

三重県におけるコムギ縞萎縮病の発生と防除対策

三重県農業研究所 ^{すずき}鈴木 ^{ひろふみ}啓史・^{くろだ}黒田 ^{かつとし}克利

はじめに

ムギ類の土壤伝染性ウイルス病害には、コムギに発病するコムギ縞萎縮病と、オオムギに発病するオオムギ縞萎縮病、そして、コムギとオオムギの両種に発病するムギ類萎縮病がある。病原ウイルスは、コムギ縞萎縮病は WYMV、オオムギ縞萎縮病は BaYMV、ムギ類萎縮病は SBWMV である。これらウイルスは、*Polymyxa graminis* という変形菌門ネコバカビ目に属する土壤生息性の絶対寄生菌により媒介される。

P. graminis は、コムギ根中に休眠胞子を形成し、上記ウイルスとともに、長期間土壤に伝染源として残存する。そのため、一度発生すると根絶は難しく、ムギ類の重要病害となっている。

本稿では、三重県における、コムギ縞萎縮病の発生の推移と、これまでの研究成果に基づいた防除の取り組みについて紹介する。

I コムギ縞萎縮病の発生状況と被害解析

1 三重県におけるコムギ縞萎縮病の発生状況

1999年産コムギ「農林61号」で、縞萎縮病類似症状が三重県内で発生したため、集団麦作地を対象としてコムギ葉47点採取し、農林水産省農業研究センターでELISA検定を行ったところ、コムギ縞萎縮病を起こすWYMVの単独感染が24点、ムギ類萎縮病を起こすSBWMVの単独感染が2点、これらの重複感染が2点確認された(黒田ら, 1999; 図-1)。その後、縞萎縮病の発生面積は拡大し、2002年産は作付面積の約6割と最大となった(図-2)。

また、2004年から4年間、県内全域からコムギ葉を合計309点採取し、筆者らがELISA検定したところ、県内全域でWYMVが検出された。一方、SBWMVは、2006年にSBWMVの単独感染が1点、WYMVとの重複感染が2点確認されたのみであった。その後も、2009年にSBWMVの単独感染が1点、WYMVとの重複感染

が3点確認されたのみで、現在まで、SBWMVの被害は顕在化していない(品種は1点だけ「タマイズミ」、ほかは「農林61号」)。

このように三重県ではWYMVの単独感染が大勢であり、また、オオムギの作付けが少ないことから、ムギ類の土壤伝染性ウイルス病害に対する対策は、WYMVについてのみ対象にすればよい状態が、1999年のWYMV再確認以来、17年間続いている。

2 コムギの被害解析

三重県では2月中下旬からコムギ縞萎縮病の病徴である、葉のモザイク症状が発現し、3月中旬に病徴は最も顕著となり健全圃場との差が明瞭となる。しかし、4月にはこの病害の特徴である病徴の回復(マスキング)が起こる。そこで3月の発病程度が6月の収穫時にどの程度収量に影響しているのか、被害解析を行った。

三重県の水田転換圃場で作付けされた「農林61号」の被害は、発病が高い圃場では低い圃場に比べ約50%の減収となっており、本病による被害の大きいことを明らかにしている(富川ら, 1999)。また、「タマイズミ」を対象に行った被害解析では、3月の発病が高くなるほど千粒重、一穂粒数が減少したが穂数への影響は少なかった(表-1)。収量は、発病程度が高い圃場では、無発病圃場に比べ約40%減収した(村上ら, 2003; 図-3)。

II コムギ縞萎縮病の診断技術

1 WYMVの感染診断

宇杉ら(1984)によって、WYMVの抗体が開発されELISA法による、WYMVの感染の有無の検定が可能となった。検体は、PBS-Tで磨砕するだけでよく、多量のサンプルを診断するのに適している。

また、RT-PCR法(竹内, 1999; 村元, 2013)やRT-LAMP法(鈴木ら, 2007; 瀬尾ら, 2009; Fukuta et al., 2013)等、抗体がなくても診断できる技術が開発されている。

筆者らは、ELISA法とRT-LAMP法の検出感度を比較するため、発病したコムギ葉の磨砕液を段階希釈し、同じサンプルを用いて両検出法の感度比較を実施した。その結果、ELISA法に比べRT-LAMP法では1,000倍希釈した磨砕液からもWYMVが検出可能であった(鈴木ら, 2007)。

Occurrence and Control of *Wheat yellow mosaic virus* in Mie Prefecture. By Hirofumi SUZUKI and Katsutoshi KURODA

(キーワード: コムギ, 縞萎縮病, WYMV, *Polymyxa graminis*, LAMP法, 窒素肥料増施)

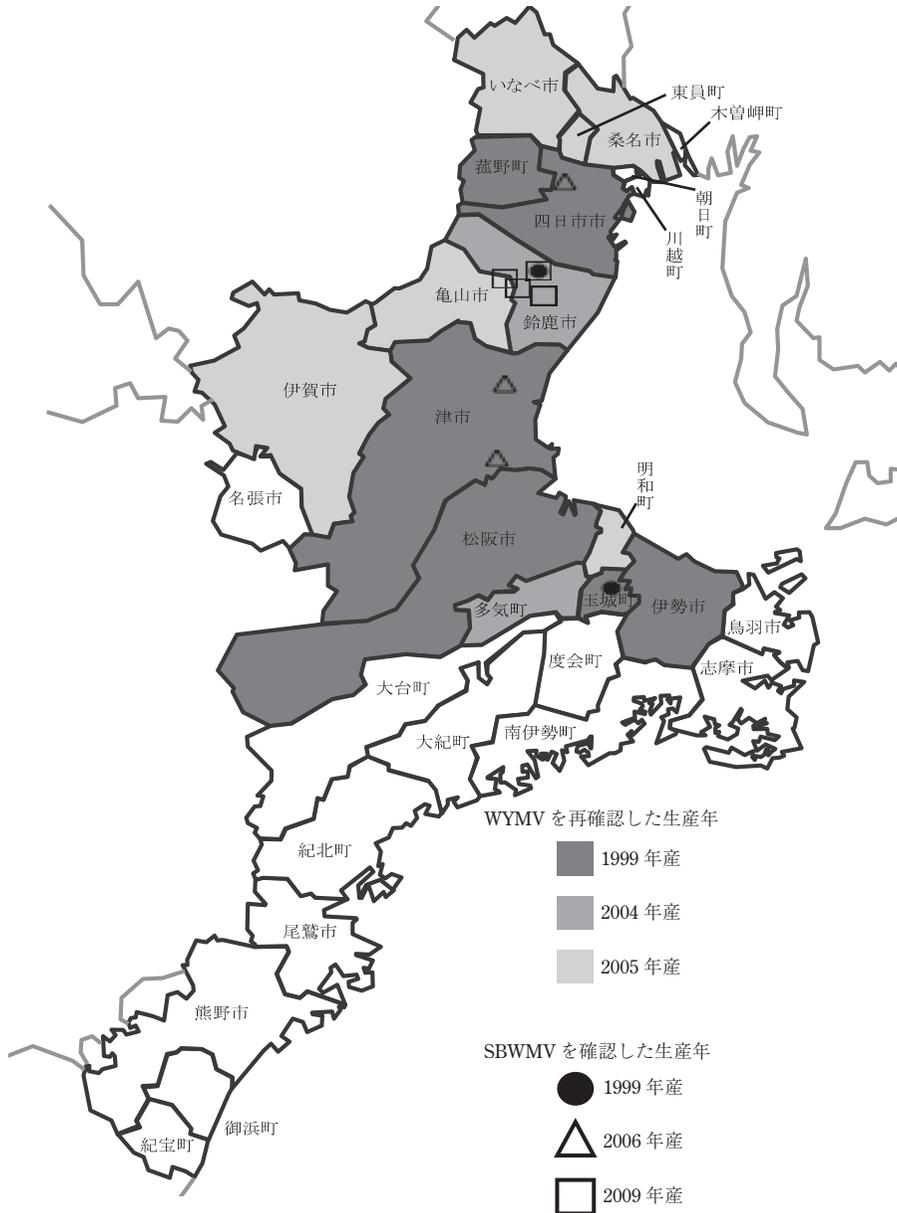


図-1 三重県におけるWYMVおよびSBWMVの発生状況

RT-LAMP法の検出感度の高いことを利用して、コムギ個体の部位別にWYMVの有無を調べた。サンプルは同一圃場内の近接した個体で、病徴のある個体と無病徴個体を比較した。その結果、病徴の有無にかかわらず両個体ともWYMVが検出されたが、その検出部位は、発病の有無によって異なった(表-2)。このことから、WYMVの増殖力は限られており、病徴の程度は、WYMVを保持した*P. graminis*の初期感染量に起因するのではないかと考えられた(鈴木, 2010)。

2 根部感染診断(シードリングバイオアッセイチャンバー法)

コムギ縞萎縮病の野外試験は、年に1回しかできず、しかもその結果は各年の温度経過に左右される。そこで、温度制御できる室内実験系として、根部からの感染過程も含めた、WYMVの病原型とコムギの抵抗性との関係をみる方法がある。この方法は、地温10℃前後で2か月間、次に5℃で4か月程度育てる必要があるため(大藤, 2006)、さらに短期間で効率よく実施できるように、

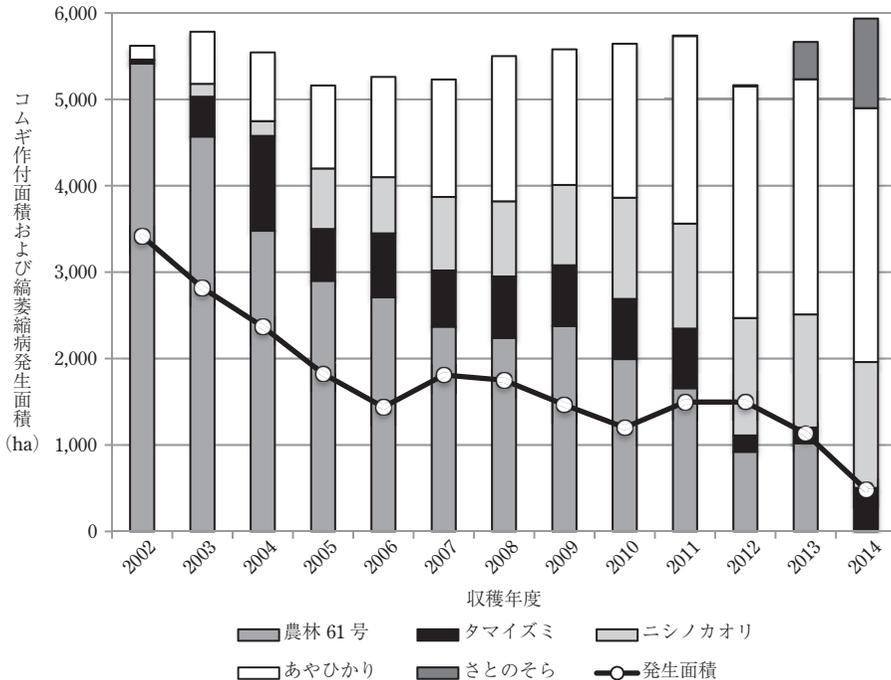


図-2 三重県における品種別コムギ作付面積および縞萎縮病発生面積の推移
 作付面積：東海農政局調べ。
 縞萎縮病発生面積：三重県病害虫防除所調べ。

表-1 コムギ縞萎縮病の発病程度が収量に与える影響 (村上ら, 2003)

発病程度 (0~3)	稈長 (cm)	わら重 (kg/a)	千粒重 (g)	一穂粒数 (粒)	穂数 (/m ²)	収量 (kg/a)	品質 (1~9)	蛋白質含量 (%)	調査圃場数
0	88	71.7	35.5	33.5	414	48.2	7.0	10.0	1
1	93	67.9	34.7	28.8	465	44.1	7.4	10.4	8
2	81	49.7	31.9	25.4	446	34.0	8.0	11.6	6
3	75	44.2	31.4	21.9	477	30.1	8.0	11.7	16

品種：‘タマイズミ’。
 発病程度；0：無病徴，1：よく見るとモザイク状の病斑が1,2葉に見られる，
 2：一目でモザイクが確認できるが，株全体ではなく上位葉にとどまる，3：株全体にモザイクが認められる。
 外観品質：農林水産省三重農政事務所調べ 1等の上(1)から，規格外の下(9)の9段階評価。
 蛋白質含量：近赤外線による分析(水分13.5%)。

検出感度の高いRT-LAMP法と，実験室内で数をこなせるシードリングバイオアッセイチャンパー法(相野ら, 2006)を組合せた検定方法を考案した(鈴木ら, 2009)。この方法は，汚染土とバーライトを1:4の比率で混合し，側面下部に穴を開けた15 ml 遠沈管につめ，そこにあらかじめ発芽させたコムギを移植する。この遠沈管を50 ml の遠沈管に挿入し，底面給水を行い(図-4)，人工気象器内(13℃，14時間日長)で約2週間生育させた後，水道水で洗浄した根部を，緩衝液で磨砕し，RT-

LAMP法を行って，WYMVの感染の有無を確認するものである。滅菌土(汚染土を121℃，60分オートクレーブ)と汚染土をそれぞれ4反復供試したところ，滅菌土はWYMVが検出されなかったが，汚染土は検出された(図-5)。

コムギ根部でのWYMV量もしくはコムギの感染株率において，品種間差が認められれば，コムギの地下部の抵抗性程度を評価できると考えている。

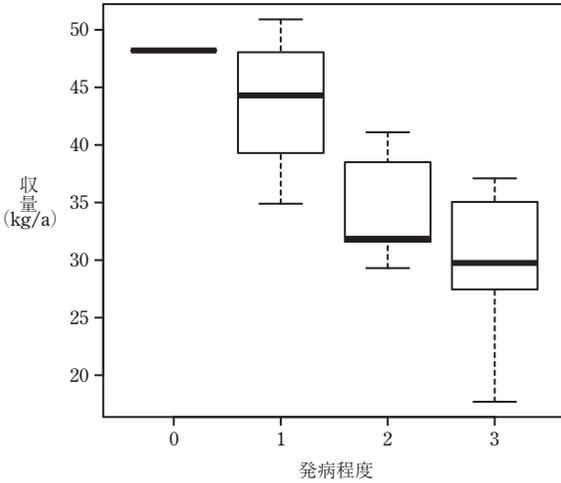


図-3 コムギ縞萎縮病の発病程度別収量 (村上ら, 2003)
 品種: 'タマイズミ'.
 発病程度; 0: 無病徴, 1: よく見るとモザイク状の病斑が1, 2葉に見られる, 2: 一目でモザイクが確認できるが, 株全体ではなく上位葉にとどまる, 3: 株全体にモザイクが認められる.
 箱ひげ図: 太線が中央値, 箱の上下が4分位線, ひげが最大値と最小値をそれぞれ示す.

表-2 病徴のある個体と無病徴個体の WYMV の存在位置

コムギの調査位置	病徴のある個体		無病徴個体	
	病徴程度	WYMV	病徴程度	WYMV
止葉	0	+	0	-
5葉	1	+	0	-
4葉	2	+	0	+
3葉	1	+	0	+
2葉	0	+	0	+
1葉	0	+	0	+
根冠	-	+	-	-
根元A	-	+	-	-
根元B	-	+	-	-
根中A	-	+	-	-
根中B	-	+	-	-
根先A	-	+	-	+
根先B	-	+	-	-

病徴程度; 0: 無病徴, 1: モザイク症状, 2: 黄化.
 WYMV は RT-LAMP 法で検定した. +: 陽性, -: 陰性.
 2009年3月26日採取, 品種: '農林61号'.



図-4 シードリングバイオアッセイチャンパー法によるコムギの生育

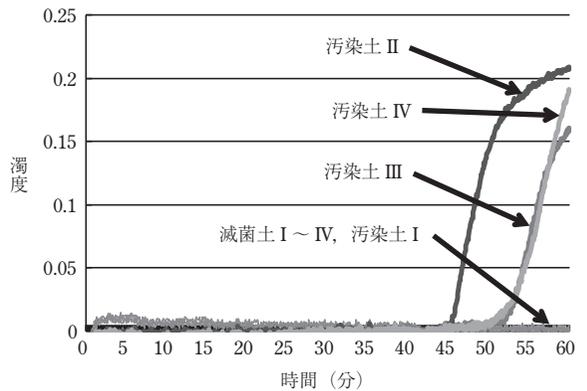


図-5 シードリングバイオアッセイチャンパー法で生育させたコムギ根からの RT-LAMP 法による検出
 現地汚染土とパラライトを 1:4 の比率で混合し, あらかじめ発芽させたコムギ '農林 61 号' を移植し, 人工気象器内 (13℃, 14 時間日長) で 11 日間生育させた. この根を水道水で洗浄し, 磨砕後 100 倍希釈し, RT-LAMP 法に供試した.

III コムギ縞萎縮病の発生生態

コムギ縞萎縮病の発生生態を理解するためには, 植物体であるコムギと, 病原体である WYMV だけでなく, 媒介菌である *P. graminis* についても考慮する必要がある. この3者の関係を大藤の報告を基に表-3にまとめた (大藤, 2005). また, 実例として三重県玉城町におけるコムギ栽培期間中の地温と気温の推移と, *P. graminis* および WYMV の活動適温域を図示した (図-6).

秋期の気温低下が遅れると, *P. graminis* の活動期間が長期化することに加えて, 宿主となるコムギ根の生長が進み土壤中で *P. graminis* が宿主根と遭遇する確率が高まり, 個体当たりの感染量が増すと考えられている (大藤, 2005).

また、春先の気温上昇が遅れると発病期が長くなり、反対に気温上昇が早いと発病期が短くなることから、これらが被害の大小に影響する。

IV コムギ縞萎縮病の防除対策

1 抵抗性品種の導入

抵抗性品種の導入が効果とコストの面から最も有効な防除対策である。三重県では、抵抗性品種（‘あやひかり’、‘ニシノカオリ’、‘さとのそら’）の作付面積が拡大したことにより、コムギ縞萎縮病の発生面積が減少している（図-2）。

西日本では抵抗性遺伝子を持っている‘新中長’、‘シラ

サギコムギ’、‘関東107号’等を育種素材とした‘シロガネコムギ’、‘アサカゼコムギ’、‘チクゴイヅミ’等の抵抗性品種が育成されている（大藤，2006）。三重県で普及している‘あやひかり’と‘ニシノカオリ’は、‘シラサギコムギ’の系譜である。‘あやひかり’には、‘関東107号’の系譜もつながっており、‘あやひかり’が‘ニシノカオリ’と比較して、縞萎縮病抵抗性が強いのは、抵抗性遺伝子の集積によるものではないかと推測している。

2 耕種の防除法

(1)トラクター作業による土壌の移動抑止

WYMVは土壌伝染性ウイルス病害であることから、WYMVを保菌した*P. graminis*の休眠胞子が、土壌とともに移動することで汚染圃場が拡大する。そのため、トラクター作業を行う際には、WYMVの未発生圃場を先に作業し、既発生圃場を後に作業するよう進めている。

トラクターのロータリー部分に30～45kgの土壌が付着していることと、5aの水田に10kgの土壌を投入して二条大麦を栽培した場合、4～5年で発病が顕在化することが、BaYMVで確認されている（小川ら，1995）。このことから、土壌伝染病害の伝播リスク軽減対策としてトラクター作業の順番管理や洗浄が重要である。

(2)早播きを避ける

*P. graminis*の感染盛期は13～17℃であることから、三重県における10月の早播きは*P. graminis*の感染盛期の期間が長くなり、感染量を増加させる。そのため、早

表-3 コムギ縞萎縮病の伝染環と温度条件

コムギ	播種 感染盛期	→ 感染期	→ 潜伏期	→ 発病期	収穫 回復期
温度	13～17℃	8℃以上	8℃未満	5～10℃	10℃以上
媒介菌 <i>P. graminis</i>	活動期 休眠胞子から遊走子 放出 コムギ根への侵入			停滞期	休眠胞子 形成期
ウイルス WYMV	コムギ根への感染		活動期 無病徴からモザイク 症状へさらに萎縮症 状へ	病徴のマ スキング	

大藤（2005）の報告から作成。

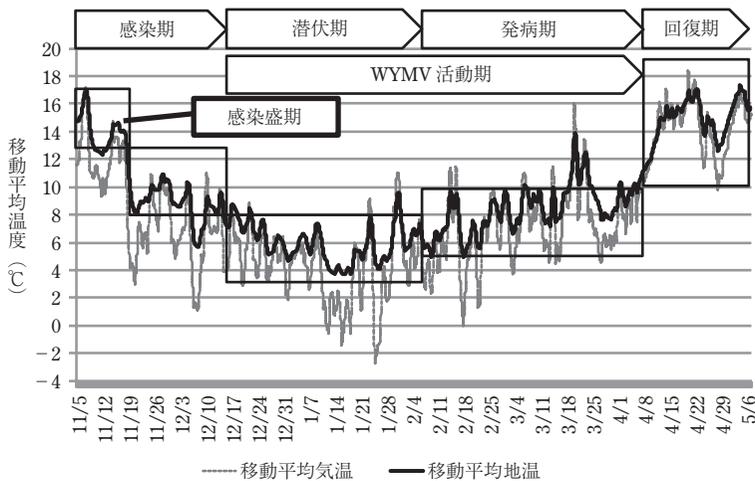


図-6 三重県玉城町における気温と地温の移動平均温度と*P. graminis*およびWYMVの活動適温域
2008年11月から2009年5月までの気温と地温。
地温は、地下10cmを測定。
現地の病徴確認以降を発病期とした。

播きは極力避け、11月の適期播種に努め、その適期播種の中で、発病歴のある圃場を最後に播種するよう進めている。

(3) 窒素肥料増施

コムギ縞萎縮多発生圃場において、幼穂形成期に硫酸の土壤表面散布(窒素:4 kg/10 a)による窒素追肥を行ったところ、無追肥区に比べ収量が約126%と改善されたことから、幼穂形成期の追肥が縞萎縮病発生圃場への対策として進められている(村上ら, 2003)。

また、石灰窒素施用による発病抑止効果について試験を行った。2004年、現地コムギ縞萎縮病汚染圃場(品種:‘タマイズミ’)において、石灰窒素を80 kg/10 a施用する石灰窒素区と、TPN粉剤を30 kg/10 a処理する対照区および無処理区を設けた。その結果、石灰窒素区とTPN粉剤区とも、無処理区と比べ発病率が低く、収量が多かった。

次に、この石灰窒素の効果が窒素によるものか、シアナミドによるものかを確認するため、2005年、先の試験に、石灰窒素相当の窒素16 kg/10 aを追肥処理する追肥区を加えて、ほかは同様に試験を実施した。その結果、石灰窒素区、追肥区ともに、発病程度は無処理区と同程度であったが、収量は両区とも無処理区の約1.4倍であった。この結果から、石灰窒素の増収効果は、シアナミドやカルシウムによるものではなく、窒素を増施したことによるものと考えられた(鈴木ら, 2008)。ただし、窒素肥料増施は、栽培品種が耐倒伏性であることや、増施によるタンパク質含量の増加が品質に影響されない場合に実施できると考えている。

おわりに

抵抗性品種の導入は、最も経済的で有効な防除手段である。三重県で導入されている‘あやひかり’(抵抗性品種)は、根部の感染があっても、地上部に病徴を示さないことで、有効な品種として利用されている(鈴木, 2010)。このような抵抗性品種の場合、*P. graminis*をウイルスフリーにするクリーニングクロープとしての作用は期待できない。同様に、感染を防ぐのではなく、根から葉への移行を阻害する抵抗性と考えられている‘ゆめちから’は北海道の2013年産コムギにおいて、縞萎縮病

の症状が確認された。このことについて、大木・眞岡は、遺伝子型に変化がないことを確認し、環境的要因によりWYMVの感染が助長され発病にいたったと考察している(大木・眞岡, 2014)。このようにWYMVに感染しても移行しない(あるいは増殖しない)抵抗性のメカニズムが打破されるのかどうか、この性質が、遺伝的相互作用のみによるものか、環境的要因の影響によるものか、注視していく必要がある。

この‘ゆめちから’の縞萎縮病抵抗性遺伝子 $Ymlb$ と近傍マーカーが報告されており(西尾, 2014)、現在三重県では、このマーカーと戻し交配育種法を利用して、‘タマイズミ’(罹病性品種)の優れた特性を持った‘スーパータマイズミ’(抵抗性品種)の育成を、農研機構作物研究所、栃木県と協力して取り組んでいる。

今後、優れた抵抗性品種が開発されても、抵抗性だけに頼った防除対策では、抵抗性を打破する病原型の発生リスクが常に心配される。そこで、抵抗性が打破されていないかのモニタリング、トラクター洗浄による土壌の移動抑止、感染量を増やさないため早播きを行わない、この三つの対策と組合せて利用することが重要と考えている。

本病害の対策を進めるにあたり、農研機構中央農業総合研究センター 大藤泰雄博士、農研機構九州沖縄農業研究センター 笹谷孝英博士、農研機構北海道農業研究センター 大木健広博士には、貴重なご助言・情報提供をいただいた。厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 相野公孝ら (2006): 関西病虫研報 48: 55 ~ 56.
- 2) FUKUTA, S., et al., (2013): J. Virol. Methods 189: 348 ~ 354.
- 3) 黒田克利ら (1999): 日植病報 65: 678 (講要).
- 4) 村上高敏ら (2003): 東海作物研究 134: 18 (講要).
- 5) 村元靖典 (2013): 岐阜農技研究報告 13: 25 ~ 32.
- 6) 西尾善太 (2014): 植物防疫 68: 134 ~ 137.
- 7) 小川 奎ら (1995): 茨城農総七農研報 2: 1 ~ 52.
- 8) 大木健広・眞岡哲夫 (2014): 北日本病虫研報 65: 24 ~ 27.
- 9) 大藤泰雄 (2005): 植物防疫 59: 283 ~ 286.
- 10) ——— (2006): 東北農研研報 105: 73 ~ 96.
- 11) 瀬尾直美ら (2009): 東北農業研究 62: 51 ~ 52.
- 12) 鈴木啓史 (2010): 土壤伝染病談話会講演要旨 25: 100 ~ 109.
- 13) ———ら (2007): 日植病報 74: 64 ~ 65 (講要).
- 14) ———ら (2008): 同上 75: 79 (講要).
- 15) ———ら (2009): 同上 75: 281 (講要).
- 16) 竹内 徹 (1999): 日植病報 65: 698 (講要).
- 17) 富川 章ら (1999): 成果情報 (<http://www.mate.pref.mie.lg.jp/marc/SEIKA/H11/21seikaH11.PDF>)
- 18) 宇杉富雄ら (1984): 日植病報 50: 63 ~ 68.