

# 紫外光 (UV-B) 照射による施設野菜の病害防除

誌名	近畿中国四国農業研究
ISSN	13476238
著者名	岡,久美子 山田,真 石渡,正紀 岡田,清嗣
発行元	近畿中国四国農業研究協議会
巻/号	16号
掲載ページ	p. 9-14
発行年月	2010年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 紫外光 (UV-B) 照射による施設野菜の病害防除

岡 久美子・山田 真\*・石渡 正紀\*・岡田 清嗣

大阪府環境農林水産総合研究所 583-0862 羽曳野市尺度442

\*パナソニック電工(株) 571-8686 門真市大字門真1048

## Disease Control of Greenhouse Vegetables by UV-B Irradiation

Kumiko OKA, Makoto YAMADA\*, Masaki ISHIWATA\* and Kiyotsugu OKADA

Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefectural Government, Habikino, Osaka 583-0862

\*Panasonic Electric Works, Ltd., Kadoma, Osaka 571-8686

国内において、ナス、トマト、キュウリなどの果菜類はビニルハウスを主体とした施設栽培が殆どであり<sup>7)</sup>、露地栽培では発生の少ない灰色かび病やすすかび病などの病害が発生ししやすい<sup>6)</sup>。大阪府内の施設ハウスナス80haのうち、約50haにおいて灰色かび病やすすかび病の発生があり、灰色かび病ではベンゾイミダゾール剤やジカルボキシイミド剤などの複合耐性菌<sup>10)</sup>が、すすかび病ではDMI剤耐性菌<sup>13)</sup>およびストロビルリン剤耐性菌<sup>14)</sup>が、確認されている。しかしながら、これら病害の防除は、農薬(殺菌剤)による化学的防除に大きく依存しており、耐性菌の出現以外にも薬剤の標的病原菌以外への毒性や作物への残留性など環境への影響が大きな問題となっている。また、食の安全・安心が求められ、減農薬栽培のニーズが高まっていることから、殺菌剤に依存しない環境負荷軽減型の防除技術(IPM:総合的病害管理)の開発が望まれている。

このような背景から、近年、農薬による防除の代替技術として植物の病害抵抗性を誘導し、病害を防除する技術の開発が盛んに取り組まれている<sup>4)</sup>。その一つに様々な光を利用した病害防除方法の開発が活発化してきている<sup>5)</sup>。他の研究グループにおいて、シロイヌナズナやタバコなどに紫外光、特にUV-B(波長域:約280~320nm)を照射することにより、植物に病害抵抗性を誘導し、効果的な発病抑制を示すことが既に報告されている<sup>1, 3)</sup>。また、UV-B照射により、イチゴやナスなどの果実の色素成分であるアントシアニン生成が促進されることも報告されている<sup>2)</sup>。そこで、本研究では施設野菜(ナス、トマトなど)にUV-Bを照射することにより各種病害に対して効果的な発病抑制を示すかどうかを検討するとともに、UV-B照射による植物の病害抵抗性誘導について

解析した。なお、既にガラス温室内でのポット植えたトマト苗を用いたUV-B照射による灰色かび病の防除効果を明らかにしており<sup>8)</sup>、今回は当研究所内のビニルハウスで栽培している作物において実施した防除試験について報告する。本研究の一部は、日本植物病理学会において発表した<sup>9)</sup>。

なお、本研究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」で、共同研究機関(兵庫県立農林水産技術総合センター・千葉大学・パナソニック電工(株))と実施した。

## 1 材料および方法

## 1) 供試ハウスおよび機材設置方法

大阪府環境農林水産総合研究所内の間口4.9m×奥行16m×高さ3mのビニルハウス2棟(UV-B照射区と対照区)を供試した。UV-Bランプ(20Wランプ、パナソニック電工(株))を天井面のハウス内張骨材(畝間からの高さ2.3m)に2m間隔で千鳥(幅1.5m)に配置し、10m<sup>2</sup>当たり1本の割合で設置した(第1図)。照射方法は、2008年8月26日から、日中11時~17時までの6時間、ハウスの半分を連日、もう半分を隔日になるように照射した。予備試験により、夜間にUV-B照射を行うと激しい葉焼け症状を引き起こすが、昼間の太陽光と共にUV-Bを照射すると葉焼け症状は緩和されることが明らかとなったため、昼間にUV-B照射を行うこととした(データ省略)。

## 2) 耕種概要

ナス(品種:千両2号)、トマト(品種:桃太郎)、キュウリ(品種:アルファ節成)をそれぞれ1畝(畝幅150cm, 畝の高さ25cm, 1条植え)ずつ、2008年8月



第1図 紫外光 (UV-B) 照射方法

注) 左: キュウリ (26株), 中央: ナス (25株), 右: トマト (36株) を1畝ずつ栽培した。

UV-Bランプを天井面のハウス内張骨材 (畝間からの高さ2.3m) に2m間隔で千鳥 (幅1.5m) に配置し, 10㎡当たり1本の割合で設置した。照射方法は, 2008年8月26日から, 日中11時~17時までの6時間, ハウスの半分を連日, もう半部分を隔日になるように照射した。

15日に定植した。ナスは第1番花開花苗を株間55cmで定植し, 主枝4本仕立てで管理した。トマトは第1番花開花苗を株間40cmで定植し, 主枝1本仕立てで管理した。キュウリは第4葉展開苗を株間60cmで定植し, 主枝1本仕立て, 側枝2節摘心で管理した。

### 3) 各種病害の調査

ナス, トマトの灰色かび病は間接接種による発病を調査し, トマト葉かび病およびキュウリうどんこ病は自然発病を調査した。灰色かび病の間接接種は, オートクレープ処理したナス果実に当研究所で保存している灰色かび病菌 (Na080528) を接種し, 25℃で3週間培養したものを接種源とした。2008年10月10日に接種源をUV-B照射区および対照区のハウス内に均一になるよう10か所に吊り下げて間接接種を行った。

ナス灰色かび病の発病調査は2008年11月20日から2009年1月23日まで行い, UV-B照射区および対照区で12株を対象に罹病果実数を調査し累積発病果数で示した。トマト灰色かび病の発病調査は2008年10月31日から2008年12月23日まで行い, UV-B照射区および対照区で9株を対象に1株当たり10複葉について発病の有無を調査し, 発病複葉率を算出した。また, トマト葉かび病の発病調査は2008年10月31日から2008年12月23日まで行い, UV-B照射区および対照区で9株を対象に1株当たり25小葉について発病の有無を調査し, 発病小葉率を算出した。キュウリうどんこ病の発病調査は, 2008年9月1日から2008年10月14日まで行い, UV-B照射区および対照区で13株を対象に1株当たり20葉につ

いての発病程度別 (発病指数として以下の5段階で示す。キュウリ葉面積における病斑が示す割合が, 0:0%, 1:5%未満, 2:5~10%未満, 3:10~25%未満, 4:25%以上で判定する) に調査し, 発病度 (発病度 =  $\Sigma$  (発病指数 × 当該葉数) / (4 × 全調査葉数) × 100) を算出した。

### 4) UV-B照射による植物病原菌生育抑制作用

当研究所内の圃場より採取した各種罹病葉から分離した病原菌の分生胞子を素寒天培地上に均一になるように筆で払い落として接種した後, 放射照度を20, 10および2  $\mu$  W/cm<sup>2</sup>に調光したUV-Bランプを天井面から照射距離30cmになるように設置し, 3波長蛍光灯と同時に10時間照射した。UV-B照射後から14時間暗黒条件下に置き, その後に孢子発芽率を顕微鏡下で観察した。また, 照射後7日目に菌叢の発達を調査した。なお, 試験は3反復行った。

### 5) UV-B照射による病害抵抗性遺伝子の発現解析

植物育成器「アイテラリウム」(パナソニック電工株) 内で4葉期まで生育させたトマト苗 (品種: 桃太郎) にUV-B (放射照度: 12.6  $\mu$  W/cm<sup>2</sup>) を1日6時間, 3, 7, 10, 14日間照射した。UV-B照射したトマト苗の葉0.1gを採取し, 液体窒素中で乳棒・乳鉢を用いて磨砕し, RNeasy Plant Mini kit (Qiagen) により全RNAを抽出した。抽出したRNA濃度を調整した後, PrimeScript RT-PCR kit (TAKARA) を用いてcDNAを合成した。このcDNAを鋳型として恒常的に発現している遺伝子 (ユビキチン遺伝子; *Ubi-3*) と各種抵抗性遺伝子のプライマーを用いてPCRを行い, 増幅産物を2%アガロースゲルで電気泳動後, エチジウムブロマイドで染色し, 紫外線照射下で増幅断片を確認した。

## 2 結 果

### 1) UV-B照射による病原菌生育への影響

UV-B照射によるナス灰色かび病菌, ナスすすかび病菌, トマト葉かび病菌およびキュウリうどんこ病菌の孢子発芽および菌叢の発達への影響を調査した結果, 全ての菌において, 放射照度20  $\mu$  W/cm<sup>2</sup>では孢子発芽は強く阻害され, その後の菌叢の発達も認められなかった (第1表)。しかし, 10  $\mu$  W/cm<sup>2</sup>以下ではいずれの孢子発芽もほとんど阻害されず, 直接的な殺菌効果がみられず, 菌叢の発達も認められた。

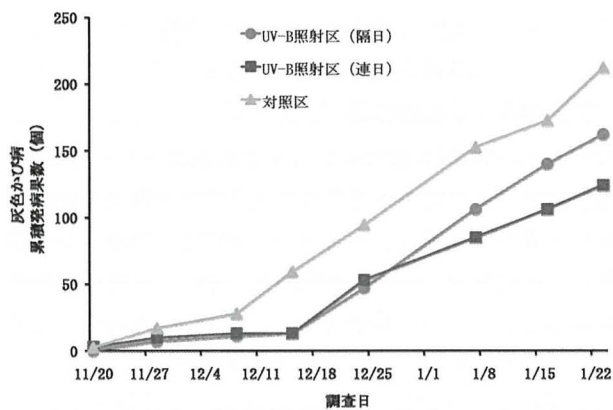
### 2) UV-B照射における植物病害防除効果

ナス灰色かび病は, 病原菌を間接接種して発病を促し, 1日当たり6時間, 連日または隔日にUV-B照射することによる発病抑制を調査した。その結果, UV-B照射区

第1表 UV-B照射による各種病原菌の胞子発芽および菌叢抑制効果

病原菌	調査 胞子数	UV-B照射			無処理	
		放射照度 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )	胞子発芽率 (%)	菌叢の発達	胞子発芽率 (%)	菌叢の発達
ナスすすかび病菌	100	20	1.6	-		
	100	10	75.2	+	93.0	+
	100	2	94.0	+		
ナス灰色かび病菌	100	20	0	-		
	100	10	98.8	+	97.5	+
	100	2	99.1	+		
トマト葉かび病菌	100	20	0	-		
	100	10	85.2	+	96.0	+
	100	2	95.0	+		
キュウリ	100	20	0	n.d.		
うどんこ病菌	100	10	26.0	n.d.	27.5	n.d.
	100	2	32.0	n.d.		

各種病原菌の分生胞子を素寒天培地上に均一になるように筆で払い落として接種した後、UV-Bランプ（放射照度；20, 10,  $2\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）を天井面から蛍光灯と同時に10時間照射した。UV-B照射後から14時間暗黒条件下に置き、その後、胞子発芽率を顕微鏡下で観察した。3反復行った。また、照射後7日目に菌叢が発達するかどうかを観察した（発達有り；+，発達なし；-）。なお、うどんこ病菌は絶対寄生菌であり、人工培地上で生育しないため、調査していない（データなし；n.d.）。

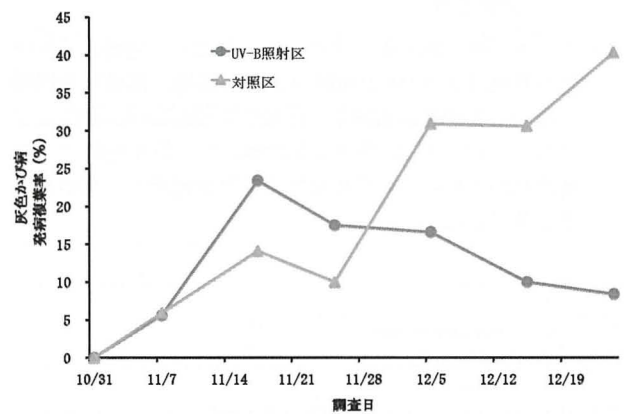


第2図 ナス灰色かび病に対するUV-B照射による発病抑制効果

注) ナス品種「千両2号」は2008年8月15日に定植し、2008年8月26日よりUV-B照射（1日6時間、連日または隔日）を開始した。発病調査は2008年11月20日から2009年1月23日まで行い、UV-B照射区および対照区で12株を対象に罹病果実数を調査し、累積発病果数で示した。を連日、もう半分を隔日になるように照射した。

および対照区で11月下旬から発病が見られ、対照区では累積発病果数が200個を超える多発生となったが、UV-B照射区の連日および隔日照射ともに発病の進展が約1か月遅延し、この時の防除価は78.2であった（第2図）。しかし、一旦、発病すると効果的な抑制作用はみられず、調査終了時に連日照射では防除価41.5、隔日照射では防除価23.6であり、隔日照射よりも連日照射の方が高い発病抑制を示した。

トマト灰色かび病は、ナスと同様に間接接種により発



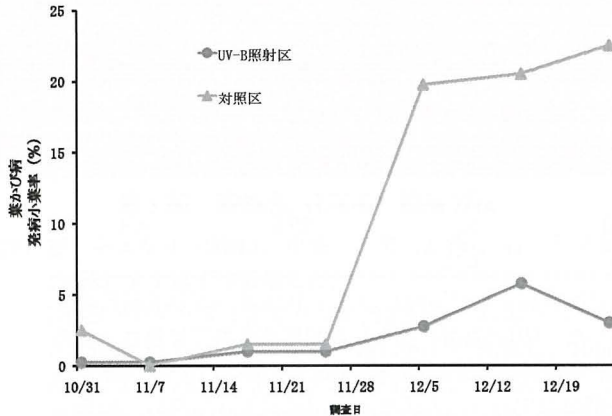
第3図 トマト灰色かび病に対するUV-B照射による発病抑制効果

注) トマト品種「桃太郎」は2008年8月15日に定植し、2008年8月26日よりUV-B照射（1日6時間、連日）を開始した。発病調査は2008年10月31日から2008年12月23日まで行い、UV-B照射区および対照区で9株を対象に1株当たり10複葉についての発病の有無を調査し、発病複葉率を算出した。

病を促し、1日当たり6時間、連日にUV-B照射することによる発病抑制を調査した。その結果、UV-B照射区および対照区で同時期から発病が見られ、一時的にUV-B照射区の方が対照区よりも発病複葉率が高まったが、徐々に発病が抑制された（第3図）。一方、対照区では発病が増加していった。調査終了時における防除価は79.2であり、高い防除効果を示した。

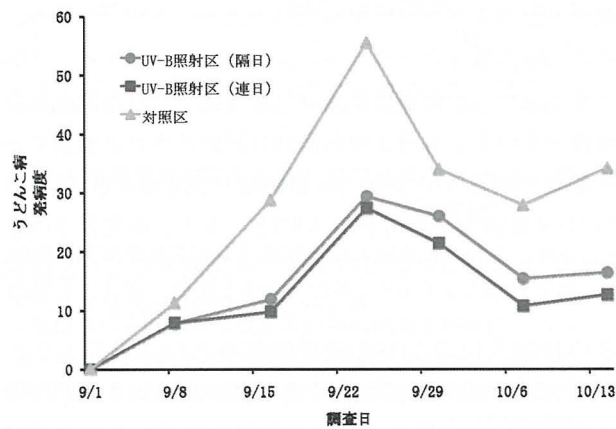
トマト葉かび病は、自然発病による調査を行った。1日当たり6時間、連日にUV-B照射することによる発病

抑制を調査した結果、対照区と比較してUV-B照射区において発病小葉率は低く、調査期間を通して安定した高い防除効果が示され、調査終了時における防除価は86.7であった（第4図）。なお、トマトにおいては隔日照射による発病抑制への影響についての調査を行わなかつた。



第4図 トマト葉かび病に対するUV-B照射による発病抑制効果

注) トマト品種「桃太郎」は2008年8月15日に定植し、2008年8月26日よりUV-B照射（1日6時間、連日）を開始した。発病調査は2008年10月31日から2008年12月23日まで行い、UV-B照射区および対照区で9株を対象に1株当たり25小葉についての発病の有無を調査し、発病小葉率を算出した。



第5図 キュウリうどんこ病に対するUV-B照射による発病抑制効果

注) キュウリ品種「アルファー節成」は2008年8月15日に定植し、2008年8月26日よりUV-B照射（1日6時間、連日または隔日）を開始した。発病調査は、2008年9月1日から2008年10月14日まで行い、UV-B照射区および対照区で13株を対象に1株当たり20葉についての発病程度別（発病指数として以下の5段階で示す。キュウリ葉面積における病斑が示す割合が、0：なし、1：5%未満、2：5～10%、3：25%未満、4：25%以上で判定する）に調査し、発病度（発病度 =  $\Sigma$  (発病指数 × 当該葉数) / (4 × 全調査葉数) × 100) を算出した。

た。

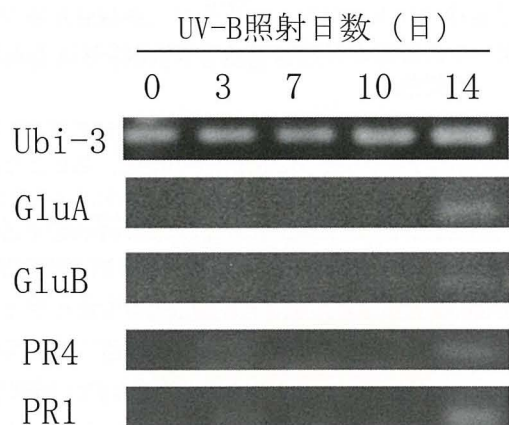
キュウリうどんこ病は、自然発病による調査を行った。調査開始と共に、急速に病斑が進展したため、UV-B照射区および対照区ともに試験期間中にトリフルミゾール剤を3回散布（2008年9月9日、9月16日、9月24日）した。UV-Bを1日当たり6時間、連日または隔日に照射することによる発病抑制を調査した結果、対照区と比較してUV-B照射区での発病度は低く、調査終了時において、連日照射では防除価51.4、隔日照射では防除価43.2であり、隔日照射よりも連日照射の方が若干、高い発病抑制を示した（第5図）。

### 3) UV-B照射による病害抵抗性遺伝子の発現解析

UV-B照射したトマト葉において、照射開始14日後にβ-1,3-グルカナーゼ遺伝子 (*GluA*, *GluB*) およびPR遺伝子 (*PR-1*, *PR-4*) の発現がみられた（第6図）。なお、トマトにおいて恒常的に発現しているユビキチン遺伝子 (*Ubi-3*) は採取したトマト葉の全てにおいて発現がみられた。

## 3 考 察

ビニルハウス栽培野菜（ナス・トマト・キュウリ）に対するUV-B照射方法について予備的試験を行った結果、発病抑制および葉や果実への日焼け症状の軽減に繋がる最も効果的な手法は、ハウス天井面にUV-Bランプを設置し、放射照度20 μW/cm<sup>2</sup>未満で、日中、6時間照射するのがよいことが明らかとなった（データ省略）。この



第6図 UV-B照射したトマト葉における抵抗性関連遺伝子の発現解析

注) 植物育成器「アイテラリウム」内で4葉期まで生育させたトマト苗（品種：桃太郎）にUV-B（放射照度：12.6 μW/cm<sup>2</sup>）を1日6時間、各日数照射した。照射したトマト葉からRNAを抽出し、恒常的発現遺伝子 (*Ubi-3*) と各種抵抗性遺伝子 (*GluA*, *GluB*, *PR4*, *PR1*) の発現を解析した。

条件の場合、生育前半ではランプと植物体との間に1~1.8mの距離があるため日焼け症状は軽減できたが、生育後半にはランプと植物体が近距離(1m以下)になるため、葉や果実に日焼け症状が見られた。また、放射照度 $10\mu\text{W}/\text{cm}^2$ では各病原菌に対して殺菌性を示さないことより、UV-B照射による病原菌の変異やUV-B照射に対する耐性菌の出現の可能性は低いと考えられる。このことより、UV-Bランプの放射照度は $20\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 未満の $10\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 前後で照射することが望ましいと考えられ、反射板の設置などによる、葉や果実に日焼け症状が生じない照射方法の検討が必要である。

本研究の結果より、UV-B照射によりナス灰色かび病、トマト灰色かび病、トマト葉かび病およびキュウリうどんこ病に対して防除価50~80の防除効果を示すことが明らかとなった。この他の施設野菜において問題となっている病害の防除効果についても検討を行い、本防除方法の適用病害の拡大を行っていくことが必要である。また、照射時間を隔日照射にすると連日照射と比較して防除効果がやや低下したが、対照区と比較すると発病抑制は示された。今後、UV-B照射時間を短縮し、コストを下げるための検討をさらに行う予定である。

UV-B照射のタイミングとしては、一旦、発病し始めると病徴拡大の抑止には効果が低いことから、予防的に発病前から照射することが望ましく、ビニルハウスに作物を定植直後から照射を開始することが有効であると考えられる。また、本防除技術と他の補完的な防除法(抵抗性品種の導入、生物農薬散布など)を併用することにより、さらに防除効果を高めることが期待できる。

UV-B照射したナスおよびトマト葉において抵抗性関連遺伝子の発現が確認されたことより、本防除効果は植物の病害抵抗性を誘導することで、病原菌の侵入を阻止するといった、植物の免疫機能の強化によることが示唆された。このことより、従来の殺菌剤による防除において問題となっている耐性菌の出現を回避することができると考えられる。UV-B照射による植物の病害抵抗性機構に関して未知の部分が多く、この他の抵抗性関連遺伝子についても解析を行うとともに、病害抵抗性がどのくらいの期間持続されるかについて詳細な検討を行うことが望まれる。

本研究事業の成果として、すでにパナソニック電工(株)から植物病害防除装置(商品名:タフナレイ)が製品化されており、イチゴうどんこ病に対して高い防除効果を示すことが報告されている<sup>11, 12)</sup>。本研究において、イチゴ以外の施設野菜においても病害防除効果を示すことが明らかになった。今後、野菜以外の花卉類や果樹類に対する波及効果が期待される。

本防除技術は、施設内にUV-Bランプを設置し、タイマー管理するだけで様々な施設野菜の病害に対して防除効果を示し、農薬散布などの従来の防除技術に比べ労力を大きく軽減できる。また、農薬使用の削減により安全性の高い作物生産が可能であり、今後、現場への普及を進めるために、さらに実証試験を行っていくことが重要である。

## 4 摘 要

植物体に紫外光(UV-B)を照射することにより、病害抵抗性が誘導され、病原菌の感染が抑制されることが知られている。本研究では、UV-Bを照射した施設野菜における各種病害の防除効果を調査するとともに、病害抵抗性が誘導されているかどうかの検討を行い、以下のことが明らかとなった。

1. 発病前からUV-B照射した施設野菜(ナス・トマト・キュウリ)における各種病害の防除効果を調査した結果、ナス灰色かび病、トマト灰色かび病、トマト葉かび病およびキュウリうどんこ病において防除効果を示した。

2. UV-B放射照度 $10\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 以下では各病原菌の胞子発芽はほとんど阻害されず、菌叢の発達も認められた。

3. UV-B照射したトマト葉において病害抵抗性関連遺伝子の発現が確認された。

以上の結果より、紫外光(UV-B)を施設野菜に照射することにより、植物の抵抗性遺伝子が活性化し、植物が本来もつ免疫機構を高めて、病害の発生を抑制することが示唆された。本防除技術の利用により、農作物の生産性および品質の向上、農作業の省力化、省エネ化、環境負荷の軽減などのメリットが期待され、今後、さらにUV-B利用による農業技術の体系化および高度化を図っていくことが望まれる。

## 引用文献

- 1) Brosche M., Strid A.: *Physiologia Plantarum*, 117, 1-10, 2003.
- 2) Ewa Ubi B., Honda C., Bessho H., Kondo S., Wada M., Kobayashi S., Moriguchi T.: *Plant Science*, 170, 571-578, 2006.
- 3) Fujibe T., Watanabe K., Nakajima N., Ohashi Y., Mitsuhashi I., Yamamoto K., Takeuchi Y.: *Journal of Plant Research*, 113, 387-394, 2000.
- 4) 石井英夫: 今月の農業, 50(3), 45-51, 2006.
- 5) 石田 豊: 農業電化, 62(10), 43-47, 2009.

- 6) 梶原敏宏・梅谷献二・浅川 勝：作物病虫害ハンドブック，300-303，養賢堂，東京，1986.
- 7) 西 貞夫：新編野菜園芸ハンドブック，6-15，養賢堂，東京，2001.
- 8) 岡久美子・岡田清嗣：日本砂丘学会誌，55（3），163-164，2009.
- 9) 岡田清嗣・岡久美子・山田 真・石渡正紀・草刈眞一：日本植物病理学会報，75（3），247，2009.
- 10) 岡田清嗣・草刈眞一・中曾根渡：日本植物病理学会報，56（1），135，1990.
- 11) パナソニック電工(株)：農業電化，62（5），22-23，2009.
- 12) 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：日本植物病理学会報，75（3），198，2009.
- 13) 山口純一郎・稲田 稔・松崎正文：日本植物病理学会報，66（2），78-84，2000.
- 14) 矢野和孝：今月の農業，52（5），64-69，2008.