

トマト黄化葉巻病発病株の伝染源としての影響と除去による防除効果

小塚玲子・大井田 寛・久保周子*・鈴木達哉・牛尾進吾

キーワード：トマト黄化葉巻病, *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV), 防除, 伝染源, 発病株

I 緒 言

トマト黄化葉巻病は、病原ウイルス *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) によって引き起こされるウイルス病であり、タバココナジラミ *Bemisia tabaci* (カメムシ目: コナジラミ科) の媒介により伝搬される (大貫ら, 1997; Kato et al., 1998; Czosnek H. et al., 2008)。防除を怠ると速やかに感染が広がることや、生育初期に感染した場合に着果しないことがあるため、トマトの重要病害として位置づけられている。千葉県では2005年に初めて本病の発生が確認され (久保ら, 2007)、2007年には全県的に発生が拡大して問題となった。

防除対策として、媒介虫であるタバココナジラミの防除及び保毒虫の発生源となる感染株の除去が提唱されている (本多, 2006; Polston J.E. & Lapidot M., 2007)。タバココナジラミの防除については、ハウス開口部への0.4mm目合いネットの展張 (松浦ら, 2005; 大井田ら, 2007)、育苗期または定植時の粒剤施用 (大矢・植草, 2009)、有効薬剤の散布 (樋口, 2006; 松浦, 2006; 大井田・津金, 2008)、栽培終了時のハウス密閉処理による逃亡防止 (古家, 2006; 水越ら, 2007; 大井田ら, 2009) など多くの対策が報告されており、現地でも導入されている。しかし、タバココナジラミは微小で寄主範囲が広いという点、本県では薬剤抵抗性の発達したタバココナジラミバイオタイプQが優占しており (大井田ら, 2007)、有効薬剤が少ないため防除が困難である。一方、本多 (2006) が指摘するように、野外におけるタバココナジラミの保毒虫率は低く、伝染源がない限りは黄化葉巻病を伝搬する可能性は低い。そのため、タバココナジラミの防除と合わせ、発病株の除去による本病の防除も重要と考えられた。しかし、発病株の除去による本病の防除については、Polston J.E. et al. (1999)、石井ら (2010) がその効果について言及しているものの、データに基づく知見がほとんどない。そこで、本報告では生産者の圃場において発病株の除去が本病の感染拡大を抑制

した事例について調査した結果と、発病株が伝染源となり感染拡大が起こる過程を調査した結果を報告する。

本試験を実施するにあたり、トマト苗の提供及びトマト栽培についてご助言くださった東総野菜研究室長 (元野菜研究室) の草川知行氏、統計処理についてご指導くださった育種研究所長の片瀬雅彦博士に厚くお礼申し上げる。

II 材料及び方法

1. 発病株除去による防除効果

2007年9月28日にトマト黄化葉巻病の発生を確認した促成養液栽培 (2007年8月11日定植, 2008年6月30日栽培終了) を行う千葉縣市原市の隣接する2つのハウスA (20a, 3,226株) 及びハウスB (20a, 3,226株) において、トマト黄化葉巻病の発生状況を目視により調査し、発病株数を記録した。ハウスAでは発病株を確認後、直ちに株元より除去したが、ハウスBでは当初、病徴の現れている部位のみを切除し、株全体の除去は行わなかった。調査は、ハウスAは2007年9月11日より開始し、約2週間間隔 (冬期は1カ月間隔) で行った。一方ハウスBは、2008年1月11日よりハウスAと同様の調査を実施した。調査時には、発病株の扱いを病徴の現れている部位の切除から株全体の除去へ切り替えた。両ハウスは一つの生産組合によって同一に管理されており、耕種概要や農薬散布履歴に差はなかった。

ハウス内のタバココナジラミの発消長については、二人の調査者が20分間の調査で観察されたコナジラミ類を吸虫管に採集し、個体数を数えた後、これらから任意に36個体を上限として選び出し、津金ら (2007) の方法により種を判別してタバココナジラミとオンシツコナジラミの比率を算出し、タバココナジラミの数を推定した。また、PCR法 (久保ら, 2007) によりTYLCVの保毒の有無を調査した。

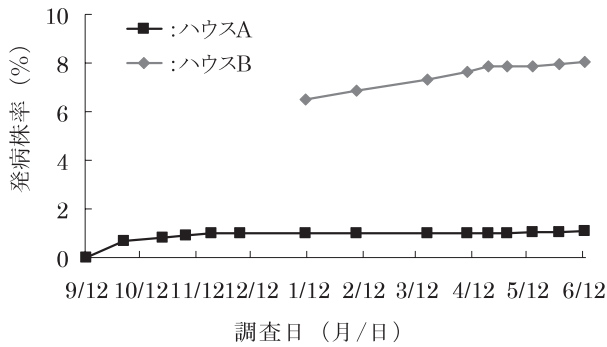
2. 発病株が感染拡大に及ぼす影響

(1) 材料

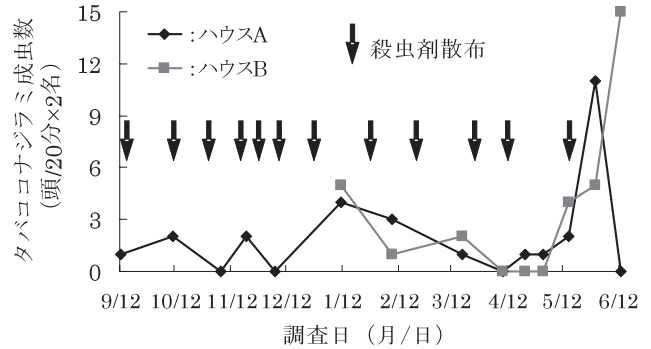
試験には健全苗及びTYLCVを接種した感染苗を用いた。2009年6月24日に播種した「桃太郎あきな」を0.1mm目合いネットを展張したハウスで育苗し、健全苗とした。感染苗は、TYLCV-イスラエル系統に感染したトマト苗上で

受理日2011年8月22日

*千葉農林振興センター、現農林総合研究センター



第1図 トマト黄化葉巻病発病株の除去開始時期と発病株率
注) ハウスAでは初発時から発病株の除去を実施した。ハウスBでは当初、発病部位の除去のみを行い、株全体の除去は行わなかった。ハウスBの調査は1月11日より実施し、調査の開始とともに発病株全体の除去に切り替えた。



第2図 ハウス内のタバココナジラミ成虫の発生推移
注1) 2人の調査者が20分間に観察されたコナジラミ類成虫を採集した後、PCRにより種の判別を行ってタバココナジラミの比率を算出し、成虫数を推定した。
2) ハウスBの調査は1月11日より実施した。

累代飼育したタバココナジラミバイオタイプQ成虫を2~3葉期の健全苗に株当たり10頭放飼し、9日間接種吸汁させ作成した。定植直前に吸虫管を用いて保毒成虫を回収し、接種した苗にヒドロキシプロピルデンブレン5%液剤100倍液を十分量散布することにより、保毒成虫が寄生する可能性を排除した。なお、保毒虫の接種開始14日後に、感染苗の葉よりガラス繊維ろ紙法(村元・沢野, 2004)によりDNAを抽出し、PCR法により感染の有無を確認した。

(2)試験方法及び試験区の構成

千葉県農林総合研究センター病理昆虫研究室(千葉市)のビニールハウス(113m²)を用いて試験を行った。開口部には0.4mm目合いネットを展張し、高温対策として遮光資材クールホワイト520SW(ダイオ化成株式会社)を外張りした。7月23日に132株を1条33株で4条に定植した。このうち130株は健全苗を定植し、残り2株は感染苗を、真ん中2列の両端に各列1株定植した。感染苗は定植時にはすでに葉の黄化等の黄化葉巻病の病徴が現われていた。定植翌日に、無毒のタバココナジラミバイオタイプQ成虫を感染苗の株元に株当たり10頭、合計20頭放飼した。栽培管理は慣行に準じ、定植時にニテンピラム1%粒剤を株当たり1g植穴処理した。その他の薬剤防除については、タバココナジラミの増殖に影響が少ないと考えられる薬剤を選択し、うどんこ病防除としてイミノクタジナルベシル酸塩30%水和剤2,000倍液(8月5日)、トマトサビダニ防除としてビフェナゼート20%水和剤1,000倍液(8月28日)及び水和硫黄52%剤400倍液(9月7日、10月5日)、ハスモンヨトウ防除として*Bacillus thuringiensis* 10%水和剤1,000倍液(10月5日)をそれぞれ250L/10a散布した。

(3)調査方法

i 発病株の発生推移

定植後7~10日毎に、全株について発病の有無を見取り調査し、発病株の位置を記録した。発病株数と定植後日数

との非線形回帰分析はJMP(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)を用いた。11月24日には全株から上位葉をサンプリングし、PCR法により感染の有無を調査した。

ii ハウス内のタバココナジラミの発生活況

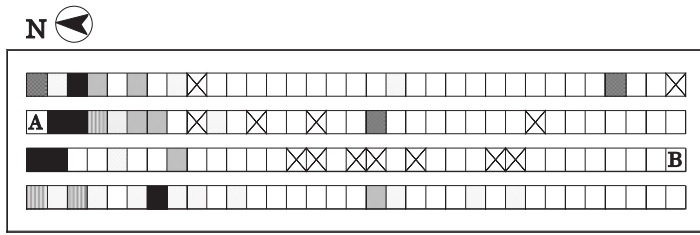
定植後4~10日毎に見取り調査を行った。毎回任意の30株を選び、選んだ株の上、中、下位の各1複葉(株当たり3複葉)に寄生するタバココナジラミ成虫及び幼虫の個体数を記録した。12月3日にはタバココナジラミ成虫を20分間の見取り調査により採集し、PCR法により個体別に保毒の有無を調べた。

Ⅲ 結 果

1. 発病株除去による防除効果

ハウスA、ハウスBとも2007年9月28日にトマト黄化葉巻病の発生を初めて確認した。ハウスAでは出入口付近で発病株の発生が多かった。その後ハウスAでは、2007年9月28日~11月20日にかけて32株(1.0%)、2008年5月15日~6月13日にかけて3株、合計35株の発病株が確認され、発病株率は1.1%であった(第1図)。発病株は初発直後に集中して確認されたが、その後の発生は少なかった。一方ハウスBでは、調査を開始した2008年1月時点ですでに209株(6.5%)で発病が認められ、その後も途切れることなく発病株が増え続けた。一作を通じての最終的な発病株数は259株であり、発病株率は8.0%であった。

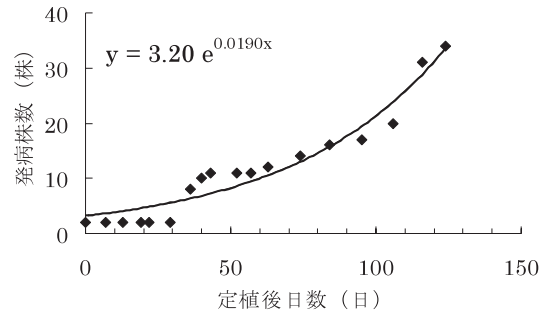
両ハウスのタバココナジラミの密度は調査期間を通じて非常に低く推移した(第2図)。2008年1月以降のハウスA及びハウスBのタバココナジラミの発生状況は、同様の傾向を示した。ハウスBの12月以前のタバココナジラミの発生状況は不明であるが、12月以前もハウスA及びBで同様の薬剤散布が定期的になされていたことから、両ハウスのタバココナジラミの密度は大きく異ならなかったと推定さ



7月23日に定植した株に発病を確認した時期

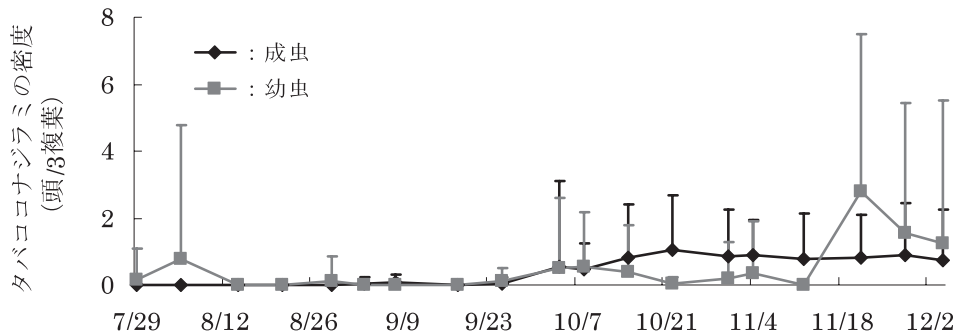
A、**B**：感染苗
 ■：定植日～8月下旬 ■：9月上旬～中旬
 ▨：9月下旬～10月上旬 ■：10月中旬～11月上旬
 □：11月中旬～下旬 ⊗：潜在感染株

第3図 発病株の発生の推移と定植124日後の潜在感染株の位置



第4図 定植後日数とトマト黄化葉巻病発病株数の推移

注1) 伝染源として定植した感染苗2株に、調査時に新たに発病が認められた株を加算した。潜在感染株は含まれていない。
 2) 回帰式は非線形回帰分析により得られた。残差平方和は99.89、パラメータ(近似標準誤差)は3.20(0.50)、0.0190(0.0015)。



第5図 トマト株上におけるタバコナジラミの発生消長

注1) 任意の30株における上、中、下位の1複葉(株あたり3複葉)に寄生する成幼虫の個体数を表す。
 2) グラフ中のバーは標準偏差を示す(n=30)。

れる。ハウスA及びB内で捕獲したタバコナジラミの保毒の有無を調査したが、いずれのハウスでも保毒虫は認められなかった。一方、ハウス周囲に設置したトラップ植物では、2007年8月下旬及び9月下旬に保毒虫が確認された(データ省略)。

2. 発病株が感染拡大に及ぼす影響

(1) 発病株の発生推移

初発は定植約1カ月後の8月28日であり、感染苗Aのごく近くの6株(累積発病株率6.1%)で発病を認めた(第3図)。その後、これらの株を囲むように徐々に発病株が広がっていき、栽培終了時の発病株数は34株(同26%)に達した。11月24日のPCR法による調査では、潜在感染株を含めた合計感染株率は36%であった。発病株数(y)と定植後日数(x)を非線形回帰分析した結果、回帰式 $y = 3.20e^{0.0190x}$ が得られ、発病株数は定植後日数に従って指数関数的に増加することが示された(第4図)。

(2) ハウス内のタバコナジラミの発生消長

7月29日の調査時に感染苗Aに5頭、8月5日の調査時には

感染苗Aに22頭、感染苗Bに1頭のタバコナジラミ幼虫を認めた。その後9月末までは、成虫、幼虫とも極めて低い密度で推移したが、10月上旬になると密度が増加し、10月中旬以降は、成虫は3複葉あたり0.7~1.0頭で推移した(第5図)。調査日により変動したものの、幼虫もそれまでに比べ密度が増加した。

12月3日に20分間の見取り調査でタバコナジラミ成虫を採集したところ、32頭が捕獲された。これらについて保毒の有無を調査したところ、保毒虫率は22%であった。

IV 考 察

1. 発病株除去による防除効果

TYLCCVに感染したトマトは主要な伝染源であることから(芳賀・土井, 2002; 加藤, 2008)、発病後は除去することが望ましい。しかし、発病前に着果した果実は正常に発育するため、発病後もそのまま栽培が続けられる場合がある。現地ハウスA及びBでは、同時期にトマト黄化葉巻

病が発生したが、発病株への初期の対処方法が異なった。その結果、最終的な発病株数が大きく異なった。

本病の初発は定植後1か月以上が経過してから認められた。(1)ハウス周囲で8月下旬及び9月下旬に保毒虫が認められていること、(2)出入口付近で発生が多かったこと、(3)定植直後に感染した株は14日程度の潜伏期間の後発病すること(内川・小川, 2005)から、現地ハウスでは、定植後に侵入した保毒虫によりトマト黄化葉巻病が引き起こされたと判断される。

ハウスAでは、侵入した保毒虫の媒介によると推定される初発直後の発病が多かったが、発病株を除去したこととタバコナジラミの密度がきわめて低かったことから2次伝染がさほど起こらず、その後の発病株の増加は緩慢に推移した。一方ハウスBでは、12月以前に発病株の除去が行われなかったことに加え、タバコナジラミの伝搬効率は夏に高く、冬に低いこと(Lapidot M. et al., 2001)もあいまって、最終発病株率が8.0%と、ハウスAの1.1%に比べ高くなったと考えられる。今回の調査で、発生初期における発病株の除去が本病の感染拡大阻止に大きく寄与することが実証された。

2. 発病株が感染拡大に及ぼす影響

本試験では、感染苗の定植によりTYLCVが持ち込まれた場合を想定し、本病の発生がどのように推移するか調査した。当初は一次伝染の経路として、成虫が感染苗からTYLCVを獲得し媒介することを想定して感染苗の株元にタバコナジラミ成虫を放飼したが、定植後1か月以上が経過してから初発が認められたこと及び感染苗に幼虫の寄生を確認していることから、実際にはTYLCVを獲得した幼虫が羽化後にハウス内に広がり、感染が拡大したと推定される。感染苗に寄生したタバコナジラミ幼虫の頭数が多かったことは、当初計画した発病株が伝染源となり放飼成虫により感染拡大が起こる場合に比べ、初期の発病株数、すなわち伝染源の量が多くなり、その後の発病株の増大に影響を与えたと考える。

人の伝染病の最も単純なモデルとして、ケルマック-マッケンドリックモデルがあり、以下の式で表される(稲葉, 2007)。

$$\frac{dS(t)}{dt} = -\beta S(t)I(t)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = \beta S(t)I(t) - \gamma I(t)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = \gamma I(t)$$

$S(t)$: 感染する可能性のある人口

$I(t)$: 感染していてかつ感染させる能力のある人口

$R(t)$: 隔離された人口

β : 感染率, γ : 隔離率

全体が感受性人口からなる集団があり、ごく少数の感染者が発生した状況を考えると、 $S(t) = S(0)$ とおけるから、

$$\frac{dI(t)}{dt} = (\beta S(0) - \gamma)I(t)$$

となり、流行初期における感染者人口は、 $I(t) = I(0)e^{(\beta S(0) - \gamma)t}$ にしたがい増加する。

$\beta S(0) - \gamma > 0$ であれば、病気が流行して $I(t)$ は指数関数的に増加するが、 $\beta S(0) - \gamma < 0$ であれば $I(t)$ は自然に減衰すると考えられる。

本試験では、定植後日数の経過に伴い発病株数が指数関数的に増加し、定植後日数と発病株数の関係を表したグラフは $y = 3.20e^{0.0190x}$ に近似できた(第4図)。これは、ケルマック-マッケンドリックモデルの $I(t) = I(0)e^{(\beta S(0) - \gamma)t}$ に当てはまる。すなわち $I(t)$ を発病株数、 $I(0)$ を定植した感染苗の数、 β をタバコナジラミの密度や感染株体内のTYLCV濃度などの要因によって規定される伝染効率、 $S(0)$ を定植株数、 γ を発病株除去率で読み替えることができる。タバコナジラミの防除による本病の防除は β をゼロに近づける取り組みであり、発病株除去による防除は γ を大きくして、 $\beta S(0) - \gamma < 0$ とするための取り組みである。本試験の調査期間は短期間であり、感染、発病に関わる要因の変化が少なかったことから、発病株の増加をこのような比較的単純なモデルにあてはめることができたと考えられる。定植36日~43日後にかけて、近似曲線からはずれる値が多く存在するが、これは羽化した保毒虫により一過的に集中して感染が成立したためと推察される。

本試験で示されたように、新たに生じた発病株は2次伝染源となる。一方、タバコナジラミは3時間の獲得吸汁(北村ら, 2009)及び最短15分の接種吸汁でTYLCVを伝搬することができ(本多, 2006)、速やかに感染が成立する。このことから、伝染源量の少ない初発時に発病株除去を徹底して行い、その後の感染リスクを低くすることは有効な防除手段になると考える。

本報告では、現地調査から発病株除去が防除対策として有効であることを、場内試験では発病株が伝染源となり2次伝染が起こる様子を示した。これらのことから、媒介虫の防除と併せ、発生初期における発病株の除去が、本病の防除対策として欠かせないと考える。発病株除去による防除の有効性は、本病の伝搬効率、すなわちタバコナジラミの密度や感染株におけるウイルス濃度、初期の感染株数や潜伏期間の長さ等の感染に関わる要因により変わる可能性がある。発病株除去による防除が広く活用されるためには、圃場内での感染拡大のメカニズムについて、今後さらに詳細な検討が求められる。

V 摘 要

1. トマト黄化葉巻病が同時期に発生した隣接する2つのハウスにおいて、発病株を除去した場合と残した場合で、その後の発病株の増加に影響があるかを調査した。初発時から発病株の除去を行ったハウスでは、発病株の増加は限定的で栽培終了時の発病株率は1%であった。一方、発生初期に発病株を除去しなかったハウスでは発病株が継続的に発生し、発病株率は8%に達した。
2. 定植した株の1.5%を感染苗に換え、その後の発病株の推移を調査した。発病株は定植約1カ月に感染苗の周囲で初めて認められ、その後指数関数的に増加した。定植124日後の発病株率は26%、潜在感染株率を合わせた合計感染株率は36%に達した。タバココナジラミの密度は調査期間を通じて比較的低い密度で推移し、高い時期においても3複葉あたり0.7~1.0頭であった。

VI 引用文献

- Czosnek H. (2008) Tomato Yellow Leaf Curl Virus. In: *Encyclopedia of Virology* (Mahy B. W. J. and Ven Regenmortel M. H. V. eds.), 3rd ed., 5: pp.138-145.
- 古家忠 (2006) タバココナジラミ (バイオタイプB) の高温耐性とハウス密閉処理による防除効果. 植物防疫. 60:544-546.
- 芳賀一・土井誠 (2002) 静岡県におけるトマト黄化葉巻病の多発生要因と防除対策. 植物防疫. 56:153-156.
- 樋口聡志 (2006) 熊本県におけるタバココナジラミバイオタイプQの発生状況と薬剤の殺虫効果. 今月の農業. 50 (9):84-88.
- 本多健一郎 (2006) トマト黄化葉巻病と媒介コナジラミ, 防除法を巡る研究情勢と問題点. 野菜茶業研究集報. 3:115-122.
- 稲葉寿 (2007) 人口と感染症の数理. http://www.ms.u-tokyo.ac.jp/~inaba/inaba_koukaikouza_2007.pdf. 2007年数学公開講座「現象と数理」(2007年12月16日, 東京大学大学院数理科学研究科大講義室)
- 石井貴明・浦広幸・山村裕一郎・嶽本弘之 (2010) 福岡県のトマト栽培地域におけるタバココナジラミが媒介するトマト黄化葉巻病の主要感染時期の解明. 福岡農総試研報. 29:17-21.
- Kato K., M. Onuki, S. Fuji and K. Hanada (1998) The First Occurrence of Tomato Yellow Leaf Curl Virus in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Japan. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 64:552-559.
- 加藤晋朗・鳥澤恵理子・吉田桂子・斉藤勝元・菅沼健二・飯田史生・藤晋一・福田至朗・深谷雅博 (2008) トマト黄化葉巻ウイルスTomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)の伝搬経路の解明と育苗期を対象とした感染抑制技術の検討. 愛知農総試研報. 40:69-76.
- 北村登史雄・飯田博之・大西純・本多健一郎 (2009) 獲得吸汁時間に応じたTomato yellow leaf curl virus成虫保毒率とトマトへの媒介率の増加に関するタバココナジラミバイオタイプB,Q間の比較. 関西病虫研報. 51:81-83.
- 久保周子・大井田寛・清水喜一・津金胤昭・野々宮弘明・風戸治子・中臺敬子・竹内妙子 (2007) 千葉県におけるトマト黄化葉巻病の発生動向. 関東病虫研報. 54:55-60.
- Lapidot M., M. Friedmann, M. Pilowsky, R. Ben-Joseph and S. Cohen (2001) Effect of Host Plant Resistance to Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) on Virus Acquisition and Transmission by Its Whitefly Vector. *Phytopathology* 91:1209-1213.
- 松浦明・田村真理子・志摩五月 (2005) シルバーリーフコナジラミに対する防虫ネットの目合いと侵入防止効果との関係. 九病虫研会報. 51:64-68.
- 松浦明 (2006) 宮崎県におけるタバココナジラミバイオタイプQの発生と防除対策. 今月の農業. 50(2):57-61.
- 水越小百合・福田充・中山喜一・深澤郁男・石原良行・山城都 (2007) 促成栽培トマトにおける蒸し込み処理によるコナジラミ類 (タバココナジラミ, オンシツコナジラミ) の防除. 関東病虫研報. 54:109-112.
- 村元靖典・沢野定憲 (2004) ガラス繊維濾紙を利用した植物からの迅速・簡便・低コストなDNA抽出法. 関東東海北陸農業研究成果情報 (生物工学会部会):6.
- 大矢武志・植草秀敏 (2009) タバココナジラミバイオタイプQによるトマト黄化葉巻ウイルス伝播に対する育苗期薬剤処理の防除効果. 関東病虫研報. 56:133-135.
- 大井田寛・津金胤昭・久保周子・草川知行・清水喜一・野々宮弘明・風戸治子・中臺敬子 (2007) 千葉県におけるタバココナジラミバイオタイプQの発生状況及び物理的防除法の検討. 関東病虫研報. 54:143-150.
- 大井田寛・津金胤昭 (2008) 千葉県におけるタバココナジラミバイオタイプQ成虫の薬剤感受性. 関東病虫研報. 55:155-158.
- 大井田寛・津金胤昭・竹内妙子 (2009) タバココナジラミバイオタイプQ成虫の生存に及ぼす高温の影響. 千葉農林総研研報. 1:29-36.
- 大貫正俊・小川哲治・加藤公彦・花田薫 (1997) 長崎県のトマトに発生したジェミニウイルスの塩基配列. 日植

病報. 63:482. (講要)

- Polston J.E. and R.J. McGovern (1999) Introduction of Tomato Yellow Leaf Curl Virus in Florida and Implications for the Spread of This and Other Geminiviruses of Tomato. *Plant Disease* 83:984-988.
- Polston J.E. and M. Lapidot (2007) Manegement of tomato yellow leaf curl virus : US and Israel perspectives. In: *Tomato Yellow Leaf Curl Virus Disease: Management, Molecular Biology, Breeding for Resistance* (Czosnek H. ed.). pp.251-262.
- 津金胤昭・大井田寛・久保周子・清水喜一 (2007) マルチプレックスPCRを応用したタバココナジラミバイオタイプQ, バイオタイプBおよびオンシツコナジラミ判別法の開発. 関東病虫研報. 54:159-164.
- 内川敬介・小川恭弘 (2005) トマト黄化葉巻病の病原ウイルスおよび媒介虫の生態解明に基づいた防除. 長崎総農林試研報. 31:29-81.

Influence of the Presence of TYLCV-diseased Tomato Plants on Disease Spread, and Effect of Removal of Diseased Plants

Reiko KOZUKA, Hiroshi OIDA, Chikako KUBO, Tatsuya SUZUKI and Shingo USHIO

Key words : control, diseased tomato plant, source of infection, *tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV)

Summary

1. We investigated the spread of *tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) in two adjacent greenhouses where first occurrences of TYLCV had been discovered at about the same time. In one greenhouse each diseased tomato plant was removed as soon as it was found, whereas in the other the diseased tomato plants were not removed for about 3 months. In the greenhouse where diseased tomato plants were removed as soon as practicable after they were found to be diseased, TYLCV spread only slightly, and at the end of cultivation 1% of tomato plants had developed symptoms. In the other greenhouse the number of diseased tomato plants continued to increase, and at the end of cultivation 8% of tomato plants had developed symptoms.
2. We investigated the transmission of TYLCV in a greenhouse in which 1.5% of planted tomato seedlings were replaced with TYLCV-infected ones. Diseased plants were recognized around the infected seedlings about 1 month after planting, and their numbers increased exponentially with time. At 124 days after planting, 26% of tomato plants had developed symptoms and a total of 36% of tomato plants were infected (including latent infections). The whitefly density was relatively low throughout the investigation period, even at the time of highest density (0.7 to 1.0 adults per 3 compound leaves).