

トマト栽培地帯におけるトマト黄化葉巻ウイルスの伝染環および 媒介昆虫タバココナジラミの発生推移

Infection Cycle of *Tomato yellow leaf curl virus* and Seasonal Prevalence of *Bemisia tabaci*, Insect Vector of TYLCV, in Tomato Cultivated Area.

行徳 裕・古家 忠・江口武志

Yutaka GYOUTOKU, Tadashi FURUIE and Takeshi EGUCHI

要 約

熊本県の促成栽培トマトハウスおよび周辺雑草地でトマト黄化葉巻ウイルス (TYLCV) および媒介昆虫であるタバココナジラミの発生を調査した。タバココナジラミは施設内で越冬し、5～6月の栽培終了時期を中心にハウス外に移動する。周辺の雑草で増殖、一時的に生息した個体は8～9月を中心に定植直後のトマトハウスに侵入して再び越冬する。一方、野外雑草における感染率は低く、TYLCVの主な伝染源はトマトであった。したがって、前作から次作の間隔が短い促成栽培トマト産地では、保毒虫が前作のトマトハウスから次作のトマトハウスへTYLCVを伝搬することで、産地内の伝染環がつながっていると考えられた。

キーワード：トマト，黄化葉巻病，TYLCV，伝染環，タバココナジラミ，発生推移，媒介昆虫

I 緒言

トマト黄化葉巻病はTYLCV (*Tomato yellow leaf curl virus*) を病原とするウイルス病である。本病害は、1964年にイスラエルで初めて発生が確認され、その後地中海周辺部から熱帯、亜熱帯を中心に発生地域が拡大した。日本では、1996年に静岡、愛知、長崎の3県で発生し、熊本県では1999年9月に侵入が確認された¹⁾。発生地域は年々拡大しており、2007年現在、北陸、北東北、北海道を除く32都府県で発生が確認されている。

TYLCVに感染したトマトは上位葉が黄化し葉巻症状を呈する。症状が進むと、新葉が萎縮および叢生して新梢伸長が停止するため、着花および着果が不良となり収穫量が減少する。減収の被害は栽培期間が長い作型ほど大きい。熊本県では8～10月に定植し、翌年の5～6月まで収穫される長期栽培トマトの栽培面積が広く、深刻な被害が発生している。

TYLCVはタバココナジラミ *Bemisia tabaci* によって永続媒介される虫媒伝染性ウイルスである²⁾。ウイルス自体に有効な防除手段はなく、伝染環を断ち切りトマトへの感染頻度を低下させる方法が基本的かつ効果的である。伝染環の切断には、感染植物の除去や媒介虫の防除が有効である。しかし、日本国内におけるTYLCVの感染植物に関する知見は少ない。また、タバココナジラミの発生生態についての知見はあるものの³⁾、TYLCVの感染との関係について調査した事例はない。そこで、

TYLCVの防除技術を開発するため必要な基礎資料を得るため、熊本県内の促成トマト栽培地帯において感染植物を含むTYLCVの伝染環およびトマト栽培ほ場を中心としたタバココナジラミの生活環について調査した。

II 材料及び方法

1 TYLCVの伝染環の解明

1) 自然感染植物の探索

自然感染する雑草の有無を明らかにするため、第1表に示した地点で、ハウスの内部および周辺に自生する雑草の生長点を採集し、大貫のPCR方法⁴⁾にしたがいTYLCV感染の有無を判定した。

2) 発生地域のトマトおよび雑草に寄生するタバココナジラミのTYLCV保毒状況

第2表に示した地点に自生する雑草および栽培トマトから採集したタバココナジラミ成虫を未感染のトマト苗(品種：'ハウス桃太郎')を収容したウンカ用飼育箱(長さ30cm, 幅25cm, 高さ28cm)に放飼した。接種後14日以上経過した時点で、飼育箱内のトマトから新葉を切り取り、感染の有無をPCR法で検定した。

3) 経卵伝染の確認

第3表に示した採集時期や採集場所が異なるTYLCV3分離株をトマト苗(品種：'ハウス桃太郎')に接種した。

発病したトマトをウンカ・ヨコバイ用飼育箱に入れ、第4表に示した採集時期や採集場所が異なるタバコナジラミ3個体群の成虫を放飼した。試験したTYLCVとタバコナジラミの組み合わせは第8表に示した。放飼3日後、タバコナジラミ成虫を吸虫管を用いて回収し、キャベツ苗または発根させたキャベツ葉に接種し、2日

第1表 調査ハウスの所在と黄化葉巻病発病株率

番号	採集場所	黄化葉巻病株率 及び(採集年次)
1	三角町大口ハウス1内部	50%以上(2000)
2	" 周辺	-
3	三角町大口ハウス2内部	30%以上(2000)
4	熊本市沖新町ハウス1内部	約1%(2000)
5	熊本市沖新町ハウス2内部	約1%(2000)
6	" 周辺	-
7	熊本市海路口ハウス1内部	90%以上(2001)
8	熊本市海路口ハウス2内部	70%以上(2001)
9	" 周辺	-
10	熊本市沖新町ハウス内部	70%以上(2001)
11	" 周辺	-
12	八代市郡築ハウス内部	約5%(2001)
13	合志町栄ハウス周辺	-
14	熊本市海路口ハウス周辺	-

第2表 TYLCV保毒調査に使用したタバコナジラミの採集場所と植物、採集頭数

採集年月日	採集場所	採集植物	採集頭数
2002/6/6	熊本市海路口町	セイタカアワダチソウ	17
2002/6/16	熊本市沖新町	セイタカアワダチソウ およびアキノノゲシ	7
2002/8/13	熊本市沖新町	クズ	35
2002/8/13	熊本市沖新町	ノゲシ	46
2002/8/27	熊本市海路口町	トマト (黄化葉巻発生ハウス内)	18
2002/9/10	熊本市沖新町	クズ	37
2002/9/25	熊本市沖新町	クズ	107
2002/10/1	熊本市海路口町	クズ	25
2002/10/9	熊本市沖新町	クズ	127
2002/10/22	熊本市沖新町	クズ	54
2003/4/28	熊本市海路口町	トマト (黄化葉巻発生ハウス内)	21
2003/5/14	熊本市海路口町	トマト (黄化葉巻発生ハウス内)	10

第3表 供試したTYLCVの採集年月、採集地点および寄主植物

分離株名	採集年月	採集地点	寄主
TY-1	平成13年12月	三角町大口	ミニトマト
TY-2	平成14年1月	熊本市海路口町	トマト
TY-3	平成14年9月	熊本市海路口町	トマト

第4表 供試したタバコナジラミの採集年月、地点、寄主

個体群名	採集年月	採集地点	寄主
SW-1	平成3年	合志町農研センター	不明
SW-2	平成14年9月	熊本市海路口町	トマト
SW-3	平成14年10月	熊本市海路口町	クズ

以上産卵させた後、取り除いた。孵化した幼虫はキャベツで飼育し、羽化した次世代タバコナジラミ成虫を未感染のトマト苗(品種'ハウス桃太郎')に1株当たり約10頭接種した。接種14~28日後にトマト苗におけるTYLCV感染の有無をPCR法で検定した。

4) TYLCVの感染から発病までに必要な期間

感染からPCR法で検出が可能となるまでの期間および発病までの期間、接種圧がこれらの期間に与える影響について調査した。育苗用ポット(直径9cm)に移植した2葉期のトマト苗(品種:'ハウス桃太郎')を供試した。

接種圧は、タバコナジラミの寄生虫数が多いほど高いと考えられる。ニテンピラム粒剤を処理してタバコナジラミの寄生密度を下げることで、接種圧を調節した。ニテンピラム粒剤の処理は、鉢上げ時に苗の株元へ混和する鉢上げ時処理とニテンピラム粒剤を混和した床土をポットに入れ定植する床土混和处理で行った。処理量は、鉢上げ時処理が2g/ポット、床土混和处理が5g/床土1Lであった。ニテンピラム粒剤の鉢上げ時処理、床土混和处理および無処理苗を各12株用意した。

TYLCVは以下の方法で接種した。熊本県農研センターの人工気象室(25℃, 14L10D)の内壁沿いにトマト黄化葉巻病発病トマト8株を等間隔に配置し、媒介虫の発生源としてタバコナジラミが寄生したキャベツ苗1株を室内中央に置いた。2~3日後に各処理苗を人工気象室内に持ち込み、発病トマト株の内側にランダムに配置した。搬入10日後に寄生しているタバコナジラミをピリダベンフロアブル1,000倍で殺虫し、別の人工気象室(25℃, 14L10D)に収容した。

接種開始10日後、20日後、31日後、42日後に発病有無を肉眼で、感染の有無をPCR法で調査した。また、接種終了時に各株2複葉に寄生するタバコナジラミ成虫数を調査した。

5) トマトの品種別罹病性

第9表に示した42品種を供試品種としてTYLCVに対する罹病性を検討した。TYLCVの接種は4)TYLCVの感染から発病までに必要な期間と同じ方法で行った。接種終了時および7日後、14日後に病徴の有無を、14日後には感染の有無をPCR法で供試した全株を対象に調査した。各供試品種は2~13株を供試した。

大玉トマトの'サターン'、ミニトマトの'サンチェリーエキストラ'および海外の抵抗性品種'DRW3828'、'DRW6783'の4品種の罹病性を評価するため、その感染率を'ハウス桃太郎'と比較した。各供試品種と'ハウス桃

太郎'の4～5葉期苗を各40株用意し、4)TYLCVの感染から発病までに必要な期間と同じ方法でTYLCVを接種した。試験は、供試品種1品種と'ハウス桃太郎'の組み合わせで行い、人工気象室内に両品種を1株ずつ交互になるよう収容した。全供試株について、接種終了時および10, 20, 30日後に病徴の有無を、接種終了30日後にTYLCV感染の有無をPCR法で調査した。

6)TYLCVの感染時期がトマトの収量に及ぼす影響

育苗期および第2花房、第3花房開花期にTYLCVを接種して、感染がトマトの開花および収量に及ぼす影響について検討した。試験には、'ハウス桃太郎'を供試し、熊本県農業研究センターのガラス網室(最低気温設定15℃)で実施した。供試株は2003年1月27日に播種し、第1果房が開花した3月3日(育苗期接種区は3月15日)にコンテナ(長さ53cm,幅35cm,深さ29cm)へ移植した。各処理区4株を供試し、コンテナ当たり2株とした。

育苗期の接種は、4)TYLCVの感染から発病までに必要な期間と同じ方法を用いた。第2および第3花房開花期の接種は、対象花房の開花初日に対象花房の下位1葉目または花房と同位の1複葉を捕虫網で覆い、黄化葉巻病発病トマトで飼育したタバココナジラミ成虫を5頭ずつ放飼した。放飼10日後に接種葉の葉柄を切断し、接種を終了した。

接種終了後から1～3日間隔で発病の有無および各花房毎の着蕾数、開花数、落花数、着果数を調査した。着果させるため、各調査時に開花した花に4-CPA液剤を処理した。また、脇芽は除去し、果実を正常に肥大させるため6果以上着果した花房では、大きい果実を5果残り他の果実は切除した。

2 タバココナジラミの生活環の解明

1) トマト栽培ハウスにおけるタバココナジラミおよびトマト黄化葉巻病の発生推移

2001～02年作は熊本市海路口町(定植時期:8月上旬)、三角町大口(同:9月下旬)、玉名市五反田(同:10月上旬)の3ハウス、2002～03年作は熊本市海路口町(同:8月上旬)、熊本市沖新町(同:8月下旬)、八代市八千把(同:8月上旬)、八代市揚町(同:9月上旬)の4ハウスを調査ハウスとした。

各調査ハウス内から60～100株を選び、各株の上位、中位および下位の1複葉に寄生するタバココナジラミ成虫数および4齢幼虫数を調査した。また、発病の有無について、全株を対象に調査した。調査は、定植直後から収穫が終了するまで概ね2週間間隔で行った。

2) トマト栽培ハウス周辺におけるタバココナジラミの発生推移

熊本市海路口町(8月上旬定植2001～04年調査)、熊本市沖新町(8月下旬定植2002～04年調査)、三角町大口(9月中旬定植2001～02年調査)および八代市揚町(9月上旬定植2002～04年調査)のハウス1棟を選び調査ハウスとした。

調査ハウスの4辺の外側に黄色粘着トラップ(ITシート、10×10cm,片側平板)を設置し、コナジラミ類誘殺数を1～2週間毎に調査した。

3) 周辺雑草におけるタバココナジラミの発生推移

2001年は熊本市海路口町、三角町大口、八代市揚町の3地点、2002～03年は熊本市海路口町、熊本市沖新町、八代市揚町の3地点で、ハウス周辺に自生する雑草を対象に、タバココナジラミ成虫および4齢幼虫の寄生の有無を見取り法で調査した。また、2002年に熊本市海路口町、熊本市沖新町、八代市揚町の3地点でセイタカアワダチソウおよびアキノノゲシ、クズ群落を選び、各雑草に寄生するタバココナジラミ成虫および4齢幼虫数を見取り法で調査した。セイタカアワダチソウは50茎を、アキノノゲシは20茎を、クズは30複葉を調査規模の上限とした。

4) タバココナジラミの野外における活動可能時期

2001年は熊本市海路口町、三角町大口、2002～03年は熊本市海路口町、熊本市沖新町、八代市揚町のハウス各1棟を調査ハウスとした。

各調査ハウスの4辺の外側に黄色粘着トラップ(ITシート、10×10cm,片側平板)を設置し、コナジラミ類の誘殺数を調査した。また、熊本県農業技術システムのメッシュ気候図でコナジラミ類の誘殺数が減少し始める10～12月の調査地点における気温を求めて誘殺数との関係を検討した。

III 結果及び考察

タバココナジラミは生態の異なる多数のバイオタイプを含む種複合体であり、日本には土着個体群であるバイオタイプ JpL⁵⁾ および沖縄個体群⁶⁾ と侵入個体群であるバイオタイプ Q⁷⁾ およびバイオタイプ B (=シルバーリーフコナジラミ *B. argentiforii*)⁸⁾ の4バイオタイプが分布している。トマトに寄生するバイオタイプは、QおよびBである。熊本県では、1990年にバイオタイプB、2004年秋期にバイオタイプQの侵入⁷⁾を確認している。本報告は2000年～2004年6月までの調査結果を取りまと

めたものである。したがって、調査対象のタバコナジラミはバイオタイプ B またはバイオタイプ B が優占するタバコナジラミ個体群と考えられた。

TYLCV には遺伝的に異なる複数の系統が存在する。日本では TYLCV-Is および TYLCV-Mid の 2 系統が分布している⁹⁾。熊本県を含む九州で確認されている系統は TYLCV-Is のみである。したがって、本試験で接種に使用した TYLCV および調査地域で発生した TYLCV はいずれも TYLCV-Is である。

1 伝染環の解明

1) 自然感染植物の探索

調査地点から採集した雑草のリストを第 5 表に示した。TYLCV は、調査した 6 科 14 種の雑草のうちウシハコベ、エノキグサ、タカサブロウ、ノゲシ、ノボロギク、ホソバツルノゲイトウ、センナリホウズキから検出された。大貫ら¹⁰⁾はウシハコベおよびエノキグサが TYLCV の自然感染植物であること、善ら¹¹⁾は接種試験でノゲシに TYLCV が感染することを報告している。タカサブロウ、ノボロギク、ホソバツルノゲイトウおよびセンナリホウズキへの TYLCV 感染は報告がなく、自然感染植物であることが新たに確認された。

TYLCV が検出された雑草について調査毎の調査株数と PCR 陽性株数を第 6 表に示した。20 検体以上供試したウシハコベ、エノキグサ、タカサブロウおよびノゲシについて検出率 (検出株数/調査株数×100) を求めた。各雑草の検出率は順に 8.7%, 2.2%, 30.4%, 11.1%であった。ハウス周辺から採集されたウシハコベ、エノキグサ、タカサブロウで TYLCV が検出された株は各 1 株であり、これらの 3 種雑草はハウス周辺での感染頻度が低いと推察された。ノゲシは他の 3 種雑草に比べて検出率が高く、ハウス周辺の異なる 3 地点で自然感染が確認さ

第6表 各種雑草の各採集場所¹⁾における感染状況

種類	採集場所	採集年/月/日	PCR陽性株/検体数
ウシハコベ	1	2000/11/14	6/20
	2	"	0/20 ※ ²⁾
	3	"	0/20
	4	2000/11/21	0/7
	5	"	0/15
	6	"	0/15 ※
	7	2001/10/30	1/17
	9	"	1/3 ※
	10	"	1/16
		小計	
エノキグサ	2	2001/08/20	0/4 ※
	9	"	1/5 ※
	12	2001/09/11	0/5
	9	2001/09/19	0/6 ※
	2	2001/09/27	0/9 ※
	9	"	0/7 ※
	9	2001/10/30	0/4 ※
	11	"	0/5 ※
	2	2001/10/31	0/1 ※
	小計		1/46
ノゲシ	14	2001/09/27	1/1 ※
	14	2001/10/03	0/2 ※
	14	2001/10/10	0/2 ※
	1	2001/10/18	0/6
	9	2001/10/30	3/8 ※
	11	"	3/4 ※
	小計		7/23
タカサブロウ	12	2001/09/11	3/10
	2	2001/09/27	0/7 ※
	14	"	0/7
	7	2001/10/30	0/7
	11	"	1/5 ※
	小計		4/36
ノボロギク	13	2001/11/20	1/2 ※
ホソバツルノゲイトウ	10	2001/10/30	2/2
センナリホウズキ	13	2001/11/20	0/3 ※
	13	2001/11/26	1/2 ※

¹⁾ 採集場所は第1表に示した。²⁾ ハウス周辺に自生。

れており、野外における感染源となる可能性がある。

ホソバツルノゲイトウおよびセンナリホウズキから TYLCV が検出されたが、採集株数や採集地点数が少ないため感染源としての評価はできなかった。

2) 発生地域のトマトおよび雑草に寄生するタバコナジラミの TYLCV 保毒状況

トマトハウス内および周辺の雑草地から採集したタバコナジラミ成虫による TYLCV 媒介の有無を第 7 表に示した。黄化葉巻病が発生するトマトハウス 3 棟から採集したタバコナジラミ成虫を接種したトマト苗に TYLCV が感染した。この結果は、ハウス内に TYLCV 保毒タバコナジラミが生息していることを示している。一方、黄化葉巻病が発生するハウス周辺の雑草地からタバコナジラミ成虫を 6 ~ 10 月に 9 回、455 頭採集してトマトに接種したが、TYLCV の感染は確認できなかった。採集植物がクズやセイタカアワダチソウなど非感染植物であったため、野外の保毒状況を過小評価し

第5表 調査地点から採集した雑草の種類

科名	和名	学名
ナデシコ科	※ウシハコベ	<i>Stellaria aquatica</i>
	ノミノフスマ	<i>Stellaria alsina</i>
ナス科	イヌホウズキ	<i>Solanum nigrum</i>
	※センナリホウズキ	<i>Physalis angulata</i>
トウダイグサ科	※エノキグサ	<i>Acalypha australis</i>
ヒユ科	イヌビユ	<i>Amaranthus lividus</i>
	※ホソバツルノゲイトウ	<i>Alternanthera nodiflora</i>
アブラナ科	イヌガラシ	<i>Rorippa indica</i>
キク科	※タカサブロウ	<i>Eclipta prostrata</i>
	※ノゲシ	<i>Sonchus oleraceus</i>
	オノノゲシ	<i>Sonchus asper</i>
	※ノボロギク	<i>Senecio vulgaris</i>
	チチコグサモドキ	<i>Gnaphalium pensylvanicum</i>
	ペニバナボロギク	<i>Crassocephalum crepidioides</i>

※: TYLCV が検出された雑草種。

第7表 ハウス周辺およびトマトハウス内で採集したタバコナジラミによるTYLCV媒介の有無

採集年月日	採集場所	採集植物	感染/接種株数
2002/6/6	熊本市海路口町	セイタカアワダチソウ	0/1
2002/6/16	熊本市沖新町	セイタカアワダチソウ およびアキノノゲシ	0/1
2002/8/13	熊本市沖新町	クズ	0/3
2002/8/13	熊本市沖新町	ノゲシ	0/3
2002/8/27	熊本市海路口町	トマト (黄化葉巻発生ハウス内)	1/3
2002/9/10	熊本市沖新町	クズ	0/3
2002/9/25	熊本市沖新町	クズ	0/4
2002/10/1	熊本市海路口町	クズ	0/3
2002/10/9	熊本市沖新町	クズ	0/5
2002/10/22	熊本市沖新町	クズ	0/4
2003/4/28	熊本市海路口町	トマト (黄化葉巻発生ハウス内)	4/4
2003/5/14	熊本市海路口町	トマト (黄化葉巻発生ハウス内)	3/3

注：感染は、PCRによる検定で陽性となったトマト株数

ている可能性はある。しかし、1 試験当たり 25 ～ 105 頭接種してもトマト苗への感染が確認されないことは、ハウス周辺環境における TYLCV 保毒虫密度が一年を通じて低く推移していることを示唆している。

3) 経卵伝染の確認

熊本県内で採集した TYLCV3 分離株およびタバコナジラミ 3 個体群を用いて経卵伝染の有無を調査し、その結果を第 8 表に示した。4 つの組み合わせで試験を実施したが、次世代成虫による TYLCV の感染はなく、経卵伝染はないと判断される。

Ghanim et al.¹²⁾は、イスラエルで発生する TYLCV とタバコナジラミの組み合わせで経卵伝染することを確認している。しかし、日本国内で発生する TYLCV とタバコナジラミを用いて、加藤ら¹³⁾、善ら¹¹⁾および北村ら¹⁴⁾が試験を実施したが、いずれも経卵伝染は確認できなかった。今回の試験は加藤ら¹²⁾らの結果を支持しており、日本に発生する TYLCV とタバコナジラミに組み合わせで経卵伝染はないと判断できる。

第8表 採集時期、年次が異なるTYLCVとタバコナジラミ成虫の組み合わせによる経卵伝染の有無

TYLCV分離株	B. tabaci個体群	PCR陽性株/供試株
TY-1	SW-1	0/3
TY-2	SW-2	0/4
TY-3	SW-2	0/4
TY-3	SW-3	0/5

4) TYLCV の感染から発病までに必要な期間

接種終了時のタバコナジラミ寄生虫数はニテンピラム粒剤の鉢上げ時処理が 1.00 ± 0.67 頭/葉、培土混和処理が 0.83 ± 0.49 頭/葉、無処理が 6.79 ± 2.52 頭/葉と薬剤の有無で異なった。各試験区における PCR 陽性株率

および発病株の推移を第 1 図に示した。PCR で陽性と判断された株は、接種開始 42 日までに全て発病した。無処理の発病株率 100.0 % に対して、鉢上げ時処理は 45.0%、培土混和処理は 75.0%とニテンピラム粒剤処理により感染が抑制された。この結果は薬剤処理の有無および処理方法でタバコナジラミを減少させ、異なる感染条件を設定することが可能であることを示している。

PCR 陽性株は培土混和処理および無処理で接種開始 10 日後から、鉢上げ時処理で接種開始 20 日後から確認され、接種開始 20 日後以降、新たな PCR 陽性株は確認されなかった。全感染株に対する接種開始 10 日後の PCR 陽性株の割合は、鉢上げ時処理 0.0%、培土混和処理で 6.7%、無処理 75.0%と差が認められた。感染率が高い、すなわち感染圧が高いと考えられる区で PCR 検出時期が早い傾向が認められた。感染株の病徴初確認時期は、平均で鉢上げ時処理が 28.9 日後、培土混和処理 27.8 日、20.5 日と感染圧が高いほど病徴の初確認時期が早い傾向が認められた。

感染圧が低下すると TYLCV の PCR 法による検出時期や病徴初確認時期が遅くなることが明らかになった。ただし、低い感染圧であっても接種開始 20 日後には PCR 法で、同 30 日後には病徴による感染確認が可能である。

5) トマトの品種別罹病性

第 9 表に接種終了 14 日後の PCR 陽性株数および発病株数を示した。感染は全ての品種で、発病は'強力旭光'および'DRW3828'の 2 品種を除き確認された。未発病の 2 品種についても継続調査で発病が確認されており、全ての供試品種が感染、発病した。

接種終了 14 日後の調査で発病株数が少ないあるいは病徴が軽かった 4 品種 ('サターン', 'サンチェリーエキストラ', 'DRW3828', 'DRW6787') を選び罹病性を'ハウス桃太郎'と比較した。第 10 表に各品種の発病株率の推移と接種終了 30 日後の PCR 陽性株率を示した。'サターン'および'サンチェリーエキストラ'と'ハウス桃太郎'では、調査日別発病株率および PCR 陽性株率に差は認められなかった。'DRW3828'および'DRW6783'は'ハウス桃太郎'に比べて発病株率は低いが、PCR 陽性株率に差は認められなかった。

国内で販売されている主要なトマト 30 品種を供試したが、全ての品種で TYLCV の感染および黄化葉巻病の発病を確認した。また、同一条件で接種した場合、'ハウス桃太郎'と'サターン'または'サンチェリーエキストラ'と'発病株率の推移、感染株率に差はなく、国内で販売される主要な品種の間に明瞭な感受性差はないと考えら

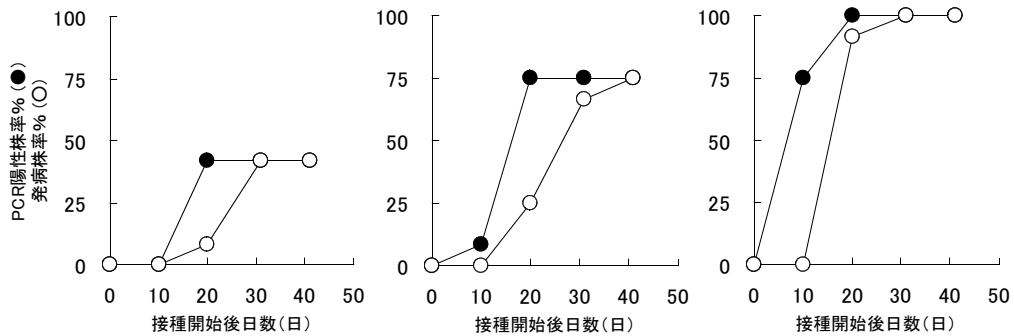
れる。'DRW3828'および'DRW6783'は海外で育成されたTYLCV抵抗性品種である。本県で発生しているTYLCV-Isに対しても病徴の発現を抑制したことから、両品種の持つTYLCV抵抗性遺伝子は日本においても利用が可能と考えられる。ただし、PCR陽性株率に差が認められないことから、感染源となる可能性があり、感染株からの保毒の有無について検討する必要がある。

6) TYLCVの感染時期がトマトの収量に及ぼす影響

TYLCVを異なる生育ステージのトマト'ハウス桃太郎'に接種した場合、接種開始から病徴発現までの期間は育苗期で24日、第2花房開花期感染で40日、第3花房開花期感染で52日であり、潜伏期間は植物の感染ステ

ジが早いほど短い傾向が認められた。

接種時期別の各花房の着花・果数および果実重量を第11表に示した。いずれの接種時期においてもTYLCVの感染で開花数、着果数が減少した。その程度は、植物の感染ステージが早いほど大きく、育苗期感染では第4花房から未開花となり、第2花房開花期感染では第5花房、第3花房開花期感染では第6花房開花期以降、開花数に対する着果数が低下した。感染株の1果重は健全株に比べて軽く、感染により果実の肥大量が低下する傾向が認められた。以上の結果から、TYLCV感染による減収は、着花および着果量の減少と果実肥大の不良が原因であることが示された。



第2図 10日間接種試験におけるトマト黄化葉巻病発症株率およびPCR陽性株率の推移
 左：ニテンピラム粒剤2g/株鉢上げ時処理，中：ニテンピラム粒剤5g/L培土混和処理，
 右：無処理

第9表 国内の主要なトマト品種および外国産数品種に対するTYLCV感染、黄化葉巻病発病の有無

品種名	発病/感染/供試株数	品種名	発病/感染/供試株数	品種名	発病/感染/供試株数
大型福寿	4/ 4/ 5	ほまれ144	2/ 7/ 7	MST-551	4/ 6/ 8
大型瑞光	4/ 4/ 4	ボンデローザ	4/ 4/ 4	SC9-147	3/ 3/ 4
甘太郎	5/ 5/ 5	みそら	3/ 3/ 5	サンロック	4/ 6/ 8
強力旭光	0/ 4/ 4	桃太郎ファイト	8/ 10/ 13	瑞星	3/ 4/ 4
強力麗玉	2/ 2/ 2	桃太郎8	4/ 4/ 5	ココ	3/ 6/ 10
サターン	1/ 8/ 8	ルネッサンス	3/ 3/ 5	サンチェリー250	1/ 7/ 10
秀美	8/ 8/ 10	麗容	4/ 4/ 5	ブリッツ	3/ 3/ 4
瑞栄	5/ 5/ 5	ろくさんまる	1/ 8/ 10	ミニスター	5/ 6/ 7
スーパー優美	3/ 7/ 7	DRK2103	5/ 8/ 9	ミニキャロル	3/ 3/ 3
大王	4/ 4/ 8	DRW3414	3/ 9/ 10	KY001	1/ 1/ 4
ハウス桃太郎	13/ 17/ 22	DRW3828	0/ 2/ 5	N013	2/ 2/ 4
ファーストアップ	4/ 4/ 5	DRW6783	4/ 8/ 8	NO.102	3/ 3/ 4
ファーストパワー	2/ 6/ 9	KG-415	2/ 5/ 6	不明(ドイツ品種)	3/ 5/ 6
福寿2号	1/ 8/ 10	MST-550	3/ 5/ 7		

注)接種終了14日後(接種開始24日後)に発病および感染の有無を調査した。

第10表 育苗期における数種トマト品種のTYLCV罹病性

試験番号	品種名	発病株率 (%)				感染株率 (%)
		接種終了時	10日後	20日後	30日後	
1	サターン	0.0	73.3	95.6	97.8	100.0
	ハウス桃太郎	0.0	64.4	88.9	97.8	100.0
2	サンチェリーエキストラ	0.0	0.0	53.8	67.5	72.5
	ハウス桃太郎	0.0	0.0	33.3	70.0	79.5
3	DRW3828	0.0	0.0	0.0	2.4	33.3
	ハウス桃太郎	0.0	12.0	24.0	30.0	32.0
4	DRW6783	0.0	0.0	13.2	10.3	97.4
	ハウス桃太郎	0.0	0.0	19.0	100.0	100.0

試験番号：異なる時期にハウス桃太郎を対象品種として4回接種試験を実施した。

第11表 TYLCVの感染ステージによる各花房の被害の差

感染ステージ	各花房の着果数と開花数 (着果数/開花数)						各果房の1果当たり重量(g)					
	第1	第2	第3	第4	第5	第6	第1	第2	第3	第4	第5	第6
育苗期	17/20	4/10	3/3	0/0	0/0	0/0	62.9	75.9	81.8	—	—	—
第2花房開花期	20/20	19/24	13/23	16/18	9/14	3/6	87.9	58.3	89.0	63.4	85.6	76.7
第3花房開花期	20/21	20/24	19/28	18/23	12/13	5/5	85.2	72.1	82.7	52.7	75.7	75.0
未感染	19/19	14/16	16/19	9/14	7/9	8/11	102.9	80.3	106.6	90.2	105.3	98.3

—：着果がなく計測できなかった。

今回の調査で、トマトハウス内および周辺の7種雑草からTYLCVが検出されたが、ノゲシを除く6種雑草の感染率は低かった。また、ハウス周辺の雑草地から採集されたタバココナジラミをトマトに接種してもTYLCVの感染は認められなかった。これらの結果は、雑草にTYLCVが感染する頻度や雑草からタバココナジラミがTYLCVを保毒する頻度が低いことを示している。感染が確認された雑草は、大きな群落を形成せず1株あるいは数株単位で自生する例が多い草種である。これらの雑草が感染源となる可能性はあるが、地域内の密度は低く感染源としての重要度は低いと考えられる。

国内でTYLCVの自然感染が確認されている作物は、トマト、トルコギキョウ¹⁵⁾およびピーマン(古家, 私信)の3種類である。ピーマンは植物体内のウイルス濃度が低く、タバココナジラミが保毒できないため感染源とならない¹⁶⁾。トルコギキョウが感染源となる知見はないが、地域内の栽培面積は狭く散在していることから、感染源となる可能性はあるものの重要度は低いと考える。一方、国内で栽培されているトマト品種はTYLCVに対して罹病性でタバココナジラミによる保毒も可能である。熊本県内の促成トマト産地では、一年を通して広い面積で栽培されており、最も一般的な感染植物であり、かつ重要な感染源と考えられる。

国内で発生しているTYLCVとタバココナジラミの組

み合わせでは経卵伝染しないことが明らかになった。このことは、TYLCVの感染に必要な保毒虫が発生するためには感染植物をタバココナジラミが吸汁する必要があることを示している。先に述べたとおり、トマト産地ではトマトが最も重要な感染植物と考えられることから、産地内のTYLCVは、タバココナジラミによって感染トマトから未感染株に伝播されることで伝染環につながっていると推察される。

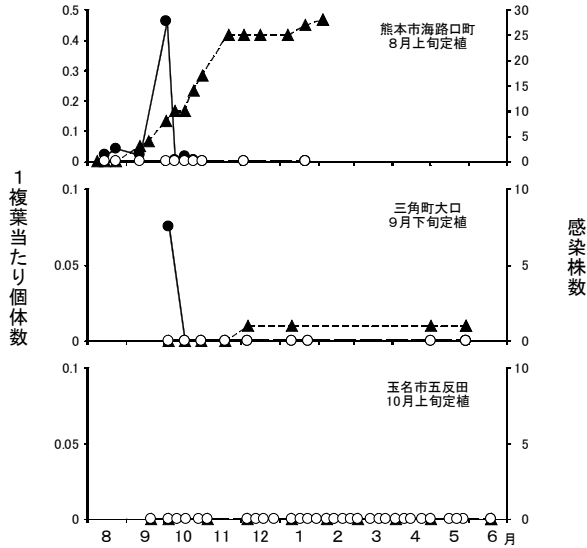
(2) タバココナジラミの生活環の解明

1) トマト栽培ほ場におけるタバココナジラミおよびトマト黄化葉巻病の発生推移

2001～02年作のタバココナジラミ密度と黄化葉巻病感染株率の推移を第3図に示した。8月上旬定植の熊本市海路口町および9月下旬定植の三角町大口のハウスでは定植直後から成虫の発生が認められたが10月中旬以降成虫および4齢幼虫の発生は低密度で推移した。黄化葉巻病発病株は熊本市海路口町ハウスでは定植1カ月後から、三角町大口ハウスでは定植2カ月後から認められた。いずれのハウスも感染株は定植から12月にかけて増加したが、その後の増加は小さかった。10月定植の玉名市五反田ハウスでは、タバココナジラミおよびトマト黄化葉巻病の発生は確認されなかった。

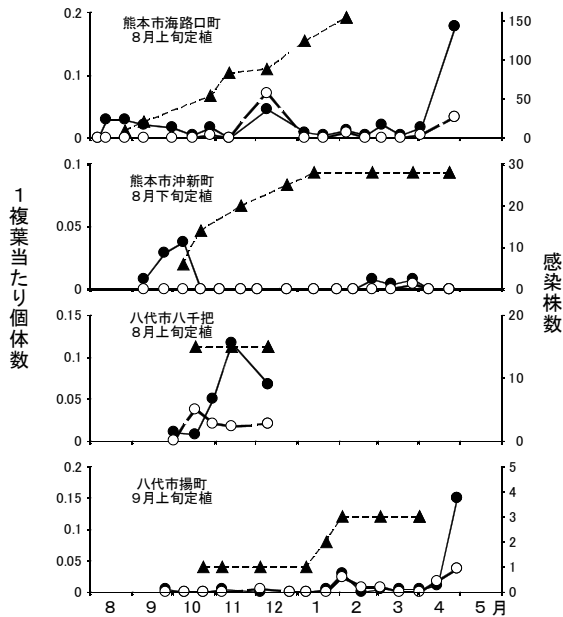
2002～03年作のタバココナジラミの密度およびトマ

ト黄化葉巻病感染株率の推移を第4図に示した。定植直後の調査がない八代市八千把を除く3ハウスでは定植直後からタバコナジラミ成虫が認められ、その密度は定植時期が早いほど高い傾向が認められた。熊本市海路口町ハウスでは栽培終了まで連続してタバコナジラミの発生が認められ、翌年の4月下旬の最も高くなった。一方、同沖新町および八代市場町ハウスでは冬期間低密度で推移し、翌年4月から密度が増加、八代市場町ハウスでは栽培期間で最も高い密度となった。黄化葉巻病発病株はいずれのハウスでも定植約1カ月後から確認され、



第3図 シルバーリーフコナジラミおよびトマト黄化葉巻病の発生推移 (2001-2002年)

● : 成虫, ○ : 4齢幼虫, ▲ 累積感染株数



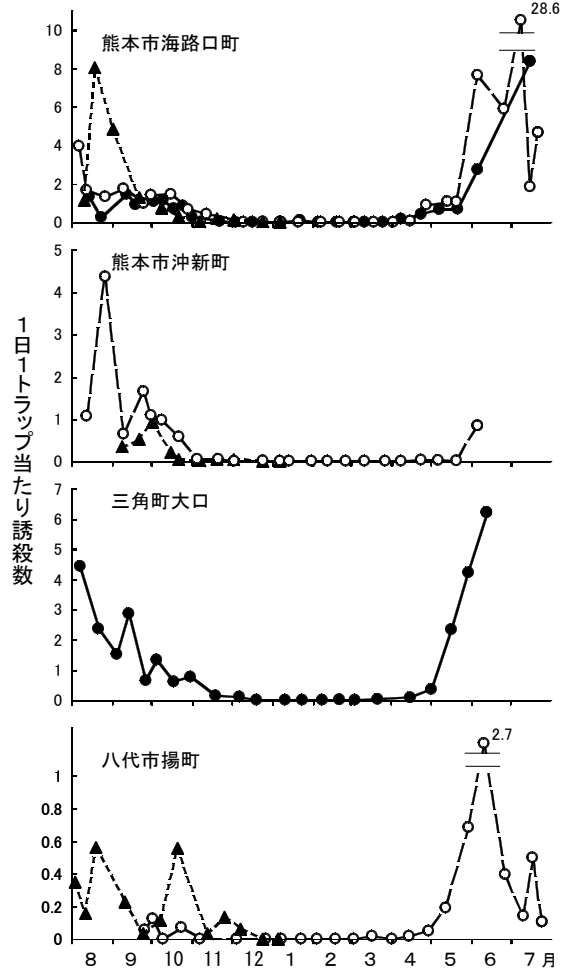
第4図 シルバーリーフコナジラミおよびトマト黄化葉巻病の発生推移 (2002-2003年)

図中の記号は第3図に同じ

12月まで増加した。また、発病株数は定植時期が早いほど高い傾向が認められた。

2001～02年作および2002～03年作の調査結果は同じ傾向を示した。すなわち、タバコナジラミの発生は定植直後から確認され、11月以降減少するが4月以降再び増加した。黄化葉巻病発病株は概ね定植1カ月後から確認され、12月まで増加した。また、定植時期が早いハウスほどタバコナジラミの密度が高く黄化葉巻病発病株数が多かった。

2) トマトハウス周辺におけるタバコナジラミ発消長
 トマトハウス周辺におけるコナジラミ類の誘殺数を第5図に示した。誘殺数は、地点や年次に関係なく8～9月に多く10月になると減少した。12月～翌年3月まではコナジラミ類の誘殺はほとんど確認されなかったが、4月下旬から増加し、促成栽培トマトの栽培末期である5



第5図 雑草におけるタバコナジラミ成虫および4齢幼虫の発消長

上段: セイタカアワダチソウ、中段: アキノノゲシ、下段: クズ, ○: 成虫, ▲: 4齢幼虫

～6月に急激に増加した。

IT シートの捕獲されたタバココナジラミとオンシツコナジラミは区別できないため、コナジラミ類と標記した。しかし、調査地域でのオンシツコナジラミの発生は極めて少なく、捕獲された個体のほとんどはタバココナジラミである。

3) 周辺雑草におけるタバココナジラミの発生

ハウス周辺に自生する 17 種の雑草におけるタバココナジラミ寄生の有無を第 12 表に示した。調査雑草のうち 8 種類の雑草でタバココナジラミ成虫の寄生が確認された。また、ノゲシ、セイタカアワダチソウ、クズおよびアキノノゲシの 4 種雑草では 4 齢幼虫の寄生も確認さ

れた。タバココナジラミ成虫の寄生は 4 ～ 11 月に、4 齢幼虫の寄生は 7 ～ 11 月に確認されが、12 月～3 月には成虫、4 齢幼虫の寄生は確認されなかった。

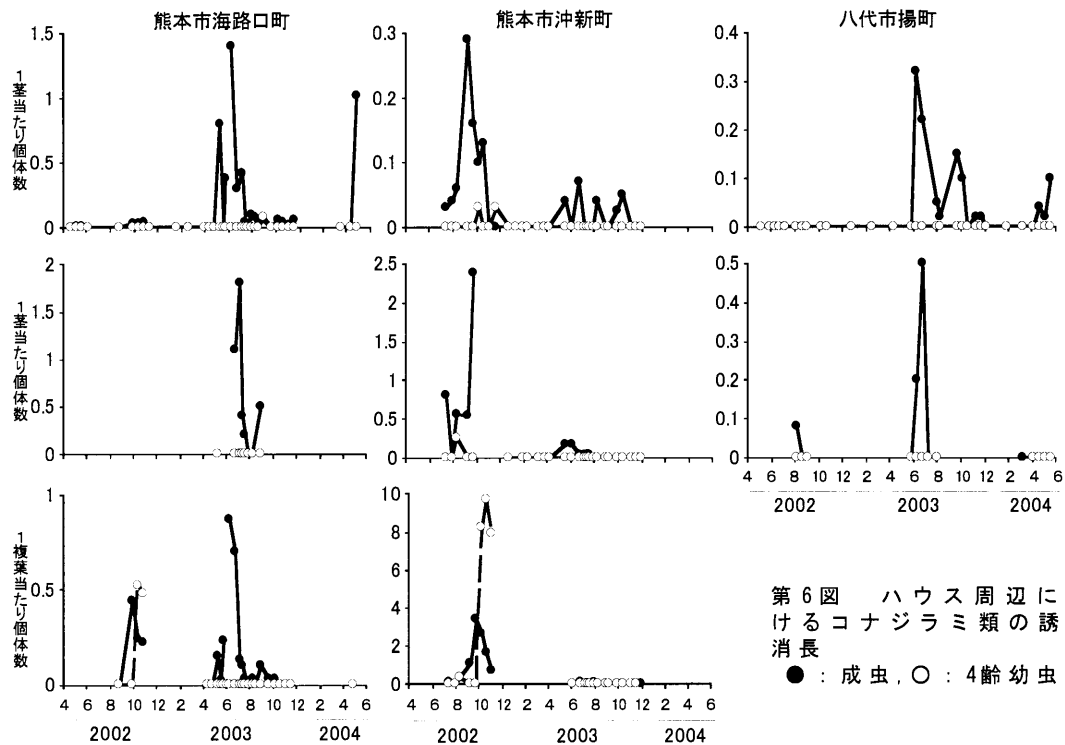
タバココナジラミ成虫および 4 齢幼虫の寄生が確認されたセイタカアワダチソウ、アキノノゲシおよびクズにおける寄生密度の推移を第 6 図に示した。いずれの雑草でも発生は 4 月下旬～5 月から確認され 10 月に終息した。また、寄生密度は、雑草種で明確な差はなく、いずれも 6 月と 8～9 月に高くなった。

セイタカアワダチソウはハウス周辺に群落として多くみられるが、ノゲシ、アキノノゲシおよびクズの群落は少なく、単独で自生している場合が多かった。このため、促成栽培トマト産地におけるハウス外の主なタバココナ

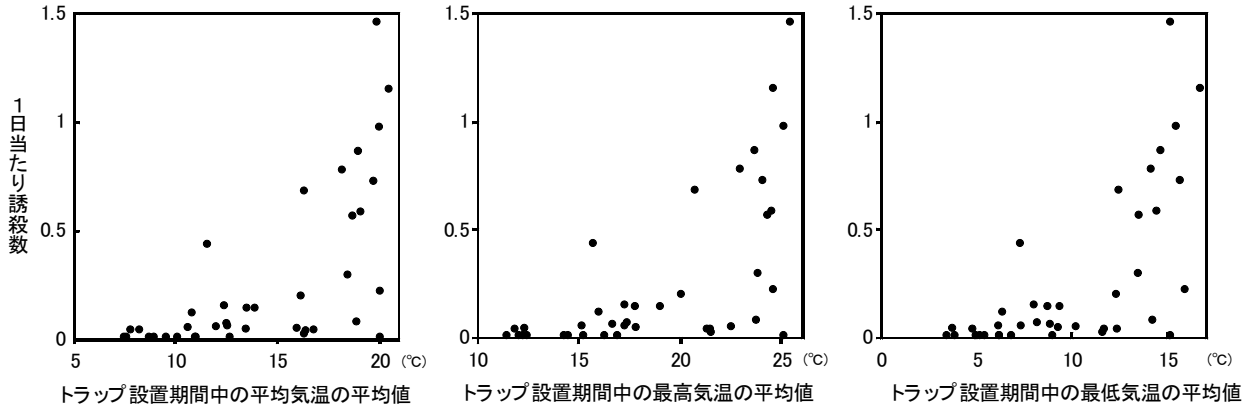
第12表 ハウスの周辺に自生する雑草上におけるタバココナジラミの寄生状況

雑草名	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
ノゲシ	—	—	×	—	A, P	—	A, P	A	×	×	×	×
エノキグサ	—	—	×	—	—	—	×	—	—	—	—	—
セイタカアワダチソウ	A	A	A	A, P	A	A, P	A, P	P	×	×	×	×
クズ	×	A	A	A	A, P	A	A, P	A, P	—	—	—	—
アキノノゲシ	×	A	A	A	A, P	A	A	—	×	×	×	×
オニタビラコ	—	—	—	—	—	—	A	—	—	—	—	—
ホトケノザ	—	—	—	—	—	—	A	—	×	—	—	—
マルバルコウ	—	—	—	—	—	—	A	—	—	—	—	—
ヤブマオ	—	—	—	—	×	—	A	—	×	—	—	—
ツユクサ	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—
ギシギシ	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—
オオアレチノギク	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—
ヒメムカシヨモギ	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—
ホソバアキノノゲシ	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—
チチコグサモドキ	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—
キュウリグサ	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—
イヌホオズキ	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—

注：A：成虫，P：4齢幼虫，×：寄生なし，—：未調査



第6図 ハウス周辺におけるコナジラミ類の誘殺消長
●：成虫，○：4齢幼虫



第7図 誘殺数とITシート設置期間の平均気温（左）、最高気温（中）、最低気温（右）との関係

ジラミ生息場所は、セイタカアワダチソウ群落と考えられる。

4) タバコナジラミの野外における活動可能時期

コナジラミ類の誘殺数と平均気温、最高気温および最低気温との関係を第7図に示した。いずれの地点、年次とも誘殺数は平均気温の低下にともない減少し、平均気温10℃以下、最高気温15℃以下、最低気温5℃以下になると概ね0頭になった。これらの気温は、11月上旬の気温に相当する。

促成栽培トマトハウス内のタバコナジラミ密度は、定植直後の8～9月および栽培終了期の4月以降に高まった。ハウス周辺における誘殺消長や雑草上の生息虫数もほぼ同じ傾向を示すことから、調査を実施した促成栽培トマト地帯では、8～9月および4～6月に本種の密度が高まることが明らかとなった。

タバコナジラミは国内で野外越冬できないことが明らかにされており³⁾、秋から翌春まで栽培されるトマトハウスを含むハウス内で越冬する。ハウス内で越冬したタバコナジラミは、ハウス内の温度が高まる4月以降ハウス内で増殖する。4月以降ハウス周辺に設置した粘着トラップへの誘殺数が増加することや雑草における寄生が5月以降に増加することは、ハウス内で増殖した個体が野外に分散して周辺の雑草で増殖することを示している。

古家¹⁷⁾や杖田¹⁸⁾らは、栽培終了時にハウスも密閉することでトマト株が枯死し、寄生しているタバコナジラミが一斉にトマト株から離脱することを明らかにしている。ハウス周辺に設置されたトラップへの誘殺数は促成栽培トマトの栽培が終了し株が処分される5～6月に最も多くなり、雑草におけるタバコナジラミ密度も急速に増加する。これらの調査結果は、栽培終了時にト

マトから離脱したタバコナジラミがハウス外に分散し、周辺の雑草あるいは露地野菜へ移動することを示している。

8～9月に定植される促成栽培トマトでは、定植直後からタバコナジラミに発生が認められる。この時期、雑草のタバコナジラミ密度は高く、ハウス周辺のトラップへの誘殺数も多いことから、雑草で増殖したあるいは一時的に生息したタバコナジラミが定植直後からトマトハウス内に侵入、定着していると考えられる。9月以降、雑草のタバコナジラミ密度が低下するとともにハウス周辺のトラップへの誘殺数が減少することや定植時期の遅いトマトハウスにおける定植直後の低いタバコナジラミ密度はこの考えを支持している。

これらの結果から、促成栽培トマト地帯におけるタバコナジラミ個体群は、ハウス内で越冬し、栽培が終了する5～6月を中心に野外に分散、翌作のトマトが定植される8月以降に再びトマトハウスに移動するという生活環で密度を維持していると考えられる。

ウイルス病に対して効果の認められる薬剤はなく、被害を軽減するためにはウイルスの生態に基づく防除対策を講じることが重要である。TYLCVは虫媒および接ぎ木でのみ感染するウイルス病である。ウイルスの感染には感染植物と媒介昆虫であるタバコナジラミが必要であり、両者の接触機会を減少させることで、被害の拡大を防止することができる。

TYLCVは寄主範囲が比較的狭いウイルスである。今回の調査で7種の自然感染雑草が確認されたが、その感染頻度は低く、トマト産地の主な感染植物すなわち伝染源はトマトであった。TYLCVの伝染環は、タバコナジラミによってトマトからトマトへ媒介される単純な系であると考えられる。また、トマトおよびタバコナジラミは野外で越冬できないため、TYLCVとタバコナ

ジラミはトマトが栽培されるハウス内で越冬している。これらのことから、TYLCVの伝染環は、「ハウス内で越冬したTYLCVが、タバココナジラミによって野外に持ち出され、8月以降に定植されるトマトハウスに再び持ち込まれ越冬する」と推察される。

得られた結果から、伝染環を切断する方法として保毒虫の野外への分散と野外からの侵入を防止する方法が考えられる。害虫の侵入防止資材として防虫ネットが使用されている。防虫ネットは、タバココナジラミの通過を、目合い0.8mm以下で抑制し、目合い0.4mm以下で防止できることが知られており¹⁹⁾、ハウス開口部に設置することで、タバココナジラミのハウス内への侵入あるいはハウス外への分散を抑制することが可能である。また、栽培終了時のハウス密閉処理は、ハウス内が高温となりハウス内のタバココナジラミが死滅させるため、その分散を抑制することができる^{17),18)}。

TYLCVの主な感染源はトマトである。国内で発生するTYLCVとタバココナジラミの組み合わせでは経卵伝染が確認されていないことから、野外にトマトが栽培されない場合、タバココナジラミがTYLCVを獲得する機会を失い、保毒虫率が低下すると考えられる。タバココナジラミ成虫の平均生存期間は作物によって異なるが概ね20～30日である²⁰⁾。したがって、前作から次作までの期間をタバココナジラミ成虫の生存期間より長くすることで、伝染環を切断できると考えられる。調査においても定植時期が遅いハウスほどトマト黄化葉巻病の発病株数が少ない傾向が認められている。

伝染環を切断するために実施する、保毒虫を野外に出さないあるいはトマトの非栽培期間を確保するという方法は、産地全体での実施が必要である。黄化葉巻病の被害を軽減していくためにはタバココナジラミに対する薬剤防除など個々の農家が実施するだけでなく、地域あるいは地区で協力しながら防除対策を実施する組織作りが必要と考える。

本研究は2001年から2003年までの3カ年間で、農林水産省先端技術等地域実用化研究促進事業（農林水産技術実用化型）として熊本県、長崎県、福岡県の3県で取り組んだ結果である。

IV 引用文献

1) Kato, K., M. Onuki, S., Fujii and K. Hanada (1998) The first occurrence of *Tomato yellow leaf curl virus* in Japan. *Ann. Phytopathol. Soc. Jap.*, 64 : 552-559.
 2) Mehta, P., Wyman, J., Nakhla, M. K. and Maxwell, D. P. (1994) Transmission of *Tomato yellow leaf curl Geminivirus* by

Bemisia tabaci. *J. Econ. Entomol.* 87 : 1291-1297.
 3) 農林水産技術会議事務局 (1996) タバココナジラミの防除に関する研究. pp 80 農林水産省.
 4) 大貫正俊・小川哲治・内川啓介・加藤公彦・花田薫 (2004) 九州で発生したトマト黄化葉巻ウイルスの分子的特徴とその特異的検出. 九沖農研報告 44 : 55-77.
 5) 上田重文・北村登史雄・本多健一郎・上宮健吉・貴島圭介 (2007) 日本のタバココナジラミ在来系統パイオタイプ種の解明およびその分布域. 第 51 回応動昆講要 91.
 6) Lee, M. L. and P. J. De Barro (2000) Characterization of different biotype of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera; Aleyrodidae) in South Korea based on 16S ribosomal RNA sequence. *Korean J. Entomol.* 30: 125-130.
 7) Ueda, S. and J. Brown (2006) First report of the Q biotype of *Bemisia tabaci* in Japan by mitochondrial cytochrome oxidase I sequence analysis. *Phytoparasitica* 34: 405-411.
 8) 松井正春 (1995) タバココナジラミ新系統（仮称シルバーリーフコナジラミ）の発生とその防除対策. *植物防疫* 49 : 111-114.
 9) 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.
 10) 大貫正俊・行徳裕・森山美穂・竹下佐和子・横山威・花田薫 (2001) トマト黄化葉巻ウイルスの自然感染植物として新たに見いだされた2種雑草. *九病虫研会報* 47:163.
 11) 善正二郎・古田明子・糸山亨・篠田徹郎・河合章 (2001) 佐賀県における黄化葉巻病の発生経過とその要因について. *九病虫研会報* 47 : 25-28.
 12) Ghanim, M., Morin, S., Zeidan, M. and Czosnek, H. (1998) Evidence for transovarial transmission of *Tomato yellow leaf curl virus* by its vector, the whitefly *Bemisia tabaci*. *Virology* 240 : 295-303.
 13) 加藤公彦 (1999) トマトの新しいウイルス TYLCV. *植物防疫* 53:308-311.
 14) 北村登史雄・河合章・善正二郎 (2003) 日本に分布するシルバーリーフコナジラミは TYLCV を経卵伝染しない平成 14 年度野菜茶業研究成果情報 87-88.
 15) 内川啓介・上田重文・大貫正俊・花田薫 (2002) *Tomato yellow leaf curl virus* によるトルコギキョウ葉巻病の発生 (講要). *日植病報* 68 : 50.
 16) Polston, J.E., Cohen, L., Sherwood, R., Ben-Joseph, R. and Lapidot, M. (2006) *Capsicum* Species: Symptomless hosts and reservoirs of *Tomato yellow leaf curl virus*.

- Phytopathology 96: 447-452.
- 17) 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.
- 18) 杖田浩二・田口義広・勝山直樹 (2007) タバココナジラミバイオタイプ B の致死高温度および太陽熱を利用した施設密閉処理の防除効果について. 応動昆 51 : 197-204.
- 19) 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.
- 20) Kakimoto, K., H. inoue, T. Yamaguchi, S. Ueda, K. Honda and E. Yano (2007) Host plant effect on development and reproduction of *Bemisia argentifolii* Bellows et Perring (*B. tabaci* [Gennadius] B-biotype). Appl. Entomol. Zool. 42: 63-70.

Summary

Infection Cycle of *Tomato yellow leaf curl virus* and Seasonal Prevalence of *Bemisia tabaci*, Insect Vector of TYLCV, in Tomato Cultivated Area.

Yutaka GYOUTOKU, Tadashi FURUIE and Takeshi EGUCHI

In order to the seasonal occurrence of TYLCV and insect vector, *Bemisia tabaci*, were investigated in tomato cultivated areas and the following results were obtained. *B. tabaci* overwinters in the greenhouses. In May to June, *B. tabaci* were dispersed to outdoor from tomato greenhouse and grown up population in open field during summer. Tomato was planted in greenhouses from last summer to early autumn. *B. tabaci* included viruliferous insect invaded tomato greenhouses and transmitted TYLCV. TYLCV infested tomato and four weeds naturally. Infected rates of tomato was high but that of weeds were low. This result tended that infection source of TYLCV was cultivated tomato. Therefore, prevention of *B. tabaci* seasonal migration and establishment of no-cultivated period of tomato could be decreased injury of TYLCV.

Keyword: tomato, *Tomato yellow leaf curl virus*, infection cycle, *Bemisia tabaci*, seasonal prevalence, insect vector