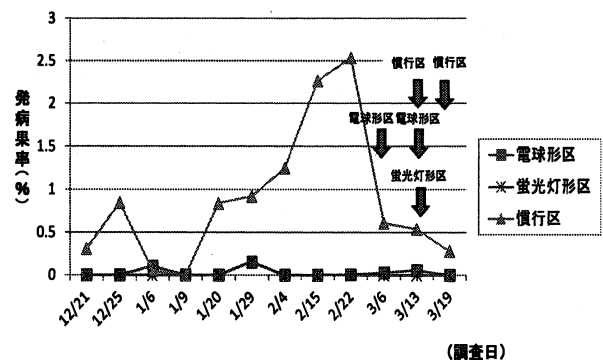


図3 蛍光灯形と電球形UV-B照射装置による照射条件下でのイチゴうどんこ病発病率の推移

表1 イチゴうどんこ病を対象とした農薬散布履歴

	電球形区	蛍光灯形区	慣行区
2014年10月18日	-	-	フルチアニル乳剤
10月23日	-	-	ポリオキシシン水溶剤
10月27日	-	-	イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤
10月31日	-	-	トリフミゾール顆粒水和剤
11月7日	-	-	アゾキシストロビンフロアブル
11月27日 アゾキシストロビンフロアブル	-	-	-
2015年3月2、4日	フルチアニル乳剤	フルチアニル乳剤	フルチアニル乳剤
3月9、11日	ピリオフェノン水和剤	ピリオフェノン水和剤	アゾキシストロビンフロアブル
3月15日	-	-	トリフミゾール顆粒水和剤
4月16、22日	ミクロブタニル水和剤	ミクロブタニル水和剤	ミクロブタニル水和剤
合計	4剤	3剤	9剤

4. 考察

有元ら (2014) は昼間照射と同照度、照射時間を半減した3時間の夜間照射は、イチゴうどんこ病に対して昼間の照射と同様の防除効果を示すことを報告した⁵⁾。今回、さらに半減させた照度 ($2\sim 10\mu\text{W}/\text{cm}^2$) で、昼間照射と同様の防除効果が得られた。

現地試験において、電球形UV-Bを用いた照射の発病率と発病葉率は、従来の蛍光灯形UV-Bを用いた照射と同程度推移した。このことから、電球形UV-B照射装置を用いた照射は蛍光灯形UV-B照射装置と同等の防除効果を示し、うどんこ病の発病を低く抑えたと考える。

一般的にうどんこ病の感染好適条件は秋期と春期である。冬期は気温低下に伴い発生は終息に向かう。UV-Bの照射により定植後から冬期まで、うどんこ病の発病率と発病葉率は低かったが、春期からは発病率が上昇した (図1, 2, 3)。UV-Bによる防除は、秋期のうどんこ病の発生を抑制すると考える。しかし、春期からのUV-Bによるうどんこ病の防除は、ほ場の発生状況に応じた化学合成農薬の併用が必要になると考える。現地試験において、UV-Bによる防除によりうどんこ病の発病を抑制することができ、化学合成農薬の防除回数が半減した。UV-Bを用いた防除は、化学合成農薬と併用することで、うどんこ病に十分な防除効果を得られると考える。

現地試験では、照射による焼けと推測される障害果が発生したため、電球形区は1日間、蛍光灯形区は33日間消灯した。消灯と同時期の慣行区におけるうどんこ病の発病率は上昇したが、蛍光灯形区は1か月以上の消灯下において発病が見られなかった。この理由として、UV-Bによる防除効果は約1か月程度保持されること⁶⁾に加えて、消灯以前のうどんこ病の発病率が極めて低く、消灯した時期が低温期であったため、うどんこ病の好適条件とならなかったことが考えられる。

UV-Bによる焼けは一般的に、低温寡日照条件で発生すると報告されている⁷⁾が、実用レベルの照度 ($20\mu\text{W}/\text{cm}^2$) の照射による果実の障害発生は報告はない。現地実証ほ場は、冬期天候不順となりやすい県北部に位置し、無加温栽培であり、低温寡日照条件になったことが、果実の障害が発生した一因であると考えられる。UV-B照射による葉焼けは、照射時間を短くすることで防ぐことができる⁸⁾。障害果の発生を防ぐために、冬季の照射を一時的に短時間にする等の対策が必要である。

UV-Bによる病害抑制のメカニズムの一つが誘導抵抗性であるため、うどんこ病の発病前からUV-B照射を行う必要がある。本県のイチゴの栽培体系では定植直後にうどんこ病の好適条件となるため、定植後からのUV-Bの照射が必要である。

本試験において、定植直後のイチゴの植え痛みを考慮し、UV-Bは定植7日程度後から照射した。しかし、本県の育苗が子苗をポットに受ける育苗が主流であり、この育苗方法は定植の植え痛みが少ない。そのため、UV-Bの無照射の期間は育苗方法により考慮する必要がある。

従来の照度より低い照度で防除効果が得られたことから、UV-B照射装置の面積当たりの台数を少なくすることができコストの低減を図ることができる。また、電球形UV-B照射装置は従来の蛍光灯形UV-B照射装置と比べ50%以下の安価で購入することができる。当初の蛍光灯形UV-B照射装置を用いた昼間照射と比べると導入コスト、ランニングコストともに50%以下に抑えることができる。

UV-Bを用いた防除方法は、物理的防除であることから耐性菌発生の可能性は極めて低く、また、既存の薬剤耐性菌に対しても有効な防除技術である。さらに、当初の昼間照射と比較してより低コストで導入できる防除技術である。

以上のことから、UV-B照射装置を用いた防除方法は、今後のイチゴうどんこ病の防除対策として有効な防除技術であると考えられる。

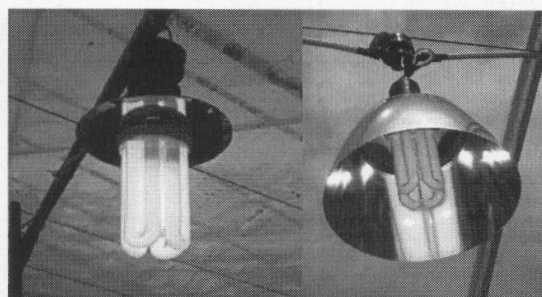


図4 加工した電球形UV-B照射装置の傘(左)、市販品の傘(右)

5. 謝辞

本研究の現地実証試験を行うにあたり、西橋農園 (長浜市内保町) の栽培ほ場をお借りしました。農業経営課の中村嘉孝副主幹には多くのご助言をいただきました。パナソニックエコソリューションズ (株) 山田真氏、青木慎一氏、パナソニックライティングデバイス (株) 八谷佳明氏にUV-B照射装置をご提供いただくとともに、UV-B照度の測定等でご協力いただきました。記して心より感謝申し上げます。

6. 引用文献

- 1) 中野智彦・萩原敏弘・岡山建夫 (1992) 奈良農試研報 23 : 27-32
- 2) 有元倫子・長谷部匡昭・下川陽一 (2016) 滋賀農技セ研報 : 54 : 28-29

- 3) 神頭武嗣・松浦克成・山田真・石渡正紀・宇佐見俊行・雨宮良幹 (2008) 日植病報 74 : 187. (講要)
- 4) Kanto T et al ,(2009) ; UV-B Radiation for control of strawberry powdery mildew. Acta Hort. 842:359-362.
- 5) 有元倫子・長谷部匡昭・山田真・青木慎一・江波義成 (2014) 関西病害虫研報 56 : 75-76
- 6) 宇佐見俊行・神頭武嗣・小林美郷・雨宮良幹・松浦克成・山田真・石渡正紀 (2009) 日植病報 75 : 198. (講要)
- 7) 松浦克成・神頭武嗣・山田真・石渡正紀 (2010) ; 関西病虫研報 ; 85-86
- 8) 神頭武嗣・松浦克成・小川拓也・宇佐見俊行・雨宮良幹 (2011) 植物防疫第 65 巻第 1 号 : 28-32