

UV-B 照射によるナス科作物の病害防除

地方独立行政法人 大阪府立環境農林水産総合研究所 ^{おかだ}岡田 ^{きよつぐ}清嗣・^{おか}岡 ^{くみこ}久美子*

はじめに

ナス、トマト等果菜類はビニルハウスを主体とした施設栽培が多く、露地栽培では発生の少ない灰色かび病やすすかび病、葉かび病等の好湿性病害が発生しやすい。これらの病害には薬剤耐性菌の発生も数多く確認され(岡田ら, 1990; 山口ら, 2000; 矢野, 2008), 薬剤の防除効果が低下しているため難防除病害となっている。

近年, 生産現場においては食の安全・安心が求められ, 化学合成農薬への依存度を減らした環境負荷軽減型の防除技術の開発が望まれている。化学合成農薬の代替技術として, 植物の病害抵抗性を誘導し発病を抑制する技術が開発されており, その中の一つとして波長の異なる紫外光や緑色光(石田, 2009)を利用した病害防除法が検討されている。このうち, 紫外光は長い波長域のほうから UV-A (400 ~ 315 nm), UV-B (315 ~ 280 nm), UV-C (280 nm 以下) に分類されるが, UV-A 照射では植物の病害抵抗性遺伝子を発現させることはできないとされている(BREDERODE et al., 1991; GREEN and FLUHR, 1995)。また UV-C 照射では病害抵抗性は誘導されるが, 植物の生育に対して激しく悪影響を及ぼすため(BREDERODE et al., 1991; STAPLETON, 1992; YALPANI et al., 1994), 主に貯蔵病害の防除用途に限られている(DROBY et al., 1993; STEVENS et al., 1997)。

これに対して UV-B 照射の場合は悪影響を伴わずに病害抵抗性を付与できることが, シロイヌナズナやタバコ等で報告されている(GREEN and FLUHR, 1995; FUJIBE et al., 2000; BROSCHE and STRID, 2003)。そのメカニズムは, 病原菌の攻撃や各種ストレスにより誘導される防御反応と同様であることがモデル植物を用いた様々な遺伝子の発現解析によって示されている(STRATMANN, 2003; JENKINS, 2009)。筆者らもナスやトマトでの病害抵抗性誘導機構を解析したところ, UV-B 照射による抵抗性関連酵素の活性を確認している(岡ら, 2011)。また実圃場

レベルにおける研究では, 神頭ら(2008)がイチゴうどんこ病に対する防除効果を, さらに筆者らは, ナス灰色かび病やすすかび病, トマト葉かび病やすすかび病, キュウリうどんこ病に対する UV-B 照射の防除効果を明らかにしている(岡ら, 2009; 2010; 岡田ら, 2009; 2010)。

このように, UV-B 照射による病害防除効果は, 植物の防御反応の励起に起因すると考えられ, その活用は, 総合的病害虫管理(IPM)や総合的作物管理(ICM)を推進するうえで意義深い。本稿において, その特徴と病害防除事例を紹介することが, 本技術の普及の一助となれば幸いである。

I UV-B 放射エネルギーによる各種病原菌の殺菌効果

植物病原菌の生長や生存に及ぼす UV-B 照射の影響を調査した。ナスすすかび病菌をはじめ各種病原菌の分生胞子を素寒天培地上に払い落とし, 石英ガラスで覆ったのち, 7.2, 3.6 および 0.72 KJ/m²/日に調光した UV-B を天井面から照射距離 30 cm となるように設置し, 3 波長白色蛍光灯とともに 10 時間照射した。その後 14 時間暗黒下に置いて胞子発芽率を計測し, さらに 7 日後に菌叢の発達を調査した。その結果, 7.2 KJ/m²/日の照射によりすすかび病菌, 灰色かび病菌, 葉かび病菌およびうどんこ病菌の胞子発芽はすべて顕著に阻害され, その後の菌叢の発達も認められなかった(岡ら, 2010)。しかし, 3.6 KJ/m²/日以下の放射エネルギーではいずれの胞子に対しても発芽阻害作用は小さく, 菌叢の発達も認められた(表-1)。3.6 KJ/m²/日以下の UV-B 照射は殺菌作用が弱く, 耐性菌の出現の可能性も低いと考えられた。

II UV-B 照射による抵抗性関連酵素の活性化と抵抗反応の誘導

既に UV-B 照射がシロイヌナズナ, トマト, タバコ, イネにおいて多数の PR タンパク質などの抵抗性関連遺伝子を活性化し, ジャスモン酸やサリチル酸, エチレン等を生成して病害抵抗性を発現させることが明らかにされている(GREEN and FLUHR, 1995; FUJIBE et al., 2000; BROSCHE and STRID, 2003)。今回 UV-B 照射装置を用いて,

Disease Control of Greenhouse-grown Plants of Eggplant and Tomato, by UV-B Irradiation. By Kiyotsugu OKADA and Kumiko OKA

(キーワード: UV-B, 抵抗性誘導, ナスすすかび病, ナス灰色かび病, トマトすすかび病, PAL, β -1,3-glucanase, 病害防除)

* 現所属: 鳥取大学農学部

表-1 UV-B 照射による各種病原菌の孢子発芽および菌叢抑制効果

病原菌	調査 孢子数	UV-B 照射		
		放射エネルギー (KJ/m ² /日)	孢子発芽率 (%)	菌叢の 形成
ナスすすかび病菌	100	7.2	1.6	—
	100	3.6	75.2	+
	100	0.7	94.0	+
	100	無照射	93.0	+
ナス灰色かび病菌	100	7.2	0.0	—
	100	3.6	98.8	+
	100	0.7	99.1	+
	100	無照射	97.5	+
トマト葉かび病菌	100	7.2	0.0	—
	100	3.6	85.2	+
	100	0.7	95.0	+
	100	無照射	96.0	+
キュウリうどんこ病菌	100	7.2	0.0	n.d.
	100	3.6	26.0	n.d.
	100	0.7	32.0	n.d.
	100	無照射	27.5	n.d.

各種病原菌の分生孢子を素寒天培地上に均一に払い落とした後、各放射エネルギーに調整した UV-B を培地の真上から蛍光灯と同時に 10 時間照射した。照射後 14 時間暗黒条件下に静置し、その後に孢子発芽率を顕微鏡で観察した。試験は 3 回繰り返した。また照射 7 日後に菌叢形成の有無を肉眼観察でした(形成あり：+, 形成なし：-, データなし：n.d.)。

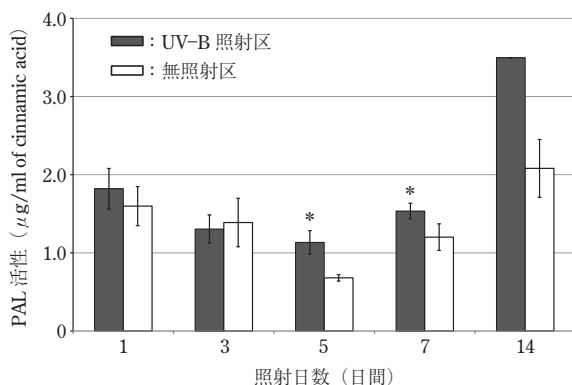


図-1 温室内で UV-B 照射したナス葉におけるフェニルアラニンアンモニアラーゼ (PAL) 活性

*: 無照射区との 5% 有意差あり。

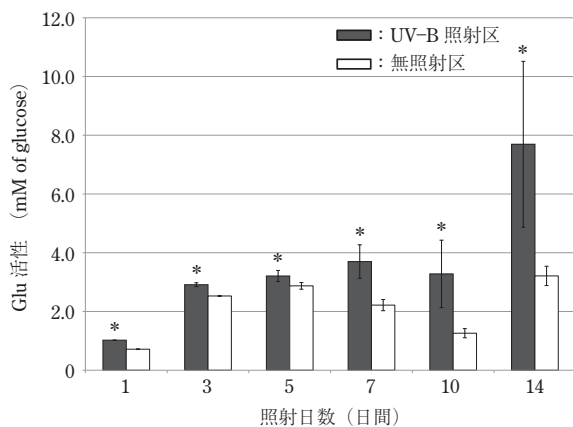


図-2 温室内で UV-B 照射したナス葉における β -1,3-グルカナーゼ (Glu) 活性

*: 無照射区との 5% 有意差あり。

ナスにおける抵抗性関連酵素の活性化を確認した。

植物育成室内で 4 葉期まで生育させたナス苗 (品種 '千両 2 号') に、UV-B (放射エネルギー 2.7 KJ/m²/日) と 3 波長白色蛍光灯を同時に毎日 6 時間照射して、照射ナス葉における細胞壁のリグニン化や、PR タンパク質生成に関与する代表的な酵素である、フェニルアラニン

アンモニアラーゼ (PAL) および β -1,3-グルカナーゼ (Glu) 活性を調査した。その結果、UV-B 照射区の PAL 活性は照射 5 日目以降、Glu 活性は 7 日目以降に無照射区よりも有意に高くなった (図-1, 2)。これらのことから、ナス葉では UV-B 照射 5~7 日以降に抵抗性

関連酵素の活性が上昇して病害抵抗性が誘導され、病原菌の侵入を阻止する準備が備わると考えられた(岡ら, 2011)。

さらに、ナスすすかび病菌の各感染過程にどのような影響を及ぼしているかを調査したところ、ナス葉上における胞子の発芽はUV-B照射の影響を受けず、高い発芽率を示した。しかし、胞子発芽から付着器形成、および付着器からの侵入菌糸形成においては、UV-B照射区では無照射区の半分程度まで有意に低下した(図-3)。一方で、気孔侵入に有意差は認められなかった。すすかび病菌は角皮侵入と気孔侵入することが知られているが(山口ら, 2001)、気孔侵入よりも角皮侵入が抑制されたことは、UV-B照射が動的抵抗性を誘導して、すすかび病菌の感染を阻害したことを示す結果であると考えられた。

III UV-B照射による効果的な抵抗性誘導条件

1 暗下でのUV-B照射による抵抗性の誘導

当初は植物体の日焼け障害回避のため、蛍光灯もしくは

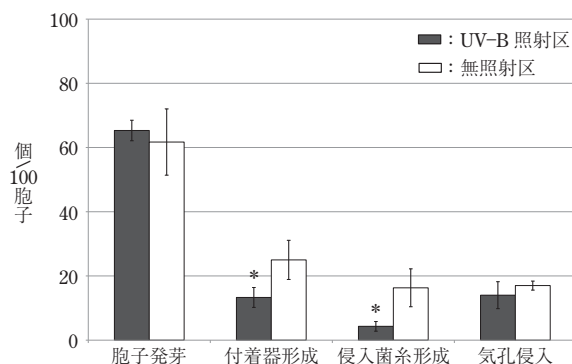


図-3 UV-B照射(14日間)によるナス葉上におけるナスすすかび病菌の感染過程への影響

*: 無照射区との5%有意差あり。

は太陽光との併用照射を行ってきたが、日中の照射は作業性に問題点がある。そこで、暗下照射による抵抗性関連遺伝子の発現解析を行った。明暗12時間の植物育成室において、ナス8葉期苗に対してUV-B(3.6 KJ/m²/日、5または7日間)を明期に6時間照射した場合と、暗期に2時間照射した場合の葉のキチナーゼ遺伝子、グルカナーゼ遺伝子およびPRタンパク質遺伝子の発現量を無照射葉に対する相対値と比較した。その結果、各遺伝子発現量は、明期6時間照射よりも暗期2時間照射で顕著に高かった(表-2)。このことから照射時間帯を夜間に移し、照射時間を短縮しても抵抗性発現は減退せず、むしろ亢進される可能性が示唆された。

2 UV-B夜間照射による防除効果

放射エネルギーおよび照射日数の違いと発病抑制効果について、トマトすすかび病を対象に調査した。5葉期のトマト苗(品種‘ハウス桃太郎’)に対して生長点付近のUV-Bの放射エネルギーを0.7, 1.4, 1.9および2.2 KJ/m²/日となるように調整し、照射期間を3日、5日および7日間として夜間(21:00~23:00と0:00~2:00)に間欠照射した。照射後にトマトすすかび病菌胞子懸濁液を接種して発病経過を観察した。無照射区においては接種14日後から発病し、28日後には発病度36.5の中発生条件となった。これに対して3日間照射では放射エネルギーの大きさにかかわらず発病抑制効果は認められなかったが、1.4 KJ/m²/日以上で5~7日間以上照射すると発病が抑制される結果が示された(図-4; 7日間照射の結果)。照射期間が長くなるにつれて、また放射エネルギーが高くなるほど発病は減少する傾向が示され、夜間間欠照射でも発病を抑制する効果が期待された(森ら, 2012)。ただし、トマトへの2.2 KJ/m²/日、5~7日間照射で、軽微ながら日焼け症状が確認された。

次に、抵抗性の全身誘導を確かめるために、8葉期の

表-2 明期または暗期UV-B照射によるナス葉における抵抗性遺伝子の発現解析

照射葉	遺伝子発現量(相対値)					
	<i>Chi</i>		<i>Glu</i>		<i>PR-1</i>	
	5日目	7日目	5日目	7日目	5日目	7日目
明期照射葉	0.5	3.2	0	38.7	1.8	13.8
暗期照射葉	0.9	8.9	23.6	7,662.8	43.8	13,489.4

放射エネルギーは3.6 KJ/m²/日とし、明期照射は10:00~16:00(6 hr)、暗期照射は1:00~3:00(2 hr)で、連日5日間または7日間照射した。遺伝子発現量はリアルタイムPCRにより解析し、非照射葉(対照)を1としたときの相対値で示した。*Chi*: キチナーゼ遺伝子、*Glu*: グルカナーゼ遺伝子、*PR-1*: PRタンパク質遺伝子を表す。

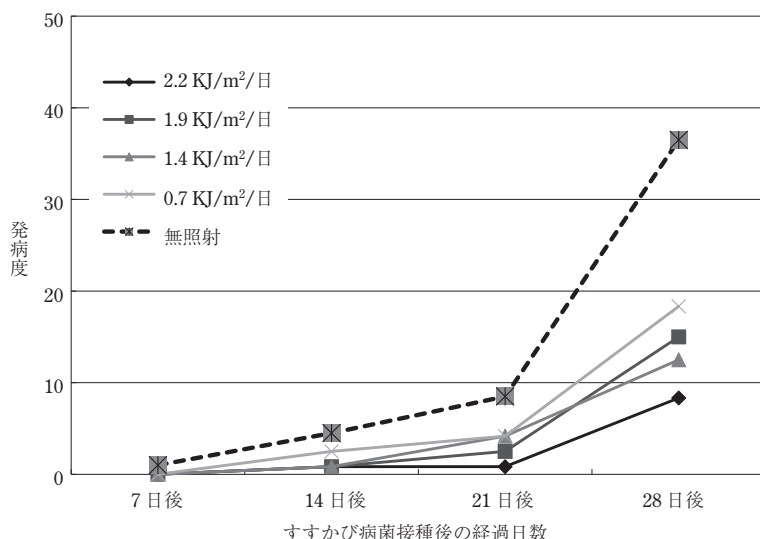


図-4 UV-B 放射エネルギーの違いとトマトすすかび病菌接種後の発病推移

トマト（品種‘ハウス桃太郎’）5葉期苗に対して、UV-B 夜間間欠照射（0.7～2.2 KJ/m²/日、21：00～23：00と0：00～2：00）を7日間行い、処理後トマトすすかび病菌胞子懸濁液（ 10^4 個/ml、15 ml/株）を噴霧接種して2日間温室に保持した。調査は接種7、14、21、28日後に発病程度別に行い、以下の式で算出した発病度で示した。発病指数0：発病なし、1：複葉に病斑1個、2：同2～5個、3：同6～10個、4：11個以上、発病度＝ Σ （発病指数×当該葉数）/（4×調査葉数）×100。試験には3株/区を供試し、3回反復した。試験には3株/区を供試し、2回反復した。

表-3 トマト葉に対する UV-B 部分照射によるすすかび病の発病抑制効果

病原菌接種後の経過日数	照射株		無照射株
	照射葉	非照射葉	
7日	0.0	0.0	1.0
14日	0.0	0.3	1.0
23日	0.0	0.3	6.0
32日	1.7	7.7	32.5
36日	35.0	43.3	70.5
42日	50.0	60.3	82.5

表中の数値は発病度を示す。

トマト8葉期苗（品種‘ハウス桃太郎’）の第4葉にのみ、夜間2時間×2回（4hr）、放射エネルギー1.4～2.2 KJ/m²/日となるように調整して7日間照射後、トマトすすかび病菌胞子懸濁液 10^4 個/mlを15 ml/株あて噴霧接種して2日間温室状態で管理した。調査は接種経過日数後に発病程度別に行い、以下の式で算出した発病度で示した。発病指数0：発病なし、1：複葉に病斑1個、2：同2～5個、3：同6～10個、4：11個以上、発病度＝ Σ （発病指数×当該葉数）/（4×調査葉数）×100。試験には3株/区を供試し、3回反復した。

トマト苗（品種‘ハウス桃太郎’）の第4葉にのみ UV-B を照射（1.4～2.2 KJ/m²/日、夜間間欠照射、7日間）した。照射後トマトすすかび病菌の胞子懸濁液を株全体に接種し、照射葉および上下位の無照射葉を区別して発病を調査した。その結果、無照射株では接種1週間後に発病が確認され、32日後から急増した。これに対し、UV-B 照射株の照射葉では接種23日後まで発病が認められなかった（表-3）。無照射葉でも接種14日後にわずかに発病したが、病勢進展も緩慢であり発病の遅延効果が認められた。このことから照射葉以外への抵抗性誘導が示唆されるとともに、その効果は照射停止後約3週間持続すると考えられた。

IV 圃場における UV-B 照射によるナスおよびトマト病害の防除効果

1 ナスすすかび病および灰色かび病の防除効果

試験は、地方独立行政法人 大阪府立環境農林水産総合研究所内のビニルハウス（間口4.9 m×奥行き16 m×高さ3 m）2棟（UV-B照射区と無照射区）で実施した。ナス（品種‘小五郎’、‘絹皮水ナス’）を畝幅130 cm、株間60 cmで定植し、主枝4本仕立てで管理した。

2009年の試験では、UV-B照射区ではUV-B照射装置（パナソニック株式会社製、商品名：タフナレイ）を畝間から高さ2.3 mの位置に3 m間隔で千鳥状（15～20 m²当たり1台）に配置し、定植約1.5か月後（2009年3月11日）から6時間（10：00～16：00）連日照射した。UV-B放射エネルギーは、ナスの生長点付近で3月中旬～4月下旬の生育前期では0.6～3.0 KJ/m²/日、5月～6月上旬の生育後期では0.2～6.5 KJ/m²/日であった。冬春作の半促成栽培において、自然発生したナスすすかび病および灰色かび病の発病調査は2009年3月16日から7日間隔で6月22日まで12回、発病程度別または累積発病果数を指標として調査した。無照射区におけるすすかび病の発生は4月中旬まで小康状態であったが、4月下旬から5月上旬にかけて急激に病勢進展が認められ、その後も漸増し最終発病度は70を超える多発生となった。一方、UV-B照射区においては発病急進展期においても少発生のまま推移し、6月から発病がやや増加したが小五郎の発病度は32、絹皮水ナスは45にとどまり、調査ごとの平均防除価はそれぞれ55と56であり、安定した防除効果があることが示された（図-5）。また灰色かび病についてもUV-B照射区において十分な防除効果が示された（図-6）。

また2010年の試験では、同様のナス栽培でUV-B夜間間欠照射を行い、すすかび病に対する防除効果を検討

した。8月6日にナス（品種‘千両2号’、‘小五郎’）を定植し、8月20日から夜間照射を2時間1回（21：00～23：00）または2回（21：00～23：00と0：00～2：00）連日照射した。すすかび病の発生は無照射区において10月下旬に確認され、その後緩やかに漸増し発病度30に至る中発生となった。これに対して2時間1回のUV-B照射では、両品種とも調査ごと（9回）の平均防除価は25～27であり、無照射区よりやや発病が少なかったものの、防除効果は低かった（図-7）。一方、4時間照射では平均防除価は53～57を示し、日中6時間連続照射の場合と同程度の十分な防除効果が得られると考えられた。

日中照射も夜間間欠照射も、ナス生育後半になると植物体と照射装置の距離が接近し日焼け障害を生じるため、装置の蛍光管に山型反射板（アルミ光沢板10 cm×50 cmを長辺方向に角度90°で2等分に折り曲げた、図-8）を装着して障害の緩和を試みた。その結果、装置直下の株の障害は回避されたが、反射板の隙間から放射された光により水平距離80～120 cm以内の株の葉や果実に強い日焼け障害を生じた。装置からの最短距離が150 cm以上になると実用上問題となる日焼け障害は認められなかったことから、立性の植物体へ照射する場合は、生育に応じた最適な照射距離を保持できる工夫が必要である。

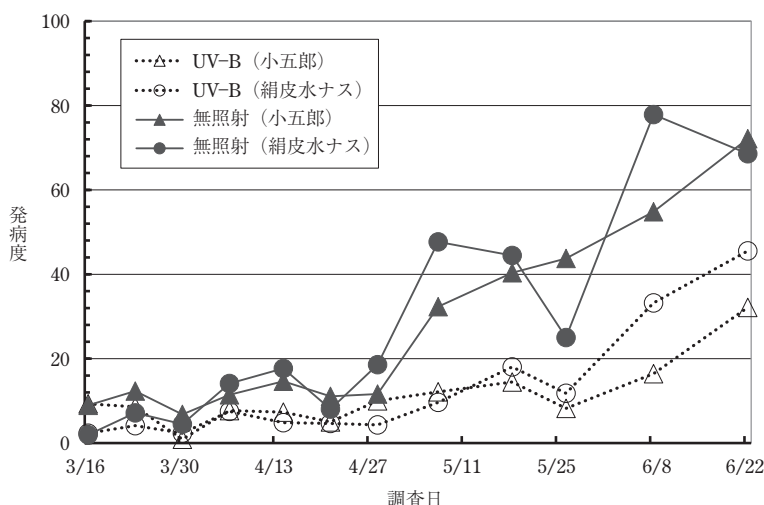


図-5 UV-B照射におけるナスすすかび病の発病推移（2009年）

ナス（‘小五郎’、‘絹皮水ナス’）を1月25日に定植し、UV-B照射は「タフナレイ」を用い、15～20 m²当たり1台の割合で高さ2.3 mに設置し、3月11日から毎日6時間（10：00～16：00）とした。調査は3/16から7日間隔で12回行い、発病程度別に以下の式で算出した発病度で示した。発病指数0：発病なし、1：葉に病斑1個、2：同2～5個、3：同6～10個、4：11個以上、発病度＝ Σ （発病指数×当該葉数）/（4×調査葉数）×100。

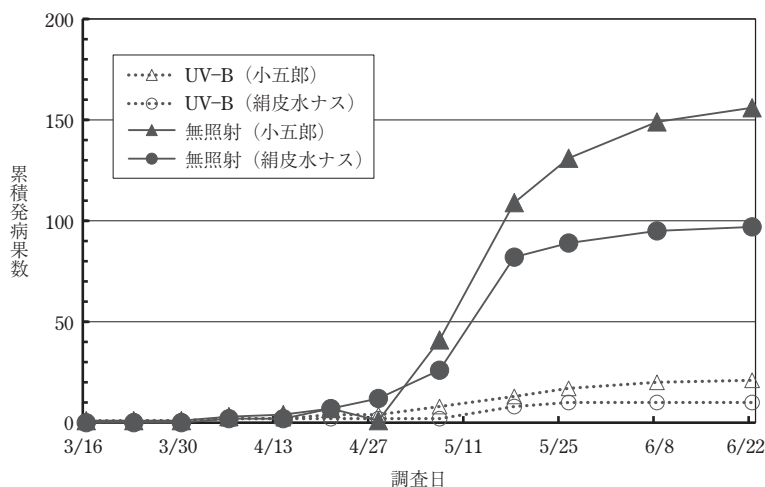


図-6 UV-B 照射におけるナス灰色かび病の累積発病果数の推移 (2009 年)

ナス (‘小五郎’, ‘絹皮水ナス’) を 1 月 25 日に定植し, UV-B 照射は「タフナレイ」を用い, 15 ~ 20 m² 当たり 1 台の割合で高さ 2.3 m に設置し, 3 月 11 日から毎日 6 時間 (10:00 ~ 16:00) とした. 調査は 3 月 16 日から 7 日間隔で 12 回行い, 累積発病果数で示した.

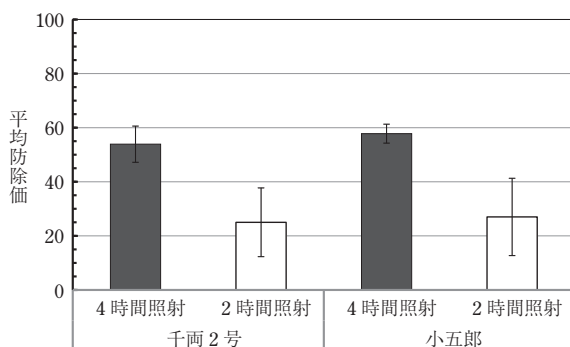


図-7 UV-B 夜間間欠照射によるナスすすかび病の防除効果 (2010 年)

ナス (‘千両 2 号’, ‘小五郎’) を 8 月 6 日に定植し, UV-B 夜間間欠照射は 8 月 20 日から 2 時間 2 回 (21:00 ~ 23:00 と 0:00 ~ 2:00, 4 時間) または 1 回 (21:00 ~ 23:00) とした. 調査は図-5 の発病度の評価に準じ 10 月 26 日から 7 日間隔で 9 回行い, 調査日ごとの防除価を平均して示した. 防除価 = $100 - (\text{照射区の発病度} / \text{無照射区の発病度}) \times 100$.

2 トマトすすかび病の防除効果

ナスの試験例を参考にトマトすすかび病についても試験を実施した. 2011 年の試験は同研究所内のビニルハウス (間口 4.9 m × 奥行き 16 m × 高さ 3 m) 2 棟 (UV-B 照射区と無照射区) に, トマト 6 品種 (‘アイコ’, ‘ハウス桃太郎’, ‘桃太郎ゴールド’, ‘桃太郎ファイト’, ‘桃太郎サニー’, ‘レッドオーレ’) を畝幅 200 cm, 条間 90 cm, 株間 40 cm, 2 条で系統的に配置して 8 月 19 日



図-8 山型反射板 (矢印)

に定植し, 主枝 1 本 6 ~ 7 段摘芯で管理した. UV-B 照射はナスの試験と同条件で 9 月 6 日から夜間間欠照射した. 農薬散布は両区共通の農薬を 3 回, さらに無照射区のみ 2 回追加散布した. ‘桃太郎サニー’ におけるトマトすすかび病の発生推移を図-9 に示した. 初発は 9 月末に確認され, 10 月中は薬剤散布の影響もあり少発生に推移した. 11 月より病勢が強まり農薬を散布しているにもかかわらず発病率が 60% を超える多発生となった. UV-B 照射区では無照射区と同様な発生消長を示したが, その発病率は無照射区の半分以下であり, 調査ごとの平均防除価は 63 であった. そのほかの 5 品種についても平均防除価は 47 ~ 71 (データ省略) であり,

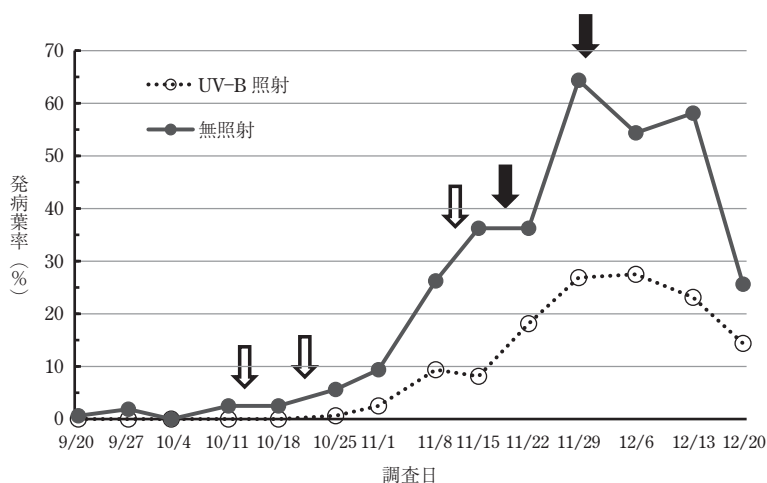


図-9 UV-B 夜間間欠照射によるトマトすすかび病の発生推移 (2012 年)

トマト(‘桃太郎サニー’)は8月19日に定植し、9月6日から連日 UV-B 夜間間欠照射(21:00~23:00, 0:00~2:00)を行い、殺菌剤散布を併用した。両区共通の殺菌剤散布 ⇩: 10月12日ベンチオビラド水和剤, 10/20 イミノクタジナルベシル酸塩水和剤, 11月10日トリフルミゾール乳剤, 対照区のみ追加散布 ↓: 11月18日トリフルミゾール乳剤, 11月30日アゾキシストロビン水和剤。調査は9月20日から7日間隔で14回行った。

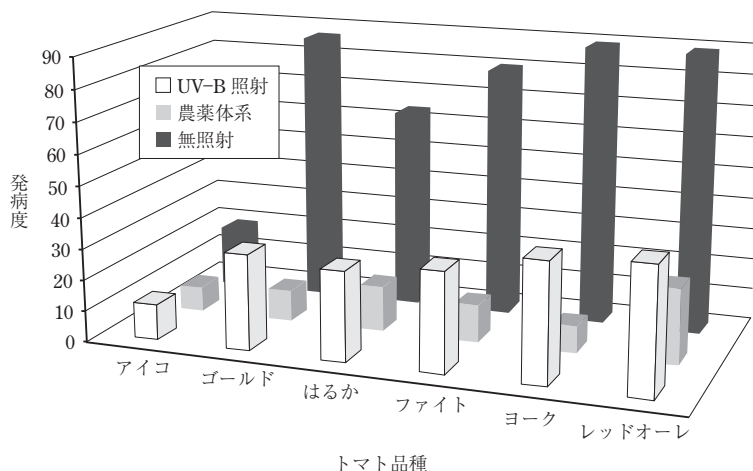


図-10 UV-B 夜間間欠照射によるトマトすすかび病の発病抑制効果 (2012 年)

トマト6品種(‘アイコ’, ‘桃太郎ゴールド’, ‘桃太郎ファイト’, ‘桃太郎はるか’, ‘桃太郎ヨーク’, ‘レッドオーレ’)を8月13日に定植し、9月13日から UV-B 夜間間欠照射を開始した。農業体系区は9月13日から2週間間隔でスケジュール散布した(9月13日トリフルミゾール乳剤, 9月27日ベンチオビラド水和剤, 10月11日アゾキシストロビン水和剤, 10月25日イミノクタジナルベシル酸塩水和剤, 11月8日アゾキシストロビン水和剤)。調査は11月末の最終発病程度を調べ、発病度を算出した。発病度の評価は図-4に準じる。

品種を問わず安定した防除効果が得られ、UV-B 照射を農薬削減に活用できることが示唆された。

2012 年の試験では、UV-B 照射区、農薬体系処理区、無照射区の 3 区を設け、トマト 6 品種を 8 月 13 日に定植し前述と同様に栽培管理した。定植 2 週間後に UV-B 夜間間欠照射を開始し、無照射区とともに殺菌剤散布は一切行わなかった。農薬体系処理区は 9 月 13 日から 2 週間間隔で農薬をスケジュール散布した。最終散布 3 週間後の 11 月末に最終発病度を比較したところ、無照射区の発病は「アイコ」(発病度 19)を除き、多〜甚発生(発病度 64〜89)となった。農薬体系処理区では発病度が 8〜24 にとどまり高い防除効果を示した。一方、UV-B 照射区では農薬散布を全く行っていないにもかかわらず、発病度を 11〜41、防除価で 41〜65 が示された(図-10)。農薬体系処理区には及ばないが、ナスと同様にトマトでもすすかび病に対する一定の防除効果が得られた。

UV-B 照射と農薬散布を組合せた 2011 年の試験結果のように、本技術は発病前からの UV-B 照射による抵抗性誘導と殺菌剤の予防的散布により、発病の立ち上がり約 2 週間遅延させ、その後の発病進展も抑制することにより、農薬使用回数の削減や散布間隔の延長が期待される。病害の種類によってはいったん発病し始めると抑制効果が病勢進展に追従できない場合もあることから、生物農薬などとの併用が有効と考えられた。

なお、日焼け障害回避のため、生育に合わせた装置の高さ調節を試みたが、施設形状の制約があって十分に回避することができなかった。日焼け回避については今後の課題として検討が必要である。

おわりに

イチゴうどんこ病に対する植物病害防除装置としてパナソニック株式会社から製品化された本装置を、ナス科作物へ適用した防除例とその課題について紹介した。本技術は、防除労力の軽減や殺菌剤の使用削減にも貢献し、農薬の代替技術の一つとして導入可能と考えられる。広範な施設野菜病害への適用拡大も期待できるが、

そのためには草姿や作型、施設形状に応じた照射方法・条件を把握しておく必要がある。特に立性の植物への照射で生じる日焼け回避対策は大きな課題であるが、草丈が低い野菜類や花き類への利用は有望であろう。また、本技術は植物体が病原菌に侵される前に UV-B 照射により植物に病害抵抗性を誘導し免疫機能を強化しておく必要があるため、苗床や本圃を問わず予防的に照射しておくことが重要である。したがって、育苗中からの UV-B 照射を行って種苗の段階から抵抗性を付与し、抵抗性品種の増強や生物農薬併用等の補完的な防除法など、様々な組合せにより、さらなる効果の安定性や持続性を高めることが望ましい。UV-B 照射による植物の防御機構は複雑で、生体防御関連遺伝子の発現とも深く関連していることから、防除効果の向上に向けた情報を得るために、今後、さらに詳細な検討が必要である。

本稿で紹介した内容は、農林水産省の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「紫外光(UV-B)照射による施設野菜生産システムの開発」、および農林水産省委託プロジェクト研究「施設園芸における高度環境制御技術の開発」委託事業の助成により実施したものである。

引用文献

- 1) BREDERODE, F. T. et al. (1991): *Plant Mol. Biol.* **17**: 1117 ~ 1125.
- 2) BROSCHE, M. and A. STRID (2003): *Phyol. Plant* **117**: 1 ~ 10.
- 3) DROBY, S. et al. (1993): *Plant Pathol.* **42**: 418 ~ 424.
- 4) FUJIBE, T. et al. (2000): *J. Plant Res.* **113**: 387 ~ 394.
- 5) GREEN, R. and R. FLUHR (1995): *The Plant Cell* **7**: 203 ~ 212.
- 6) 石田 豊 (2009): 農業電化 **62**(10): 43 ~ 47.
- 7) JENKINS, G. I. (2009): *Annu. Rev. Plant Biol.* **60**: 407 ~ 431.
- 8) 神頭武嗣ら (2008): 日植病報 **74**: 186 ~ 187 (講要).
- 9) 森 亮介ら (2012): 関西病虫研報 **54**: 139 ~ 141.
- 10) 岡 久美子ら (2009): 日本砂丘学会誌 **55**: 163 ~ 164.
- 11) ———ら (2010): 近畿中国四国農研 **16**: 9 ~ 14.
- 12) ———ら (2011): 日植病報 **77**: 23 ~ 27.
- 13) 岡田清嗣ら (1990): 同上 **56**: 135 (講要).
- 14) ———ら (2009): 同上 **75**: 247 (講要).
- 15) ———ら (2010): 同上 **76**: 218 ~ 219 (講要).
- 16) STAPLETON, A. E. (1992): *The Plant Cell* **4**: 1353 ~ 1358.
- 17) STEVENS, C. et al. (1997): *Biol. Cont.* **10**: 98 ~ 103.
- 18) STRATMANN, J. (2003): *Trends Plant Sci.* **8**: 526 ~ 533.
- 19) YALPANI, N. et al. (1994): *Planta* **193**: 372 ~ 376.
- 20) 山口純一郎ら (2000): 日植病報 **66**: 78 ~ 84.
- 21) ———ら (2001): 同上 **67**: 19 ~ 25.
- 22) 矢野和孝 (2008): 今月の農業 **52**(5): 64 ~ 69.