

特集：総合的病害虫管理技術の取り組み

トルコギキョウに発生するウイルスに対応した 対策マニュアル

長野県野菜花き試験場 藤永 真史・宮本 賢二・小木曾 秀紀

静岡県農林技術研究所 内 山 徹*

富山県農林水産総合技術センター園芸研究所 伊山 幸秀**・守川 俊幸**

宇都宮大学農学部 夏秋 知英・井上 登志郎***

はじめに

花は、その国の歴史や文化に深い関わりをもち、冠婚葬祭のみならず我々の日常生活に彩りを添えてくれる大切な役割を担っている。生活スタイルに合わせ、様々な形に変化して彩りを添えてくれる切り花には、以前から3大品目として、キク、バラ、カーネーションがあるが、近年急激に生活文化に溶け込んだ花がトルコギキョウといえる。リンドウ科で北米大陸原産であるものの、「トルコ」という名と、和花の「ききょう」を合わせた和名をもつトルコギキョウは、ここ20年の間に急激に需給量を伸ばし、1億本以上の国内年間生産量を誇るまでになった。その理由の一つに、育種の進展による花色や花型の多様化があり、花持ちが良いという認識が消費者まで広がったことが大きく影響している。一方で、このような生産量の急速な増加に伴う過程において、品種の育種目標は花色、花形、丈、日持ち性などの一般形質を重視し、ウイルス病の存在やウイルス病に対する抵抗性などは全く考慮されてこなかったように思われる。このためトルコギキョウでは、国内各地で毎年のように新規のものをはじめ多数のウイルス病が発生し、大きな被害が生じている(表-1)。特に最近では、えそを伴う重篤な被害が多発し、生産者の収益が大きく減少する事態も散見され、防除対策技術の指導・普及が急務であった。そこで、えそを伴う被害株から病原ウイルスを分離して詳細に諸性質を調べたところ、トルコギキョウではこれまでに報告のないトンプスウイルスと、アザミウマ類により

媒介されるトスポウイルスが主な原因であることが明らかになった。本稿ではこれらのウイルスの諸性質などおよびウイルスに打ち勝つ防除対策技術について紹介する。

なお本稿で紹介する内容は、宇都宮大学農学部を中核機関とし、長野県野菜花き試験場、静岡県農林技術研究所、富山県農林水産総合技術センター園芸研究所およびJA全農長野と共同で実施した、先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「ウイルス病に打ち勝つトルコギキョウ健全栽培システムの構築(課題番号1763)」の助成により得られた成果である。

表-1 日本国内で報告のあるトルコギキョウに発生するウイルス病

病名	病原ウイルス	伝染方法
えそ病	LNV ^{a)}	<i>Oplidium</i> sp.による 土壌伝染
えそモザイク病 ^{b-1)}	CIYVV ^{k)} CMV ^{b-2)}	アブラムシ類 アブラムシ類
モザイク病	BeYMV ^{c)} BBWV ^{d)} YoMV ⁱ⁾	アブラムシ類 アブラムシ類 物理的な接触による 土壌伝染
黄化えそ病	TSWV ^{e)}	アザミウマ類
えそ斑紋病 ^{f-2)}	INSV ^{f-1)}	アザミウマ類
えそ輪紋病	IYSV ^{g)}	アザミウマ類
葉巻病	TYLCV ^{h)}	タバココナジラミ
その他ウイルス病害	TuMV ^{j)} WMV ^{l)}	アブラムシ類 アブラムシ類
えそ萎縮病	TBSV ^{m)}	物理的な接触による 土壌伝染
	LiNSV(仮称) ^{m)}	物理的な接触による 土壌伝染

a), b-2), d) 岩木ら(1985), c) 竹内・古屋(1993), b-1) 松尾・太田(1992), e) 黒田ら(1999), f-1) 藤・山本(2000), f-2) 土井・加藤(2003), g) 土井ら(2003), h) 内川ら(2002), i) 山下・福井(2002), j) 山下・杉山(1998), k) 山下・福井(2000), l) 井上ら(1995), m) 藤永ら(2006)。

The Integrated Control of Virus Diseases on Russell Prairie Gentian, *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. By Masashi FUJINAGA, Kenji MIYAMOTO, Hideki OGISO, Toru UCHIYAMA, Yukihide IYAMA, Toshiyuki MORIKAWA, Toshiro INOUE and Tomohide NATSUAKI
(キーワード: ウイルス病害, トスポウイルス, トンプスウイルス, トルコギキョウ, アザミウマ, 総合防除)

* 現所属: 静岡県農林技術研究所茶業研究センター

** 現所属: 富山県農林水産総合技術センター農業研究所

*** 現所属: 日本デルモンテ株式会社

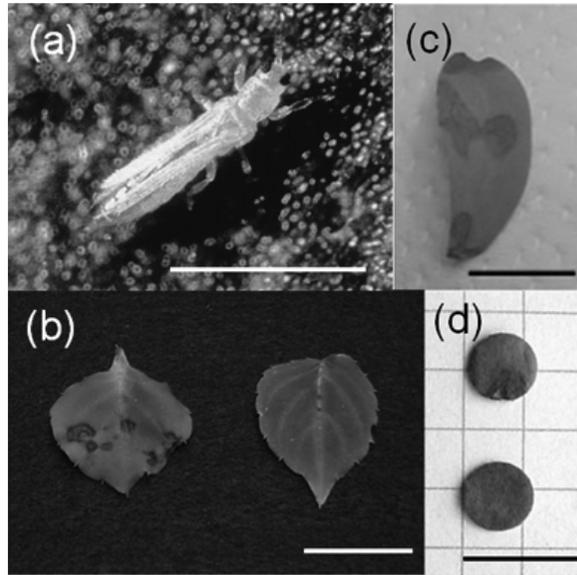


図-1 ネギアザミウマ雌成虫およびネギアザミウマ1頭により IYSV が媒介された検定葉
 (a)ネギアザミウマ雌成虫, (b)インパチエンス (一葉法), (c)トルコギキョウ一葉法, (d)トルコギキョウ (リーフディスク). スケールは(a)が1 mm, (b)~(d)が10 mm.

I アザミウマ類によって媒介されるウイルス (トスポウイルス)

1 発生実態

現在までに、トルコギキョウにおいて確認されているトスポウイルスは、トマト黄化えそウイルス (TSWV)、インパチエンスえそ斑紋ウイルス (INSV)、アイリス輪紋ウイルス (IYSV) の3種である。TSWVは、1997年に岩手県において初確認され(黒田ら, 1999)、その後、全国各地でも被害が認められている。INSVは1998年に静岡県(土井・加藤, 2003)、2000年に秋田県(藤・山本, 2000)において、IYSVは98年と01年にそれぞれ静岡県と佐賀県で初確認されている(土井ら, 2003)。いずれのウイルスも、最近になって全国的に発生が認められるようになったウイルスである。また、TSWVは数種のアザミウマ類によって媒介されるが、INSVは特にミカンキイロアザミウマにより高率に、IYSVはネギアザミウマにより媒介される。これら最近被害の多いトスポウイルスを防除するには、発生しているウイルス種を見極め、媒介虫を効果的に防除する必要がある。

2 そのための診断方法

迅速で簡便なウイルス検出・診断法は、ウイルス病害

の発生とまん延を防ぐための防除法を確立するうえで最も肝要な技術である。IYSVでは、SDT-RT-PCR法やFTA[®]カードとRT-PCR法を組み合わせた検出法を検討した。詳細は昨年の本誌記事(石川(末廣)ら, 2008)に譲るが、これにより圃場レベルでのサンプルを処理する場合に、トスポウイルスではSDT-RT-PCR法やFTAカードによる検出法が利用できることが判明した。このような簡易な検出法は、圃場レベルで多数のサンプルを処理する場合に極めて有用である。また、実際にアザミウマが媒介するかどうかを検定するために、インパチエンスとトルコギキョウを用いた簡易で感度の高いアザミウマの個別別媒介検定法を確立した(井上ら, 2007; 図-1)。すなわち、IYSV保毒ネギアザミウマをインパチエンスおよびトルコギキョウの葉に接種吸汁させると明瞭な褐色病斑を示して媒介能を判定できるので、「一葉法」と命名した。本法で調査したネギアザミウマ成虫の媒介虫率は、インパチエンスを用いた場合54.2% (52/96)、トルコギキョウで41.9% (13/31)であり、媒介虫の検出力が高かった。ELISAで保毒虫と判定されたアザミウマの数は、一葉法で判定した媒介虫数よりも多かった。さらにインパチエンスを用いた一葉法でネギアザミウマ幼虫が48.2% (65/135)と効率的

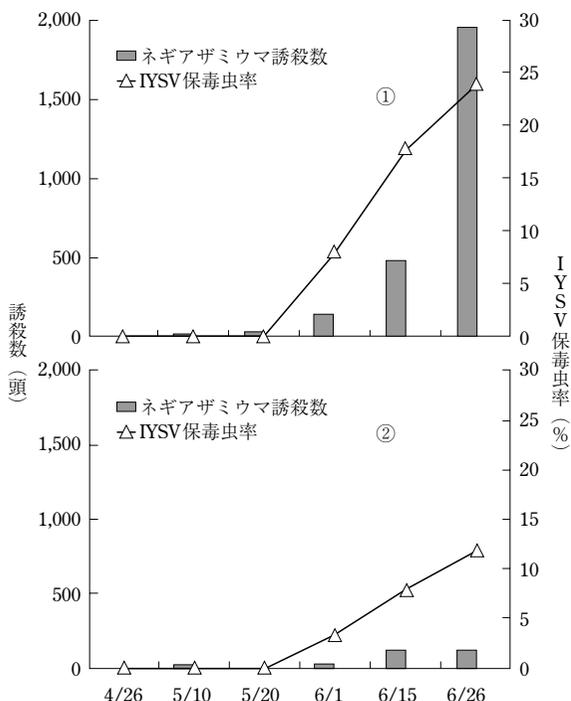


図-2 防虫ネットを設置したトルコギキョウ栽培施設内外におけるネギアザミウマ誘殺消長とIYSV保毒虫率の推移
①は施設外、②は防虫ネットを設置した施設内部で誘殺数は設置した粘着シート2枚の合計。

にIYSVを媒介することが明らかになった。

3 防除対策

長野県内のIYSV常発地でのネギアザミウマ保毒虫率は、5月中旬から徐々に高くなり、6月下旬には水田裏作のタマネギ栽培跡地付近では、調査捕捉した約25%のネギアザミウマからIYSVが検出された。一方、開口部を0.6mm目合い程度の防虫ネットで被覆したトルコギキョウ栽培施設内では、ネギアザミウマの誘殺数および保毒虫率ともに低く推移した(図-2)。このことから、IYSVの媒介虫であるネギアザミウマの施設内への侵入防止対策として、0.6mm目合い以下の防虫ネットの施設開口部への設置が本病防除に有効であることが明らかとなった(藤永ら, 2007)。

II 土壌伝染するウイルス(トンプスウイルス)

1 発生実態

長野県および静岡県のとろこぎきョウ産地において、原因不明のえそを伴う萎縮症状が多発し、これらの病害の発生様相が土壌伝染性病害の特徴を有していたため被害の慢性化が強く危惧された。そこで、えそを伴う萎縮症状株から病原ウイルスを分離し、詳細に諸性質を調べたところ、これまでにトルコギキョウでは報告のないトンプスウイルス属に含まれるウイルスによる新しい病害であることが明らかとなり(藤永ら, 2006)、静岡県か

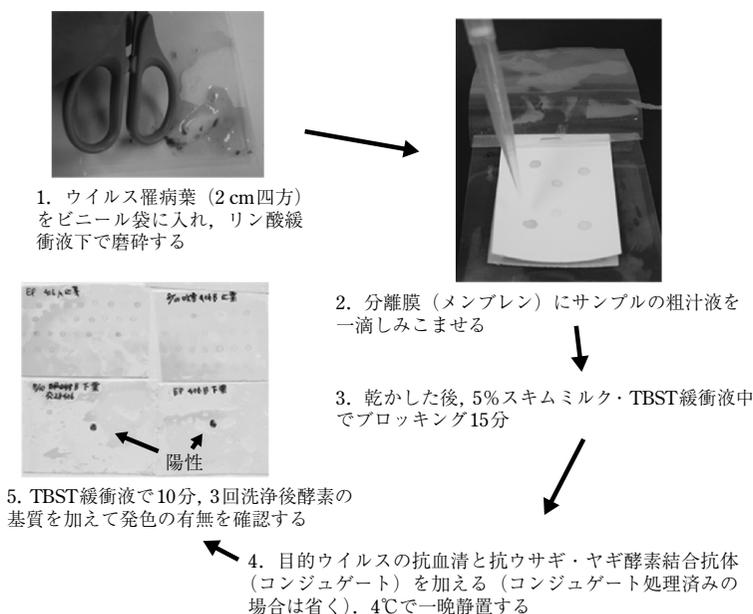


図-3 DIBA法によるTBSVおよびLiNSVの診断手順

表-2 土壌処理の温度と時間がLiNSVのウイルス活性に及ぼす影響

設定 温度 (°C)	経過時間											
	1 h		3 h		5 h		7 h		24 h		120 h	
	病斑 ^{a)}	ELISA ^{b)}	病斑	ELISA	病斑	ELISA	病斑	ELISA	病斑	ELISA	病斑	ELISA
60	+	0.153	+	0.073	+	0.060	-	0.067	-	0.072	-	0.070
55	+	0.175	+	0.104	+	0.052	-	0.060	-	0.070	-	0.069
50	+	0.131	+	0.360	+	0.219	±	0.056	-	0.069	-	0.060
45	++	0.331	++	0.326	++	0.223	+	0.132	-	0.051	-	0.065
40	++	0.285	++	0.341	++	0.298	++	0.285	±	0.106	-	0.062

^{a)} 病斑によるウイルス活性の評価は、40～60℃の5段階に設定した恒温層にウイルス汚染土壌を任意の時間静置後、5倍量の0.05 MPBで20分150 rpmでかくはんし、3,000 rpmで遠心分離し得られた上清を定法のカーボランダム法で*Chenopodium quinoa*に汁液接種し判断した。-：局部病斑なし，±：局部病斑が1個，+：わずかな局部病斑が見られる，++：局部病斑が多数認められる。^{b)} 接種7日後における接種葉10倍粗汁液に対して、LiNSV抗血清を用いた間接ELISA法による検定結果。なお、数値は3連の平均で、温度処理以前の土壌抽出液を用いた接種葉および無接種葉の吸光値はそれぞれ、0.313と0.052であった。

ら分離されたウイルスは*Tomato bushy stunt virus* (TBSV)で、長野県から分離されたウイルスは新種の*Lisianthus necrotic stunt virus* (LiNSV：仮称)であることも判明した。これら2種のウイルスによる病害は、‘えそ萎縮病’と称している。現在までに、これらのトンプスウイルスによるウイルス病害は、LiNSVが長野県のみで、TBSVは静岡県と佐賀県で確認されており、今後もほかの地域での発生が懸念される。

2 診断方法

TBSVおよびLiNSVは、作製した特異的な抗血清を用いたDIBA法などの血清学的診断法により迅速に検出できる(図-3)。また、決定した塩基配列から両ウイルスを同時に検出・識別できるPCRプライマーを設計し、現場対応型のみならず高精度な遺伝子診断手法も開発されている(伊山ら、2006)。

3 防除対策

土壌伝染するトンプスウイルス(LiNSV：仮称)防除に熱処理が有効で、55℃以上で7時間以上、45～50℃で24時間以上、40℃で120時間以上遭遇すると、ウイルス活性が低下することが判明している(表-2)。そして、この結果を基に、熱水土壤消毒(75℃、200 l/m²)の防除効果について検討した結果、熱水土壤消毒は無処理と比較して高い防除効果を示した。また、埋設した汚染土壌を用いた生物検定においても、熱水土壤消毒後ではウイルス活性が認められなかったことより、熱処理はトルコギキョウえそ萎縮病防除に有効であることが示された。

III 防除マニュアル

ウイルスによる病害防除は、前章までに述べたように、これらウイルスの発病メカニズムなどを理解することが重要である。まず、トスポウイルスは種子伝染および土壌伝染はせず、媒介虫により高率に媒介されることから、媒介虫を栽培作物に近づけないように努めることが第一の手段である。特に、施設栽培では、花粉を好むアザミウマ類が施設内で増加しやすいだけでなく、感染植物に寄生したウイルス保毒媒介虫が、爆発的に増加する危険がある。これらが次々と健全作物へ移動するため、より被害が重症化している。伝染源調査で発生ハウス周辺の作物や雑草からIYSVの検出を試みた結果、ネギ属作物4種(タマネギ、ネギ、ニンニク、ラッキョウ)およびその他5種(ニンジン、ダイコン、ハクサイ、ミズナ、ブロッコリー)、雑草17種(オランダミミナグサ、コハコベ、ノボロギク、ホトケノザ、ジャノヒゲ等)から新たにIYSVが検出され、多種の植物がIYSVの伝染源となりうる危険性が明らかとなった(内山ら、2007)。このことから、IYSVが検出された作物・雑草は伝染源植物となっている可能性があるため、これらの作付けに注意し、特に雑草の除去を徹底する必要がある。防除マニュアルでは下記のようなメニューとその根拠を提示しており、その概略を示す。

(1) 健全苗の生産と供給

まずは、ウイルスに感染していない健全な苗を生産、供給することが重要である。今までのところ、トルコギキョウに発生するウイルス病害では、種子伝染による発病は確認されていないことから、育苗環境を整備するこ

とが重要である。育苗時には、できる限り新しい育苗トレイを用い、熱処理済みの育苗用土で育苗する。また、育苗期後半の苗を、前記の簡易検定法によりウイルスに感染していないかサンプルチェックを行うことも効果的である。

(2) 地域ごとのウイルス種と媒介虫の把握

ウイルス病害の防除に当たっては、その栽培地域で発生しているウイルス種の特定は必須である。また、同じ害虫でも、虫媒伝染性ウイルスにおいては地域により優占種や発生消長が異なるので、地域ごとあるいは施設ごとに、媒介虫がどのようなサイクルで発生し寄生するのか、その生態を把握しておくことが重要である。特に、周辺環境の影響が大きく、施設周辺に作付けられている作物やその作型、雑草繁茂の状態等を把握する。また、媒介虫が寄生している作物が収穫を終え片付けられると、急激に施設内への飛び込みが増加するため、防虫ネット被覆など、時機を逸しないように努める。また、媒介虫が誘殺される粘着シート（青色、黄色）を施設内の数箇所に設置し、施設内での媒介虫の寄生密度を把握し、防除に役立てることも肝要である。

(3) 侵入害虫を防ぐため防虫ネット、紫外線除去フィルムの利用

虫媒伝染性ウイルスは、保毒した害虫が施設周辺部から施設内に飛び込むことにより媒介される。特に、アザミウマ類により媒介されるトスポウイルスはその典型で、施設内では出入り口付近や開閉される側面開放部付近で顕著に発生が認められる。よって対策として、出入り口および側面開放部へ防虫ネット被覆を行うことが効果的である。加えて、施設内に飛び込もうとするアザミウマ類を捕殺するシートを施設周囲に設置すると、さらに効果が上がる。防虫ネットの目合いには、粗いもの（1mm目合い前後）から細かい（0.2～0.3mm目合い）ものまでであるため、対象害虫に応じて選択する必要がある。また、紫外線を吸収する被覆資材を施設の外張りに用いる方法もある。本法は、紫外線域の波長を認識している害虫に対し、この波長域を施設内には透過させずに、害虫には暗黒状態になっていると錯覚させるもので、暗い場所には飛び込まない習性を逆手に取った方法である。ただし注意点として、トルコギキョウの花色を発現させる色素のうち、アントシアニンの生合成は紫外線の影響を受けるため、作付け品種に悪影響がないか確認してから導入する必要がある。

(4) 被害株が発生した場合は健全株への感染拡大を防ぐ

徹底的に被害株を抜き取り、焼却するか肥料袋などに

入れ茎葉が朽ちるまで密閉処理をする。また、アザミウマ類によって媒介されるトスポウイルスの場合、施設内に侵入したウイルスを保毒した虫が、健全株に寄生、吸汁することで媒介され、保毒していない成虫でも、施設内で感染株があると産卵後の次世代幼虫がウイルスを獲得し、周辺株へ寄生することで被害が拡大する危険がある。よって、スポット的な薬剤散布により、害虫個体密度を下げ、その後は定期的な薬剤散布を心掛ける。一方、土壌伝染性のトンプスウイルスは、物理的な接触により根部から感染するため、被害が徐々に拡大することではなく、移植時に感染した株が生育に伴って発病していく傾向がある。本ウイルスは、アブラムシ類やアザミウマ類により媒介されることはない。

栽培終了後、媒介虫を絶食状態に陥れ、生存できなくするために、施設内に植物がない状態を一定期間維持することも重要であり、できる限り実践する。

(5) 土壌伝染性ウイルスの感染を防ぐ

土壌伝染性ウイルス防除に当たっては、虫媒伝染性ウイルスとは異なり、栽培前に防除手段を実施する必要がある。

① 稚苗定植

根とウイルスが接触しにくい状態で定植することで、ウイルス感染の危険性が回避できる。具体的には、育苗培地から根が突出する前に定植する手法、例えば稚苗定植技術がそれに当たる。あらかじめ固化された育苗培地（固化培地）を用い、培地底部から根が出ないうち（子葉展開期まで育苗）に定植する。また、本方法では根が本来の直根性を示し生育が促進されるなどの副次的効果も認められている。なお、通常苗を用いる場合は、ペーパーポットの利用が望ましい。

② 作型選択による発病回避

土壌中にウイルスが存在しても、作型を考慮することで発病が回避できる。作型による感染や発病程度を調査すると、3～4月定植で発生や感染率が高く、6～8月定植では低くなる。トルコギキョウえそ萎縮病の発病適温は20℃前後で、30℃以上では発病しにくいことが判明している。

③ 定植土層の熱処理による徹底的防除

土壌伝染性ウイルスに汚染された圃場は、熱水土壤消毒法のように、熱処理をすればウイルス活性が低下する。根域に当たる深層土まで、ある程度の高温を伝えるには、大量のエネルギーが必要になるが、物理的接触により感染する伝染環を考慮し、定植圃場の土層土の熱処理が徹底されていれば、ウイルスの感染を防ぐことができる。



図-4 「トルコギキョウに発生するアザミウマ伝搬ウイルス、土壌伝染ウイルス対策マニュアル」のトップページ

(6) 防除対策の実行と評価

上記のうち、各地域に必要な防除対策技術を組み合わせることで実行し、防除対策の効果を的確に評価する。そして、問題点や改善点などを抽出し、以後の栽培に役立てる。

なお、2007年にIYSVおよびLiNSVの混発により切り花本数が顕著に低下していた施設で実施した現地試験の結果、組み合わせ防除の実施により、切り花本数が約3倍に向上し、生産者の粗収益が増加した(データ略)。

おわりに

アザミウマ類の侵入抑制のために導入した防虫ネットは目合いが細かいことで(長野市近郊のトルコギキョウ栽培では普及率が100%近い)、これまでの要防除害虫のオオタバコガやシロイチモジヨトウの被害も合わせて激減し、これら大型チョウ目害虫の薬剤使用回数の減少につながっている。難防除ウイルス病害を防ぐためには、複数の防除法を組み合わせることが効果的であると実証できたことが、結果的にIPM手法の普及につながったと言える。その点で、生態解明を含めたウイルス病害研究は、IPMの定着に大変重要な役割だと考える。最近ではトルコギキョウのみならず、他作物においても難防除なウイルスによる被害も各地で確認されるようになりつつある。また、今回紹介した組み合わせ防除に加えて、古くはタバコモザイクウイルスのL11Aや日本デ

ルモンテ(株)の弱毒CMV、京都府などの弱毒ズッキーニ黄斑モザイクウイルスなどのように、エマージングウイルスに対する弱毒ウイルス(ワクチン)利用による防除技術も有用と考えられ、現在技術開発に取り組んでいる。今後は、ウイルスワクチン利用技術を加え、さらに対策マニュアルを充実できるよう努めていきたい。

なお、「トルコギキョウに発生するアザミウマ伝搬ウイルス、土壌伝染ウイルス対策マニュアル」は、長野県地域農業発展支援システム(ALPSネット)にて、閲覧可能である(図-4, <http://www.alps.pref.nagano.lg.jp/>)。ご活用いただければ幸甚である。

引用文献

- 1) 土井 誠ら (2003): 日植病報 **69**: 181 ~ 188.
- 2) ———・加藤公彦 (2003): 同上 **68**: 231 (講要).
- 3) 藤 晋一・山本英樹 (2000): 北日本病虫研報 **51**: 122 ~ 125.
- 4) 藤永真史ら (2006): 日植病報 **72**: 109 ~ 115.
- 5) ———ら (2007): 関東病虫研報 **54**: 89 ~ 92.
- 6) 井上幸次ら (1995): 日植病報 **61**: 274 (講要).
- 7) ———ら (2007): 同上 **73**: 223 (講要).
- 8) 石川末廣ら (2008): 植物防疫 **62**: 387 ~ 390.
- 9) 伊山幸秀ら (2006): 日植病報 **72**: 252 ~ 253.
- 10) 岩木満朗ら (1985): 同上 **51**: 355.
- 11) 黒田智久ら (1999): 同上 **65**: 490 ~ 493.
- 12) 松尾和敏・太田孝彦 (1992): 同上 **58**: 113 (講要).
- 13) 竹内繁治・古谷真二 (1993): 高知農技七研報 **2**: 1 ~ 6.
- 14) 内川敬介ら (2002): 日植病報 **68**: 50 (講要).
- 15) 内山 徹ら (2007): 同上 **73**: 224 (講要).
- 16) 山下一夫・杉山 悟 (1998): 同上 **64**: 605 ~ 606 (講要).
- 17) ———・福井要子 (2000): 同上 **66**: 263 (講要).
- 18) ———・————— (2002): 同上 **68**: 235 (講要).