

ウイルスを媒介するタバココナジラミの
生態および防除に関する研究

Studies on the ecology and control of *Bemisia tabaci* that can transmit viruses

樋口 聡 志

Satoshi HIGUCHI

2017

目 次

第I章 緒言

- 1 タバココナジラミ 1
- 2 タバココナジラミが媒介するウイルス 2
- 3 本研究の目的 3

第II章 タバココナジラミの生態解明

- 第1節 熊本県に発生しているタバココナジラミのバイオタイプ 4
- 第2節 熊本県でのタバココナジラミの野外越冬の可能性 9

第III章 タバココナジラミに対する増殖防止対策

- 第1節 タバココナジラミ薬剤検定法の開発と感受性 17
- 第2節 TYLCV を保毒したタバココナジラミバイオタイプ Q
に対する薬剤の感染抑制効果 25
- 第3節 CCYV を保毒したタバココナジラミバイオタイプ Q
に対する粒剤の被害抑制効果と処理時期の検討 33

第IV章 総合考察 38

引用文献 40

謝辞 45

Summary 45

ウイルスを媒介するタバコナジラミの生態および防除に関する研究

Studies on the ecology and control of *Bemisia tabaci* that can transmit viruses

樋口 聡志

Satoshi HIGUCHI

要 約

九州地域は果菜類の生産量が多く、多数の産地が形成されている。その果菜類の重要害虫として知られているタバコナジラミは、薬剤感受性や寄主適合性などの生物的特徴が異なる多くのバイオタイプの存在が知られている。そのため本害虫の防除では、発生しているバイオタイプの特徴を把握することが重要である。これまで我が国で確認されたバイオタイプは、Q, B, JpL および Nauru の主に 4 種類である。本研究では、新しく確認され急速に分布域を拡大しているバイオタイプ Q を主な対象とし、生態に関する基礎的な知見を得るために、熊本県での発生状況や耐寒性を調査した。

タバコナジラミでは、直接的な吸汁害よりも病原ウイルスを媒介することによる間接的な被害が大きい。タバコナジラミが媒介するウイルスは多数存在するが、九州地域で特に問題となっている病原ウイルスは、*Begomovirus* 属である TYLCV と *Crinivirus* 属である CCYV の 2 種である。これら昆虫媒介性ウイルス病の防除においては、ウイルス媒介昆虫とウイルス源、栽培植物の間の伝染環をいかに断ち切るかが重要である。そのために防除対策は、ウイルスを保毒したタバコナジラミに対する「侵入防止対策」、「増殖防止対策」および「移出防止対策」に分けることができ、本研究では「増殖防止対策」について検討した。

熊本県内の施設および露地栽培の作物からタバコナジラミ成虫を採集してバイオタイプを調査した。その結果、熊本県内の栽培作物に発生しているタバコナジラミは、発生時期、地域および寄主作物に関係なく、Q が優占していた。また、Q が国内で確認された 2004 年以降、九州地域で栽培作物に発生しているタバコナジラミについて調査され、Q が優占していると考えられている。さらに、優占種である Q の耐寒性を調査したところ、熊本県で野外越冬がわずかに確認された。このことは、国内における Q の野外越冬を初めて確認した事例となる。

「増殖防止対策」の一環として、新たな薬剤感受性検定法を開発し、その検定法を用いて 2004 年および 2012~2014 年に採集した Q 個体群の感受性を調査した。その結果、2012~2014 年に採集した Q は、ピリダベン、ジノテフランおよびニテンピラムに対する感受性が低下していた。次に、TYLCV または CCYV を保毒した Q に対して、薬剤の感染抑制効果や処理時期を検討した。その結果、ジノテフランおよびピリフルキナゾンは TYLCV の感染抑制効果を有しており、感染抑制を目的とする場合は 7 日間隔の散布が有効と考えられる。また、ジノテフラン粒剤は CCYV の感染抑制効果を有しており、処理時期は定植 3 日前が有効である。本研究で得られた知見は、タバコナジラミが媒介するウイルス病の被害抑制につながり、九州地域における果菜類の安定生産に寄与することが期待される。

キーワード：タバコナジラミ、バイオタイプ、TYLCV、CCYV、耐寒性、薬剤感受性、感染抑制効果

第 I 章 緒言

1 タバコナジラミ

九州地域は果菜類の生産量が多く、多数の産地が形成されている。特に、冬春作のトマト、ナス、ピーマン等は、温暖な気候を活かした施設栽培が行われており、その生産量は全国の約 4 割を占めている（農林水産省平成 26 年産野菜生産出荷統計、<http://www.e-stat.go.jp>

/SG1/estat/List.do?lid=000001141603)。これらの果菜類の生産において、タバコナジラミ *Bemisia tabaci* (Gennadius) (カメムシ目：コナジラミ科) (図 I (A)) は重要害虫として広く知られている。本種は、熱帯、亜熱帯および温帯地域の世界各地に広く生息し、600 種以上を寄主植物とする (Oliveira et al., 2001)。また、形態的に差がないものの、寄主範囲や寄主適合性などに違

いがあることも報告されてきた (Mound, 1963; Costa and Russell, 1975; Bird and Maramorosch, 1978). これらの研究から、本種はいくつかのバイオタイプの複合であると考えられるようになり (Costa and Brown, 1991; Bedford et al., 1994), 地理的に隔離された 24 以上のバイオタイプからなると報告された (Perring, 2001; Boykin et al., 2007). これまで我が国で確認されたバイオタイプとしては、西日本のスイカズラやサツマイモ等に生息する在来系統であるバイオタイプ JpL (以下, JpL) (宮武, 1980; Ueda et al., 2009), 沖縄などの琉球諸島での在来系統であるバイオタイプ Nauru (Ueda et al., 2009; 貴島ら, 2011a,b), 海外から侵入したバイオタイプ B (以下, B) (大戸, 1990; 松井, 1993) およびバイオタイプ Q (以下, Q) (Ueda and Brown, 2006) の主に 4 種類であり, 他に genetic group China に属する個体群もわずかに確認されている (Ueda et al., 2009).

九州地域では従来から在来の JpL が生息しているが (宮武, 1980; Ueda et al., 2009), 本バイオタイプは農作物で多発生することが少なく, 農業生産上の重要害虫ではなかった (本多, 2008a). その後, 1989 年頃に国内で発生が確認された B は, 急速に分布域を拡大して九州地域でも発生し, JpL とは異なり果菜類や花き類などを加害した (大戸, 1990; 松井, 1993, 1995). 果菜類における B の被害は, 吸汁による寄主植物の草勢低下やすす病, またはカボチャ白化症 (Yokomi et al., 1990) やトマトの着色異常果 (Schuster et al., 1990; 松井, 1992) といった着色異常症の発生および *Begomovirus* 属を主とする各種植物病原性ウイルスを媒介 (Brown and Bird, 1992; Brown, 2000) することである. さらに, 2004 年に熊本および鹿児島県において, 国内で未記録であった Q が確認された (Ueda and Brown, 2006). Q は, イベリア半島原産であり (Guirao et al., 1997), スペイン, イタリア, イスラエル (Brown et al., 2000; Palumbo et al., 2001; Nauen et al., 2002; Horowitz et al., 2003), 中国 (Zhang et al., 2005) および韓国 (Lee et al., 2005) に分布している. Q は B に比べて寄主範囲が同等かそれ以上に広く (飯田ら, 2009; Iida et al., 2009), さらに海外ではネオニコチノイド剤やピリプロキシフェンに対して抵抗性が発達した個体群が報告されるなど (Nauen et al., 2002; Horowitz et al., 2003), 低い薬剤感受性が特徴であった. このようにタバコナジラミは, バイオタイプにより生物的特徴が異なるため, 本害虫の防除においてその特徴を把握することは重要である.

2 タバコナジラミが媒介するウイルス

タバコナジラミの被害は, 1) 吸汁による寄主植物の草勢低下やすす病の発生, 2) 着色異常症の発生, 3) *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) などの病原ウイルスを媒介することである (Oliveira et al., 2001; Perring, 2001; 本多, 2008a). また, その被害は, 直接的な吸汁害よりも病原ウイルスを媒介することによる間接的な被害が大きくなりやすい (本多, 2008a). タバコナジラミは, *Begomovirus* 属や *Crinivirus* 属などの病原ウイルスを媒介し, 感染植物に被害を与える. 西南暖地の中山間地域のトマト栽培においては, *Tabacco leaf curl Japan virus* (TbLcJV) など土着ベゴモウイルスによる病害発生が低頻度ながら継続している (大貫ら, 2009). また, 国内未記録であった *Crinivirus* 属である *Tomato chlorosis virus* (ToCV) によるトマト黄化病は, 栃木県で初確認された後 (Hirota et al., 2010), 九州地域の福岡, 熊本, 大分および鹿児島県の各県でも 2011 年以降に発生が認められ病害虫発生予察特殊報が発表されている. タバコナジラミが媒介するウイルスは, ここに示した以外にも多数存在するが, 九州地域で特に問題となっている病原ウイルスは, *Begomovirus* 属である TYLCV と *Crinivirus* 属である *Cucurbit chlorotic yellows virus* (CCYV) の 2 種である (樋口, 2014). 以下に, それぞれのウイルスについて紹介する.

(1) *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV)

トマト黄化葉巻病の病原ウイルスである TYLCV は, *Geminiviridae* (ジェミニウイルス) 科 *Begomovirus* (ベゴモウイルス) 属であり, 保毒したタバコナジラミがトマトを吸汁することで感染し, Q と B が同様に媒介するとされている (北村ら, 2009). トマト黄化葉巻病の病徴は, 新葉の葉縁や葉脈間が黄化および葉巻とともに縮葉し, 発病部位より上の節間が短縮する (図 1 (B)). 本病は保毒したタバコナジラミが低密度でも発生する可能性があること, 著しく生育を抑制して収量を大幅に減収させること等により, トマト生産において最も大きな問題となっている (大貫, 2000; 本多, 2008b). 我が国では 1996 年に静岡県, 愛知県および長崎県のトマトで初確認され (Kato et al., 1998; 加藤, 1999), その後西日本を中心に発生が拡大した (本多, 2010). 九州地域での発生は, 長崎県で確認されて以降, 2003 年に大分県で確認されるまでの 8 年間で全 7 県に認められている. 日本に発生している TYLCV は塩基配列の相同性から遺伝的にイスラエル株に近縁な株 (イスラエル系統) とマイルド株に近縁な株 (マイルド系統) の 2 系統に分けられるが (上田, 2008), 九州地域に発生した TYLCV

はイスラエル系統のみであった(本多, 2005). しかし, 2011年に熊本県でマイルド系統の発生が確認され, 病害虫発生予察特殊報が発表されている. マイルド系統については, 熊本県内での分布域は不明であり, 現在のところ熊本県以外の九州地域での発生は認められていない.

(2) *Cucurbit chlorotic yellows virus* (CCYV)

Closteroviridae (クロステロウイルス) 科 *Crinivirus* (クリニウイルス) 属である CCYV は, メロン退緑黄化病などの病原ウイルスである. タバココナジラミが媒介する CCYV によるウリ類の退緑黄化病は, 佐賀県, 熊本県および宮崎県において 2004 年に発生が確認された新規病害である(行徳, 2008; 行徳ら, 2009). メロン退緑黄化病およびキュウリ退緑黄化病の発生は, 初め局地的であったが, 2005 年に長崎県, 2006 年に大分県, 2007 年に福岡県, 鹿児島県と拡大し, 九州全県で確認されている(行徳, 2008). また, 海外でも 2010 年に台湾, 2011 年に中国およびスーダンのウリ科作物で CCYV の発生が報告されている(Huang et al., 2010; Gu et al., 2011; Hamed et al., 2011). CCYV はウリ科, ナス科, アカザ科およびキク科の植物に感染が認められるが(Okuda et al., 2010), 本ウイルスの自然感染はメロン, キュウリおよびスイカのみが報告されている. これら 3 作物の CCYV による被害をみると, メロン退緑黄化病の発病株(図 I (C)) は, 葉が黄化することによる草勢の低下, さらには果実重量および糖度が低下する(行徳, 2008). キュウリ退緑黄化病の発病株は, 葉が黄化するとともに粗剛化し, 生育不良となり収量が低下する. 定植 1 か月以内に CCYV の発病が認められたキュウリ株では 30% 程度減収した事例もある(宇賀, 2010). スイカ退緑えそ病の発病株は, 葉全体が黄化し, 葉縁や葉脈間に壞疽を生じ, 果実糖度には影響しないものの, 果実重量が低下する(熊本県農業研究センター, 2011).



図 I タバココナジラミと媒介するウイルス病
(A) : タバココナジラミ成虫 (B) : トマト黄化葉巻病
(C) : メロン退緑黄化病

3 本研究の目的

九州地域の果菜類で問題となるタバココナジラミは, バイオタイプにより生物的特徴が異なるため, 本害虫の防除においてその特徴を把握する必要がある. タバココナジラミの生態に関する基礎的な知見を得るために, 熊本県に発生しているバイオタイプを把握するとともに, 野外越冬の可能性を調査した. なお本研究では, 近年我が国で発生が確認され, その後, 急速に分布域を拡大している Q を主な対象とした.

昆虫媒介性ウイルス病の防除においては, ウイルス媒介昆虫とウイルス源, 栽培植物の間の伝染環をいかに断ち切るかが重要である(本多, 2005). そのために, トマト黄化葉巻病やウリ類退緑黄化病の防除対策は, 「ウイルスを保毒したタバココナジラミが栽培するハウス内へ侵入することを防止する対策」, 「ハウス内での増殖を防止する対策」および「ハウス内からの移出を防止する対策」に分けることができる(表 I). 本研究では, それら防除対策のなかで「増殖防止対策」について検討している. すなわち, 新たな薬剤感受性検定法の開発を行い, その開発した検定法による感受性の把握, TYLCV を保毒した Q に対する散布薬剤の感染抑制効果, CCYV を保

毒した Q に対する粒剤の被害抑制効果と処理時期について検討した。

本研究では、九州地域におけるトマトやメロンなど果菜類の安定生産に寄与するため、タバココナジラミの生態解明や「増殖防止対策」に関する防除技術の確立を行い、本種が媒介するウイルス病の被害を最小限に抑制することを目指した。

表 I 施設栽培で発生する昆虫媒介性ウイルス病に対する主な防除対策

防除対策の分類	個別の防除技術
侵入防止対策	ハウス開口部への防虫ネット展張
	ハウス周辺の感染源（野生生えトマトなど）の除去
	ハウス周辺の除草
	近紫外線除去フィルムの展張 光反射シートの設置
増殖防止対策	薬剤防除
	ハウス内の感染株の抜き取り
	ハウス内の除草
	粘着板の設置 ウイルス病耐病性品種の利用
移出防止対策	栽培終了時の施設密閉処理
	施設開口部への防虫ネット展張

第II章 タバココナジラミの生態解明

第1節 熊本県に発生しているタバココナジラミのバイオタイプ

1 緒言

Q は低い薬剤感受性が特徴であり、海外ではピリプロキシフェンやネオニコチノイド剤に対する感受性低下が報告されている (Nauen et al., 2002; Horowitz et al., 2003). 国内でも Q の低い感受性が確認され、現状では有効な薬剤は少ない (松浦, 2006; 樋口, 2006; 小林, 2007). また, Q は B と薬剤感受性が異なり, B に比べて感受性が低い傾向である (Horowitz et al., 2003; 松浦, 2006; 小林, 2007). このように, タバココナジラミではバイオタイプにより薬剤感受性が異なることが予想されるため, 防除を行う場合は, 地域あるいは圃場で発生しているバイオタイプを把握し, 防除薬剤を選択する必要がある. そこで, 熊本県内の栽培作物および野外に設置したトマト苗から採集したタバココナジラミのバイオタイプを識別し, 県内におけるバイオタイプの分布と季節的変動を調査した。

2 材料および方法

2-1 栽培作物からのタバココナジラミ採集

2004年11月～2007年2月に、熊本県内の施設作物に寄生しているタバココナジラミを採集した。また、2006年6月～10月に、県内の露地作物に寄生しているタバココナジラミを採集した。採集日、採集地点および採集作物は、施設作物を図II-1-1と表II-1-1に、露地作物を図II-1-2と表II-1-2に示した。タバココナジラミは成虫を吸虫管で採集し、2006年以降は採集虫をそのまま-20℃で冷凍保存した。2005年以前は、採集虫をそのまま冷凍保存するか、キャベツ(品種：秋徳)を用いて25℃、16L8D(明期：暗期=16h：8h)条件下で1～10か月間累代飼育した後に、成虫を冷凍保存した。

2-2 野外に設置したトマト苗からのタバココナジラミ採集

(1)2005年の調査

熊本市、玉名市および八代市に各1地点の計3地点を調査地点とし、4～6葉期のトマト苗(品種：ハウス桃太郎)12株を各調査実施月の上旬に設置した。調査期間は、熊本市と玉名市が4～11月、八代市が7～11月とした。タバココナジラミは、設置7日後のトマト苗に寄生している成虫を30頭上限に吸虫管で採集し、-20℃で冷凍保存した。なお、設置地点はいずれも施設栽培地域であり、周囲にトマト、ナスおよびメロンが栽培されていた。

(2)2006年の調査

熊本県農業研究センター(合志市)内の環境条件が異なる3地点に、4～6葉期のトマト苗(品種：ハウス桃太郎)5株をそれぞれ設置した。すなわち、周囲が施設栽培圃場の地点(地点A)、雑木林の地点(地点B)および牧草地の地点(地点C)であり、地点間は300m以上離れていた(図II-1-3)。トマト苗は5月18日から11月21日まで設置し、トマト苗上で新成虫が羽化しないように14日を目安に苗を交換した。タバココナジラミは、13～23日間隔で30頭を上限として吸虫管で成虫を採集し、冷凍保存した。

2-3 バイオタイプの識別方法

冷凍保存しているタバココナジラミ成虫をサンプルとし、バイオタイプを識別した。B、Qのバイオタイプ識別は、三浦(2007)のMultiplex PCR法を用いた。ただし、2004～2005年に施設作物から採集した個体群のバイオタイプは、上田(2006)のPCR-RFLP

法で識別した。B, Q いずれとも識別できなかった個体については, JpL のミトコンドリア DNA のチトクロームオキシダーゼ I (mtCO I) 領域に特異的に反応するプライマーを用いて PCR 反応を行い, 予測される増幅断片が得られたものは JpL と識別した(上田, 未発表)。なお, その PCR 産物の一部については塩基配列解析を行い, 既知の JpL の mtCO I 塩基配列と照合した。

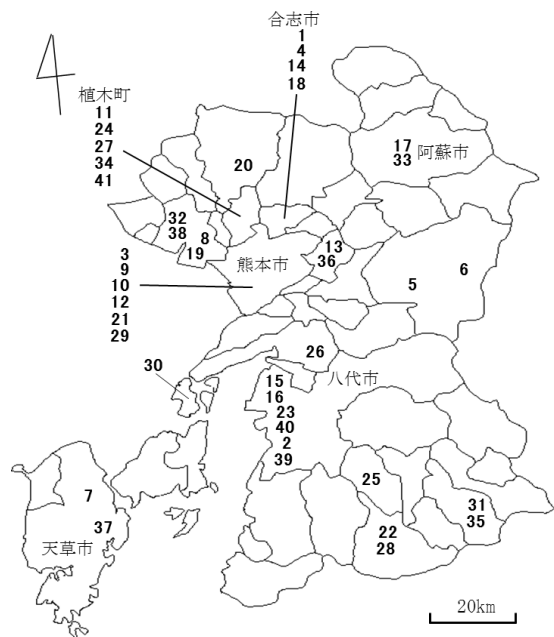


図 II-1-1 熊本県の施設作物におけるタバコナジラミの採集地点

図中の数字は表 II-1-1 の No を示す。

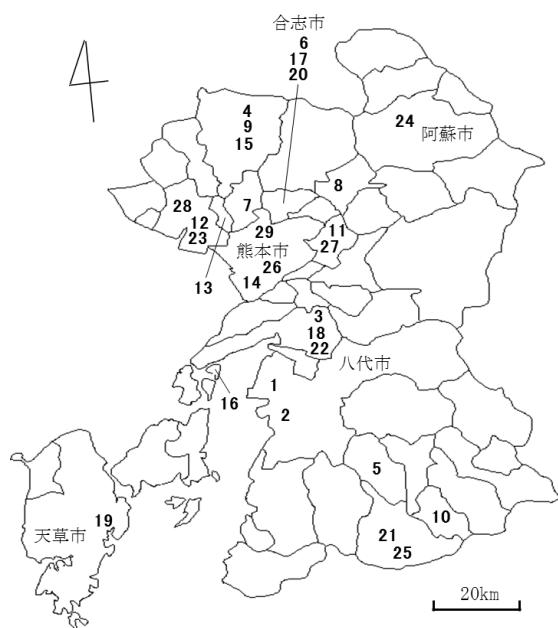


図 II-1-2 熊本県の露地作物におけるタバコナジラミの採集地点

図中の数字は表 II-1-2 の No を示す。



図 II-1-3 野外に設置したトマト苗の状況 (2006)

(A) : 周囲が施設栽培圃場の地点 (上図)

(B) : 周囲が雑木林の地点 (中図)

(C) : 周囲が牧草地の地点 (下図)

3 結果

3-1 栽培作物からのタバコナジラミ採集

(1)施設作物からの採集

施設作物から採集したタバコナジラミのバイオタイプ識別結果を表 II-1-1 に示した。2004 年では, 1 市 1 作物 1 地点から 22 頭を採集してバイオタイプを識別した。2005 年では, 5 市 3 町の 5 作物 12 地点から 151 頭を供試した。2006 年では, 10 市 3 町 1 村の 7 作物 24 地点から 564 頭を供試した。2007 年

では、2市1町の2作物4地点から67頭を供試した。これらの2004～2007年に採集したタバコナジラミは、BやJpLは認められず、Qのみが確認された。また、採集時期によるパイオタイプの違いは認められなかった。

(2)露地作物からの採集

露地作物から採集したタバコナジラミのパイオタイプ識別結果を表II-1-2に示した。2006年に、9

市5町1村の8作物29地点から394頭を採集してパイオタイプを識別した。識別結果は、Qが372頭、JpLが21頭および不明が1頭であり、Bのみ確認されなかった。なお、不明とした1頭についてはmtCOI領域の塩基配列を解析したが、種を特定することができなかった。採集日は6～10月であったが、どの時期に採集した個体群もQの割合が高かった。JpLを確認した山鹿市と山江村の2地点は、山間部の露地ナス圃場であり、周囲に雑木林や雑草が多かった。

表II-1-1 熊本県の施設作物で発生するタバコナジラミのパイオタイプ

No	採集作物	採集日	採集地点	供試虫数	パイオタイプ			不明
					Q	B	JpL	
1	メロン	2004/11/15	合志市	22 ^{a)}	22	0	0	0
2	トマト	2005/5/31	八代市	22 ^{a)}	22	0	0	0
3		2005/6/9	熊本市	24 ^{a)}	24	0	0	0
4		2005/10/12	合志市	8	8	0	0	0
5		2005/11/15	山都町	8	8	0	0	0
6		2005/11/15	山都町	5	5	0	0	0
7	ミニトマト	2005/5/13	天草市	10 ^{a)}	10	0	0	0
8		2005/7/1	玉名市	23 ^{a)}	23	0	0	0
9	ナス	2005/12/15	熊本市	12	12	0	0	0
10	メロン	2005/6/9	熊本市	10 ^{a)}	10	0	0	0
11		2005/10/4	植木町	12 ^{a)}	12	0	0	0
12		2005/10/13	熊本市	5	5	0	0	0
13	スイカ	2005/12/27	益城町	12	12	0	0	0
14	トマト	2006/5/9	合志市	25	25	0	0	0
15		2006/5/26	八代市	29	29	0	0	0
16		2006/5/26	八代市	24	24	0	0	0
17		2006/9/15	阿蘇市	11	11	0	0	0
18		2006/10/6	合志市	26	26	0	0	0
19	ミニトマト	2006/6/15	玉名市	26	26	0	0	0
20		2006/6/26	山鹿市	30	30	0	0	0
21	ナス	2006/6/20	熊本市	28	28	0	0	0
22		2006/10/27	人吉市	19	19	0	0	0
23	メロン	2006/5/26	八代市	27	27	0	0	0
24		2006/6/26	植木町	12	12	0	0	0
25		2006/7/13	山江村	24	24	0	0	0
26		2006/9/7	宇城市	18	18	0	0	0
27		2006/10/26	植木町	28	28	0	0	0
28		2006/10/27	人吉市	18	18	0	0	0
29		2006/12/13	熊本市	27	27	0	0	0
30	キュウリ	2006/6/29	上天草市	12	12	0	0	0
31		2006/7/13	あさぎり町	28	28	0	0	0
32		2006/9/8	玉名市	9	9	0	0	0
33		2006/9/15	阿蘇市	28	28	0	0	0
34		2006/10/26	植木町	29	29	0	0	0
35		2006/10/27	あさぎり町	30	30	0	0	0
36	スイカ	2006/6/7	益城町	26	26	0	0	0
37	トルコギキョウ	2006/6/29	天草市	30	30	0	0	0
38	トマト	2007/2/15	玉名市	11	11	0	0	0
39		2007/2/20	八代市	15	15	0	0	0
40		2007/2/20	八代市	30	30	0	0	0
41	ナス	2007/2/15	植木町	11	11	0	0	0
合計				804	804	0	0	0

a) 累代虫識別：採集後、1～10か月累代飼育した後の成虫を識別した。

表Ⅱ-1-2 熊本県の露地作物で発生するタバコナジラミのバイオタイプ

No	採集作物	採集日	採集地点	供試虫数	バイオタイプ			不明
					Q	B	JpL	
1	トマト	2006/9/7	八代市	8	8	0	0	0
2		2006/9/7	八代市	10	10	0	0	0
3		2006/9/7	宇城市	16	16	0	0	0
4	ナス	2006/6/26	山鹿市	19	0	0	19 ^{a)}	0
5		2006/7/13	山江村	1	0	0	1 ^{b)}	0
6		2006/9/8	合志市	28	28	0	0	0
7		2006/9/8	植木町	22	22	0	0	0
8		2006/9/15	大津町	3	3	0	0	0
9		2006/10/26	山鹿市	30	30	0	0	0
10		2006/10/27	錦町	15	15	0	0	0
11	カボチャ	2006/6/7	益城町	24	23	0	0	1 ^{c)}
12		2006/6/15	玉名市	28	28	0	0	0
13		2006/6/15	玉東町	4	4	0	0	0
14		2006/6/20	熊本市	26	26	0	0	0
15		2006/6/26	山鹿市	2	2	0	0	0
16		2006/6/26	宇城市	3	2	0	1 ^{b)}	0
17		2006/6/27	合志市	6	6	0	0	0
18		2006/6/29	宇城市	28	28	0	0	0
19		2006/6/29	天草市	13	13	0	0	0
20		2006/7/6	合志市	29	29	0	0	0
21		2006/7/13	人吉市	1	1	0	0	0
22		2006/9/7	宇城市	3	3	0	0	0
23		2006/9/8	玉名市	19	19	0	0	0
24	キュウリ	2006/9/15	阿蘇市	1	1	0	0	0
25		2006/10/27	人吉市	4	4	0	0	0
26	ゴボウ	2006/6/20	熊本市	14	14	0	0	0
27	タバコ	2006/6/7	益城町	27	27	0	0	0
28	オクラ	2006/9/8	玉名市	5	5	0	0	0
29	サツマイモ	2006/9/14	熊本市	5	5	0	0	0
合計				394	372	0	21	1

- a) 2頭については mtC0 I 領域の塩基配列解析で識別した.
- b) mtC0 I 領域の塩基配列解析で識別した.
- c) mtC0 I 領域の塩基配列解析で識別できなかった.

3-2 野外に設置したトマト苗からのタバコナジラミ採集

(1)2005年の調査

2005年のバイオタイプ識別結果を図Ⅱ-1-4に示した。熊本市に設置したトマト苗で5～11月に採集した178頭では、10月の採集個体でBが2頭確認されたが、他は全てQであった。玉名市に設置したトマト苗では、5～11月に182頭を採集した。識別結果は、10月の採集個体でBが1頭、6月と10月の採集個体でJpLが1頭ずつ確認され、他は全てQであった。八代市に設置したトマト苗で7～11月に108頭を採集したが、全てQであった。トマト苗を設置

した3地点で、5～11月にタバコナジラミを採集したが、採集時期に関係なくQの割合が高かった。また、Bは2地点、JpLは1地点で確認されたが、B、JpLとも個体数は少なかった。

(2)2006年の調査

2006年のバイオタイプ識別結果を図Ⅱ-1-5に示した。6月1日～11月21日に、トマト苗に寄生しているタバコナジラミを11回採集した。地点Aで採集した90頭では、8月10日の採集個体でJpLが1頭確認されたが、残りは全てQであった。地点Bで採集した113頭では、JpLが19頭(採集日・JpL頭数:6

月 14 日・2 頭, 8 月 10 日・1 頭, 8 月 23 日・4 頭, 9 月 8 日・6 頭, 9 月 22 日・1 頭, 10 月 11 日・3 頭, 10 月 29 日・2 頭)確認されたが, 残りは全て Q であった. 地点 C で採集した 42 頭では, 6 月 14 日の採集個体で JpL が 1 頭確認されたが, 残りは全て Q であった. トマト苗を設置した 3 地点で 6~11 月にタ

バココナジラミを採集したが, 採集時期に関係なく Q の割合が高かった. また, JpL が 3 地点で確認されたが, B は確認されなかった. 地点 A, B, C での JpL の識別割合は, 1.1%, 16.8% および 2.4% であり, 周辺に雑草が多い地点 B で高かった.

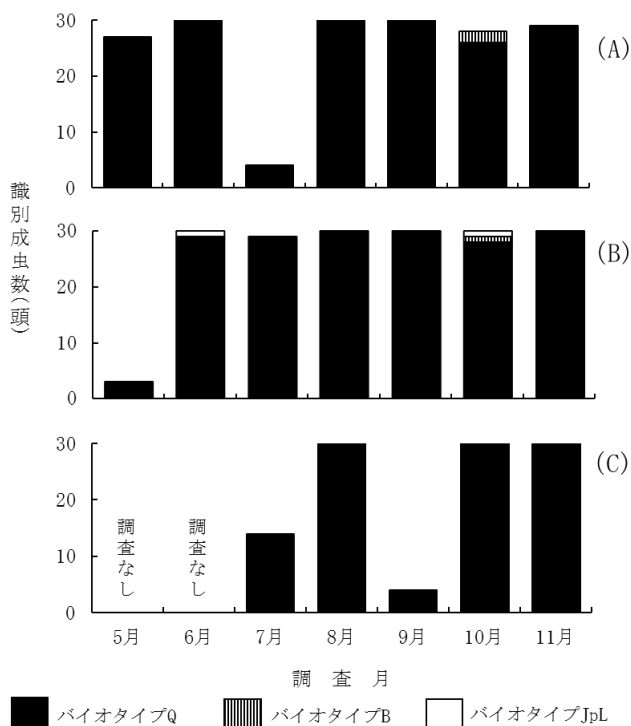


図 II-1-4 野外のトマト苗に寄生するタバココナジラミバイオタイプの季節的変動 (2005)
(A): 熊本市, (B): 玉名市, (C): 八代市.

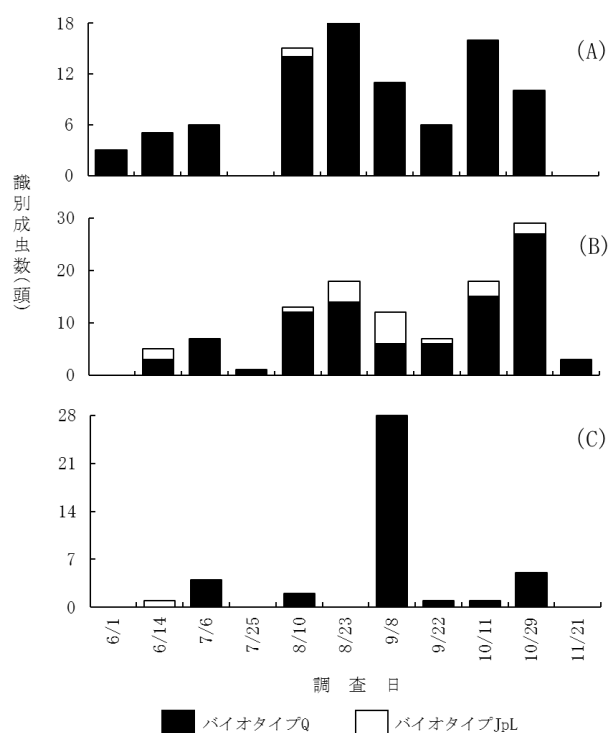


図 II-1-5 野外のトマト苗に寄生するタバココナジラミバイオタイプの季節的変動 (2006)
(A): 周囲が施設栽培圃場の地点
(B): 周囲が雑木林の地点,
(C): 周囲が牧草地の地点.

JpL と識別した PCR 産物は, 調査日ごとに 2 サンプルを上限に mtCO I 領域の塩基配列解析で確認した.

4 考察

2004~2007 年の異なる時期に熊本県内の施設栽培 7 作物の 41 地点からタバココナジラミを採集し, バイオタイプを調査したが, 供試した個体全てが Q であった. また, 露地栽培 8 作物の 29 地点からタバココナジラミを採集し, バイオタイプを調査した. その結果, 供試した個体群のほとんどは Q であり, わずかに JpL が確認されたが, B の発生は確認され

なかった. 野外に設置したトマト苗に寄生しているタバココナジラミを定期的に採集し, バイオタイプを調査したが, B や JpL はわずかであり, ほとんどが Q であった. これらの結果から, 熊本県内の栽培作物に発生しているタバココナジラミは, 発生時期, 地域および寄主作物に関係なく, 施設作物では Q であり, 露地作物では Q が優占していると考えられた. 松浦(2006)は, 宮崎県内の 14 市町で採集したタバコ

コナジラミのバイオタイプを調査し、Q が県全域に分布していると示唆した。本研究の調査結果と同様な傾向であり、九州地域では Q が広く分布していると推察される。

本研究での B の確認は、2005 年の野外に設置したトマト苗で採集した 3 頭のみであり、施設作物および露地作物からの採集では確認されなかった。カボチャでは、B の幼虫寄生による白化症の発現が知られている(松井, 1995)。また、Q 寄生によるカボチャ白化症の発現能力は非常に低く、B とは明らかに異なる(樋口, 2006)。本研究で採集に用いた露地作物では、カボチャ 13 圃場が含まれているが、白化症は認められなかった。このことは、露地作物で B の発生が少ないことを示唆しており、本研究の調査結果と一致する。

小林(2007)は、Q の分布域について苗の移動による拡大を指摘しているが、他要因の一つとして薬剤淘汰が考えられる。Q は、一部のネオニコチノイド剤および合成ピレスロイド剤等の感受性が低く、B と比べても感受性が低い傾向が報告されている(Horowitz et al., 2003; 松浦, 2006; 樋口, 2006; 小林, 2007)。Horowitz et al. (2005)は、Q と B の混在した個体群の室内飼育において、無淘汰で 6 世代経過すると B が残存し、ピリプロキシフェンに対する感受性は高くなるが、同一個体群をアセタミプリドやチアメトキサムで淘汰すると、21 世代後では Q が残存し、ピリプロキシフェンに対する感受性は低いままであると報告している。熊本県においても栽培作物での薬剤防除により感受性の低い Q が残存し、発生しているバイオタイプの中で Q の割合が高くなっていった可能性が考えられる。さらに、B の発生が少なかった要因として、B が野外越冬できないため(大泰司・岡田, 1996)、B の越冬場所となる施設栽培圃場での冬期の薬剤防除が大きく影響していることが考えられる。

露地作物からの採集では、3 地点で JpL が確認された。その一つである 2006 年 6 月 26 日に山鹿市の露地ナスで採集した個体群は、19 頭全てが JpL であったが、圃場では幼虫が認められなかった。しかし、2006 年 10 月 26 日に同一圃場で再度採集したところ、30 頭全てが Q であり、多くの幼虫が確認された。山間部の露地ナス圃場であるため周辺に雑木林や雑草が多く、雑草等に生息していた JpL が一時的に露地ナスへ飛来したと考えられる。これと同様なことが、2006 年の野外に設置したトマト苗からの採集虫の識別結果からも推察される。すなわち、地点 A, B, C

では、周辺に雑草が多い地点 B で JpL の識別割合が高い。大泰司・岡田(1996)は、B と JpL では好適な寄主植物が異なり、スイカズラやセイタカアワダチソウ等を JpL の好適植物として報告している。雑草等で生息している JpL は、周辺の栽培作物に飛来しているが、定着はしにくいと考えられる。その理由として、作物には JpL の好適な寄主が少ないこと、JpL の薬剤感受性が高いこと等が考えられる。

第 2 節 熊本県でのタバココナジラミの野外越冬の可能性

1 緒言

熊本県におけるタバココナジラミの発生は、1990 年に B、2004 年に Q が初確認されている(行徳ら, 2008)。Q の侵入以降、本県の農作物に発生しているタバココナジラミは、発生時期、地域および寄主作物に関係なく Q が優占していると考えられる(樋口ら, 2007)。Q はイミダクロプリド、チアメトキサムなど各種の化学農薬に対する感受性が低下しており、防除が困難なことから大きな問題となっている(遠山ら, 2013)。

Lin et al. (2007) は、翌年の農作物におけるタバココナジラミの被害リスクを評価するためには、冬季の成虫、幼虫および卵の生存率を知る必要があると述べており、タバココナジラミの防除を考える上で、野外越冬の可否を知ることが重要である。B は日本国内において野外越冬できないとされている(松井, 1995)が、栽培施設内で越冬し、その後施設内外を移動することで、周年発生することが可能である(杖田ら, 2007)。本多(2008a)は、Q の野外越冬について、B と同じく国内では困難としているものの、九州や四国などの温暖地では検討を要すると指摘している。また、飯田(2011)は、鹿児島県南さつま市や高知県南国市のような温暖な地域では Q が野外越冬する可能性を指摘している。しかし、これまで日本国内における Q の野外越冬に関して、具体的な調査事例の報告はない。そこで、各发育ステージの Q が寄生した植物を用い、熊本県において野外越冬が可能であるか検討した。

2 材料および方法

2-1 供試虫

供試した Q は、2004 年 11 月に熊本県合志市の熊本県農業研究センター内のメロンから採集した個体群である。供試した B は、1991 年に熊本県農業研究

センター内の栽培作物（作物不明）から採集した個体群である。QおよびBの累代飼育は、25℃、16L8Dに設定した恒温室内において、キャベツ（品種：秋徳SP）を寄主植物として行った。本個体群については、mtCO I領域の塩基配列の違いによる識別法（上田，2006；三浦，2007）を用いて、QまたはBであることを確認した。

2-2 雨よけハウスにおけるバイオタイプQおよびBの越冬

熊本県農業研究センター内にある、ポリフィルムを天井のみに被覆した雨よけハウス内（6×22m，図II-2-1(A)）におけるQまたはBの越冬の可能性を明らかにするため、成虫または卵、幼虫の寄生株を設置して生存虫の有無を調査した。

(1) 成虫

9cmポリポットにキャベツ（品種：金系201号）種子を1粒ずつ播種し、25℃、16L8Dに設定した恒温室内で管理した播種40～50日後のキャベツ苗を用いた。プラスチック製の飼育箱（34×26×34cm側面はゴース張り，図II-2-1(B)）にキャベツ苗を2株入れ、そこへ羽化後7日以内のQまたはBの成虫300頭を雌雄混在で放飼した。放飼後の飼育箱は低温順化のため無加温のガラスハウスに3日間置き、その後雨よけハウスへ移動させた。試験は3回行い、雨よけハウスへの飼育箱の設置は、2007年12月10日、2008年2月6日、2月23日に行った。生存虫の調査は、原則7日間隔で見取り調査した。放飼した成虫がキャベツに産卵し、新たな羽化成虫が出現しないように、約1か月ごとに新たなキャベツ苗を入れるとともに、古いキャベツは茎を切断して数日後に除去した。その時、キャベツ苗を見取り調査し、羽化殻がないことを確認した。なお、QとB成虫の生存率については、調査日ごとにFisherの正確確率検定で比較した。

(2) 卵および幼虫

9cmポリポットのイチゴ苗（品種：とよのか）またはキャベツ苗（品種：金系201号）4株を飼育箱に入れて、QまたはB成虫を雌雄混在で100～400頭放飼し、25℃、16L8Dに設定した恒温室内で管理した。放飼20～25日後、成虫を除去するとともに1/5000aワグネルポットに移植した。QまたはBが寄生した苗は、低温順化のため無加温のガラスハウスに3～5日間置き、雨よけハウス内へ移動させた。雨よけハウスへの供試苗の設置は、2007年11月25日、12

月1日、12月24日、2008年1月13日および2月7日の5回であった。なお、12月1日の設置のみキャベツ苗で、それ以外の4回はイチゴ苗を用い、設置日ごとの供試株数は3～10株であった。雨よけハウスへの設置当日、全葉の葉裏に寄生するQまたはBの卵および幼虫を16倍率のルーペを用いて発育ステージ別に計数するとともに、すべての寄生部位がわかるように黒色油性マーカーで寄生葉に印を付けた。初回調査以降、寄生虫の計数は2～4回行い、卵および幼虫の生死は変形や変色により判定した。

2008年4月初めの調査後、生存虫が寄生している可能性のある葉をゴースで覆い、25℃に設定した恒温室内へ寄生苗を移動した。その後、成虫が羽化した場合、三浦（2007）の方法でバイオタイプを識別した。また、雨よけハウス内の高さ30cmの位置に温度データロガー（おんどとり Jr.TR-52，T&D社製）を設置し、1時間間隔で温度を測定した。なお、温度データロガーのセンサーには、直射日光があたらないように通気性を確保した覆いを被せた。

2-3 野外条件下におけるバイオタイプQの越冬

野外条件でQが越冬する可能性を明らかにするために、卵および幼虫が寄生したキランソウ *Ajuga decumbens* Thunb.（シソ科）を用いた2つの試験で検討した。なお、以下の越冬試験は、熊本県農業研究センター内の露地圃場で実施した、（図II-2-1(C，D)）。

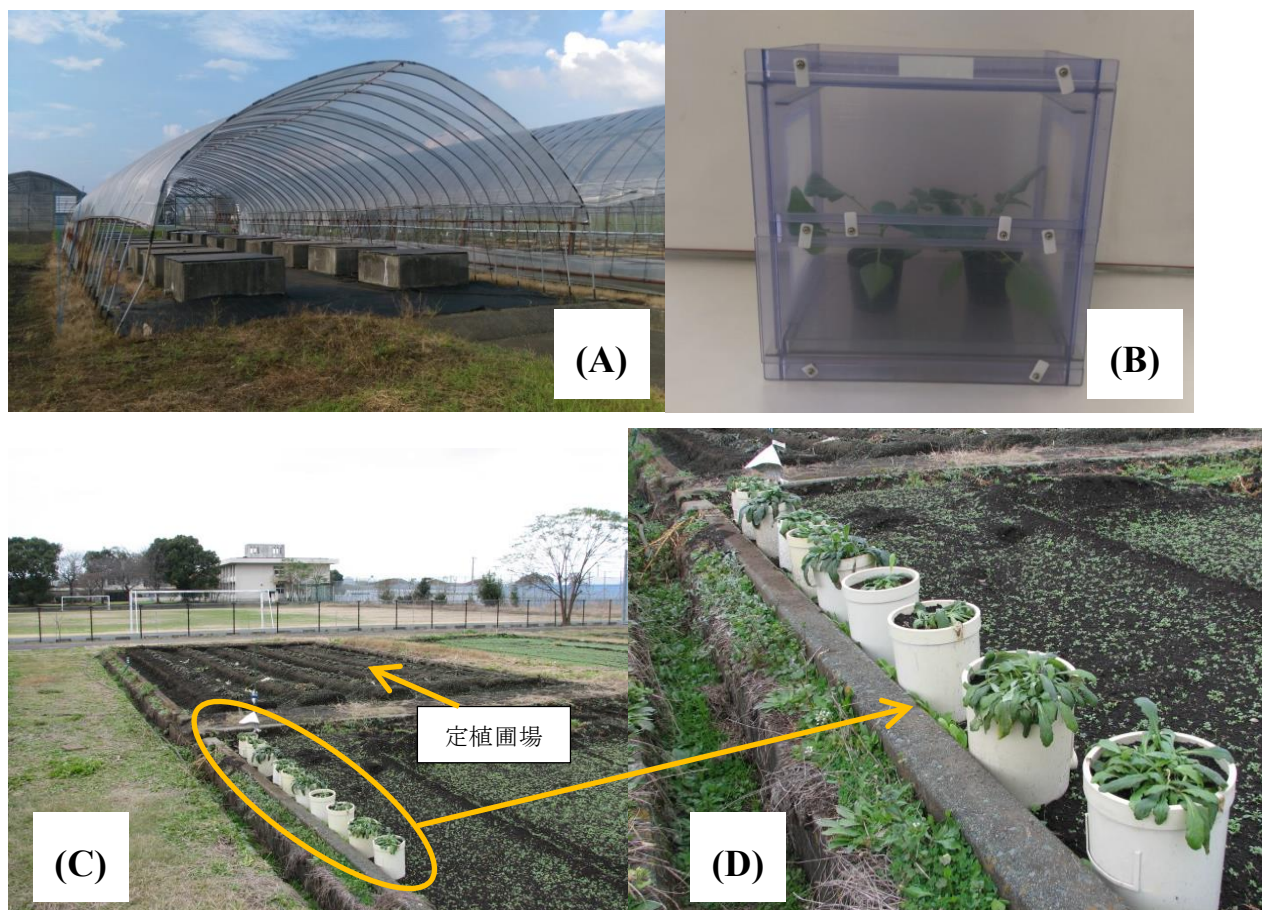
試験1;2008年10月10日、Qが多寄生した1/5000aワグネルポット植えのナス10株が置いてある無加温のガラスハウス内に、1/5000aワグネルポット植えのキランソウ8株を設置し、キランソウにQを寄生させた。11月26日、成虫を除去してQの卵および幼虫が寄生したキランソウ8株を露地圃場に設置した。12月27日、枯死した1株を除く、7株の全葉に寄生する卵および幼虫を調査するとともに、すべての寄生部位がわかるように黒色油性マーカーで寄生葉に印を付けた。その後、寄生虫数の調査は、2009年2月23日、3月20日および4月1日の3回行い、16倍率のルーペを用いて発育ステージ別に計数した。なお4月1日の調査後、キランソウをゴースで覆い、25℃に設定した恒温室内に置いて成虫を羽化させた。

試験2;2008年9月30日、Qが多寄生した1/5000aワグネルポット植えのナス10株が置いてある無加温のガラスハウス内に、プランター植えキランソウを設置し、Qを寄生させた。11月11日、Qが寄生したキランソウ50株を露地圃場(6×11m)に株間45cm、

1列25株で2列に定植した。その後、活着して生育できた17株を調査株として用いた。寄生数調査は、1回につき3~7株を露地圃場から抜き取り、10~30倍に拡大した実体顕微鏡下で行った。なお、調査は12月29日、2009年2月25日、3月23日および4月3日の4回であった。調査後、寄生が認められたキランソウについては、濡れたろ紙を敷いたプラス

チックカップに入れ、25℃に設定した恒温室内で成虫を羽化させた。

試験1, 2ともに卵および幼虫の生死は、変形や変色により判定した。また、成虫が羽化した場合、三浦(2007)の方法でバイオタイプを識別した。露地圃場の温度の測定は、地上30cmの高さで雨よけハウスでの調査方法と同様に行った。



図II-2-1 タバココナジラミ越冬試験の様子

(A) 越冬試験に使用した雨よけハウス

(B) 成虫の飼育箱

(C) バイオタイプQの野外越冬試験

(D) 野外越冬試験に用いたワグネルポットに植えたキランソウ

3 結果

3-1 雨よけハウスにおけるバイオタイプQおよびBの越冬

(1) 成虫

冬季の雨よけハウス内に設置したキャベツ苗におけるQおよびB成虫の生存率を図II-2-2に示した。

2007年12月10日に設置した成虫の生存率は、Qでは設置13日後(12月23日)で20.3%, 26日後(2008年1月5日)で9.7%, 34日後(1月13日)で8.3%と徐々に低下し、55日後(2月3日)は0%であった。一方Bでは、13日後で29.0%, 26日後で1.7%, 34日後で1.3%, 42日後(1月21日)は0%であっ

た. 設置 26 日後, 34 日後および 42 日後の Q の生存率は, B に比べて有意に高かった (Fisher の正確確率検定, $p < 0.05$).

2008 年 2 月 6 日に設置した成虫の生存率は, Q では設置 7 日後 (27 日後で 0% と生存虫が確認できなかった. 設置 7 日後の Q の生存率は, B に比べて有意に高かった (Fisher の正確確率検定, $p < 0.05$).

2008 年 2 月 23 日に設置した成虫の生存率は, Q では設置 8 日後 (3 月 2 日) で 33.0%, 36 日後 (3 月 30 日) で 15.3% と徐々に低下し, 69 日後 (5 月 2 日) で 0% となった. 一方 B では, 8 日後で 18.0%, 36 日後で 5.3% と徐々に低下し, 69 日後で 0% となった. 設置 8~57 日後の 8 回の調査での Q の生存率は, B に比べて有意に高かった (Fisher の正確確率検定, $p < 0.05$).

(2) 卵および幼虫

冬季の雨よけハウス内での Q の卵および幼虫の越冬数を表 II-2-1 に示した. 2007 年 11 月 25 日, 雨よけハウス内に設置したイチゴ苗には, 卵~4 齢幼虫の合計で 991 個体の寄生が認められた. その後の寄生数は減少し, 2008 年 4 月 4 日では卵~4 齢幼虫の合計で 8 個体となった. 4 月 4 日から供試株を恒温室で管理すると, 2 頭が羽化して Q と確認された. 本試験では Q の越冬が確認され, その生存率は 0.2% であった.

2007 年 12 月 1 日に設置したキャベツ苗には, 卵~4 齢幼虫の合計で 1,809 個体の寄生が認められた. その後の寄生数は減少し, 2008 年 4 月 1 日では卵および 4 齢幼虫の合計で 37 個体となった. 4 月 1 日から供試株を恒温室で管理すると, 1 頭が羽化して Q と確認された. 本試験では Q の越冬が確認され, その生存率は 0.1% であった.

2007 年 12 月 24 日に設置したイチゴ苗には, 卵~4 齢幼虫の合計で 738 個体の寄生が認められた. その後の寄生数は減少し, 2008 年 4 月 4 日では卵~4 齢幼虫の合計で 33 個体となった. 4 月 4 日から供試株を恒温室で管理すると, 9 頭が羽化して Q と確認された. 本試験では Q の越冬が確認され, その生存率は 1.2% であった.

2008 年 1 月 13 日および 2 月 7 日に設置したイチゴ苗には, 卵~4 齢幼虫の合計でそれぞれ 472 個体および 84 個体の寄生が認められた. その後の寄生数は減少し, 4 月 3 日または 6 日から供試株を恒温室で管理したが羽化は認められなかった.

冬季の雨よけハウス内での B の卵および幼虫の寄

生数を表 II-2-2 に示した. 2007 年 11 月 25 日~2008 年 2 月 7 日の期間に, 雨よけハウス内に供試株を 5 回設置し, この 5 回の試験において卵~4 齢幼虫の合計で 1,869 個体の寄生が認められた. しかし, その後の寄生数は減少し, 2008 年 4 月上旬から供試株を恒温室で管理したが羽化は認められなかった.

(3) 雨よけハウス内の日最高気温および日最低気温の推移

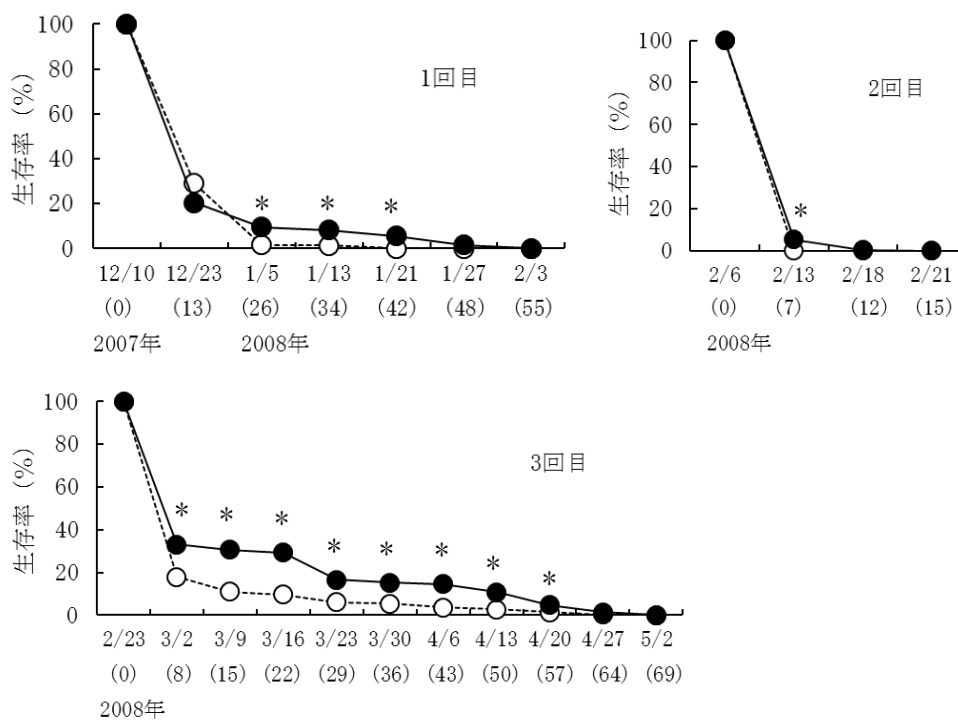
2007 年 12 月 1 日から 2008 年 3 月 31 日までの日最高気温は, 5.2~27.0°C で平均 14.4°C であった (図 II-2-3). 日最低気温は, -6.5~12.2°C で平均 1.9°C, 0°C 以下となった日が 40 日あった. また, 最寒月である 2 月の日最低気温は, -6.5~4.2°C で平均 -1.5°C であった.

3-2 野外条件におけるバイオタイプ Q の越冬

野外条件に設置したポット植えキランソウにおける Q の寄生数を表 II-2-3 に示した (試験 1). 2008 年 11 月 26 日に露地圃場へ設置した供試株は, 12 月 27 日時点で卵~4 齢幼虫の合計で 300 個体の寄生が認められた. しかし, その後の寄生数は減少し, 2009 年 4 月 1 日では 2~4 齢幼虫で 4 頭となった. 4 月 1 日から供試株を恒温室で管理すると, 2 頭が羽化して Q と確認された. 本試験では Q の野外越冬が確認され, その生存率は 0.7% であった.

露地圃場に定植したキランソウにおける Q の寄生数を表 II-2-4 に示した (試験 2). 2008 年 11 月 11 日に露地圃場へ定植した供試株は, 12 月 29 日に調査した 7 株において, 卵~4 齢幼虫の合計で 509 個体の寄生が認められた. 2009 年 2 月 25 日に調査した 3 株では, 卵~4 齢幼虫の合計で 41 個体の寄生が認められ, 調査後に供試株を恒温室で管理したところ, 1 頭が羽化して Q と確認された. 3 月 23 日および 4 月 3 日の調査では, 3 齢と 4 齢あわせて 3 および 5 個体の寄生が認められた. 調査後に供試株を恒温室で管理したところ, 4 月 3 日に調査した供試株のみ 3 頭が羽化して Q と確認された.

露地圃場の日最高気温および日最低気温の推移を図 II-2-4 に示した. 2008 年 12 月 1 日から 2009 年 3 月 31 日までの日最高気温は, 5.0~26.9°C で平均 14.3°C であった. 日最低気温は, -6.7~13.1°C で平均 0.7°C, 0°C 以下となった日が 61 日あった. また, 最寒月である 1 月の日最低気温は, -6.6~10.5°C で平均 -1.0°C であった.



図II-2-2 雨よけハウスにおけるタバコナジラミ成虫の生存率 (2007-2008年)

● : バイオタイプ Q, ○ : バイオタイプ B.

() 内の数値は雨よけハウスへの設置後日数を示す.

*は Q と B の生存率に有意差あり (Fisher の正確確率検定, $p < 0.05$)

表II-2-1 雨よけハウスにおけるタバコナジラミバイオタイプ Q の越冬数 (2007-2008年)

設置回数	調査日	設置後日数	タバコナジラミバイオタイプQ							羽化成虫	合計	生存率 (%)
			卵	1齢	2齢	3齢	4齢					
1回目	2007/11/25	0	233	362	130	131	135	-	991	100.0		
	2007/12/29	34	110	85	53	44	100	-	392	39.6		
	2008/3/31	127	9	0	6	6	21	-	42	4.2		
	2008/4/4	131	2	0	1	0	5	-	8	0.8		
	2008/4/16	143	0	0	0	0	0	2	2	0.2		
2回目	2007/12/1	0	1403	256	84	40	26	-	1809	100.0		
	2008/1/10	40	747	71	50	20	30	-	918	50.7		
	2008/4/1	122	35	0	0	0	2	-	37	2.0		
	2008/4/13	134	0	0	0	0	0	1	1	0.1		
3回目	2007/12/24	0	136	260	99	149	94	-	738	100.0		
	2008/2/4	42	42	9	31	33	113	-	228	30.9		
	2008/4/4	102	10	0	0	6	17	-	33	4.5		
4回目	2008/4/16	114	0	0	0	0	0	9	9	1.2		
	2008/1/13	0	185	189	35	39	24	-	472	100.0		
	2008/4/3	81	3	1	0	1	1	-	6	1.3		
5回目	2008/4/15	93	0	0	0	0	0	0	0	0.0		
	2008/2/7	0	0	8	13	49	14	-	84	100.0		
	2008/4/6	59	0	0	0	0	0	-	0	0.0		
	2008/4/17	70	0	0	0	0	0	0	0	0.0		

表 II-2-2 雨よけハウスにおけるタバココナジラミバイオタイプ B の越冬数 (2007-2008 年)

設置回数	調査日	設置後日数	タバココナジラミバイオタイプB						合計	生存率 (%)
			卵	1齢	2齢	3齢	4齢	羽化成虫		
1回目	2007/11/25	0	38	70	0	0	0	-	108	100.0
	2007/12/29	34	24	25	3	0	0	-	52	48.1
	2008/3/31	127	0	0	0	0	0	-	0	0.0
	2008/4/4	131	0	0	0	0	0	-	0	0.0
	2008/4/16	143	0	0	0	0	0	0	0	0.0
2回目	2007/12/1	0	296	205	14	0	0	-	515	100.0
	2008/1/10	40	168	96	7	3	0	-	274	53.2
	2008/4/1	122	9	0	0	0	0	-	9	1.7
	2008/4/13	134	0	0	0	0	0	0	0	0.0
3回目	2007/12/24	0	48	95	150	79	11	-	383	100.0
	2008/2/4	42	23	6	41	55	18	-	143	37.3
	2008/4/4	102	3	0	0	0	0	-	3	0.8
	2008/4/16	114	0	0	0	0	0	0	0	0.0
4回目	2008/1/13	0	287	381	12	1	0	-	681	100.0
	2008/4/3	81	17	0	1	2	0	-	20	2.9
	2008/4/15	93	0	0	0	0	0	0	0	0.0
5回目	2008/2/7	0	0	135	12	21	14	-	182	100.0
	2008/4/6	59	0	0	0	0	0	-	0	0.0
	2008/4/17	70	0	0	0	0	0	0	0	0.0

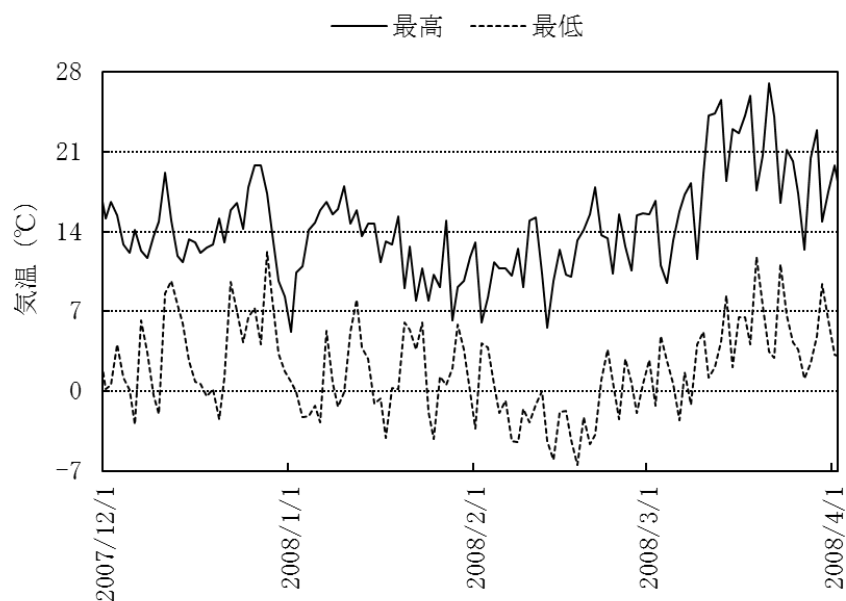


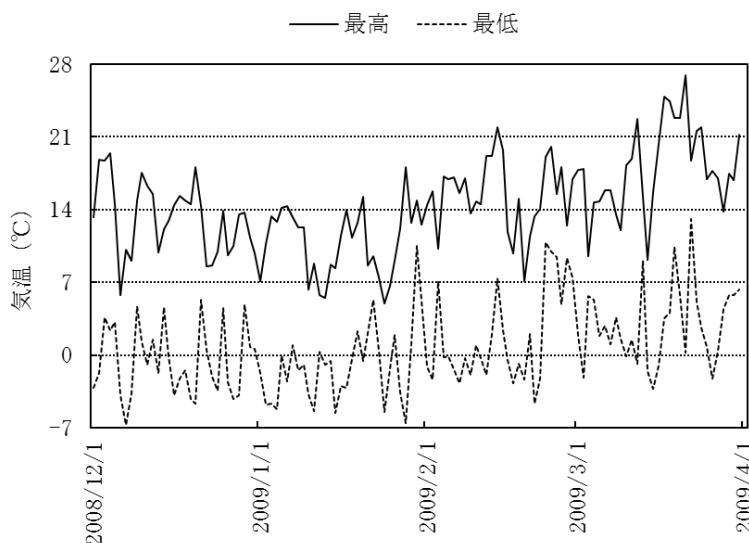
図 II-2-3 雨よけハウスにおける日最高気温および日最低気温の推移 (2007-2008 年)

表Ⅱ-2-3 野外に設置したワグネル植えキランソウにおけるタバココナジラミバイオタイプQの越冬数(2008-2009年)

調査日	設置後 日数	タバココナジラミバイオタイプQ							合計	生存率 (%)
		卵	1齡	2齡	3齡	4齡	羽化 成虫			
2008/12/27	31	165	85	33	12	5	-	300	100.0	
2009/2/23	89	13	0	8	3	0	-	24	8.0	
2009/3/20	114	0	0	2	1	1	-	4	1.3	
2009/4/1	126	0	0	2	1	1	-	4	1.3	
2009/4/25	150	0	0	0	0	0	2	2	0.7	

表Ⅱ-2-4 露地圃場に定植したワグネル植えキランソウにおけるタバココナジラミバイオタイプQの越冬数(2008-2009年)

調査日	定植後 日数	調査 株数	タバココナジラミバイオタイプQ						合計	羽化 成虫
			卵	1齡	2齡	3齡	4齡			
2008/12/29	48	7	341	75	45	8	40	509	-	
2009/2/25	106	3	15	0	7	10	9	41	1	
2009/3/23	132	4	0	0	0	1	2	3	0	
2009/4/3	143	3	0	0	0	1	4	5	3	



図Ⅱ-2-4 野外における日最高気温および日最低気温の推移(2008-2009年)

4 考察

2007年から2008年にかけて、熊本県合志市にある雨よけハウス内ではQ成虫の越冬は認められなかった。一方、卵および幼虫は、生存率が0.1~1.2%と低いものの越冬が認められた。2008年から2009年にかけて、熊本県合志市の露地圃場でQの卵および幼虫が寄生したキランソウにおいて、生存率は0.7%と低いものの越冬が認められた。このことは、これまで未確認であった国内でのQの野外越冬を初めて確認した事例となる。また、雨よけハウス内での調査では、Qの越冬は年内に設置した寄生株で認められたが、年明けの1月および2月に設置した寄生株では確認されなかった。雨よけハウスに設置してから7日間の日最低気温の平均値を2007年11月25日設置から順に示すと、5.3℃、1.3℃、6.5℃、0.2℃および-2.7℃であった。一般に休眠性を持たない昆虫でも低温順化により低温耐性が高まることから(Salt, 1961)、年明けの設置では十分な低温順化ができず低温に遭遇したため、越冬個体が認められなかったと推察される。

日本国内でのBの野外越冬については、徳島県(中野・貞野, 1994)、香川県(大泰司・岡田, 1996)、長崎県(内川・小川, 2005)、熊本県(行徳ら, 2008)で調べられ、不可能と考えられている。我が国でのBの越冬は、気候が温暖な琉球諸島では野外でも可能であることが示唆されている(貴島ら, 2011b)。しかし、他地域では冬季の野外でほとんど死滅するため、越冬はトマトなどの栽培施設内で主に行われていると考えられている(本多, 2006)。本研究でBの越冬が雨よけハウス内で認められなかったことは、これまでのBが野外越冬できないとする報告を支持するものである。

飯田(2011)は、Qの野外越冬の可能性がBより高いことを示唆している。本研究では、Qのみ越冬が認められたことや冬季におけるQとBの成虫の生存率の比較から、飯田(2011)の報告と同じく、Qの耐寒性はBに比べて高いと考えられる。熊本県の栽培作物で発生するタバココナジラミの優占バイオタイプは、Qの侵入によってBからQへ遷移している(樋口ら, 2007)。熊本県に発生するタバココナジラミは、優占バイオタイプがQとなったことにより、Bに比べて野外で越冬する可能性が高いと推測される。また、野外で越冬試験を行った2009年において、最寒月である1月の試験圃場(熊本県合志市)の日最低気温は、平均が-1.0℃、極値が-6.6℃であった。

トマトなどの施設栽培が盛んな熊本県八代市の同年1月の日最低気温は、平均が2.6℃、極値が-1.5℃であった(気象庁, 2009)。試験圃場がある合志市に比べて八代市は、日最低気温が平均で3.6℃、極値で5.1℃高く、寄主植物の種類や他の環境条件を除いて温度のみで推察すると、Qの野外越冬の生存率が高いと考えられる。このようにQが優占することで、地域によっては野外で越冬個体が観察される可能性もあるが、自然発生条件下でのQの野外越冬は国内で観察事例がない。また、熊本県では温暖な気候を活かして、冬春作のトマト、ナスなどの施設栽培が広く行われており、これらの施設内において冬季にQの継続的な発生が確認されている。これらのことからQはBと同じく主に栽培施設内で越冬し、周年発生していると考えられる。そのため、施設内部から外部への成虫の移動を防ぐことは、本種の生活環を断つ上で重要である(杖田ら, 2007)。収穫終了後、施設内のQを死滅させるための太陽熱を利用したハウス密閉処理は、本種に対しても有効な防除手段と考えられる。

Simmons and Elsey (1995)は、Bの卵、幼虫および成虫をそれぞれ-10℃、-6℃、-2℃に暴露して耐寒性を調べると、死亡個体が急激に増加する温度は、卵では-10℃、幼虫および成虫では-6℃であることを報告している。さらに、卵の耐寒性は、幼虫や成虫に比べて高いと述べられている(Simmons and Elsey, 1995; Lin et al., 2007)。また、Bの孵化直後の1齢幼虫は、5℃で4日間の低温処理により死亡率が高くなることから、耐寒性が低いと報告されている(大泰司・岡田, 1996)。これらの室内試験からBの野外越冬は、卵の状態では生存していても、孵化直後に死亡する可能性が考えられる。本研究でのBの越冬試験では、孵化幼虫の死亡は確認できなかった。しかし、Qの越冬試験では、12月に卵の状態であった個体が、1月に孵化して卵殻に付着したまま死亡している1齢幼虫が確認された(図II-2-5)。このことから、孵化直後のQの1齢幼虫の耐寒性はBと同じく低い可能性があり、今後の検討課題である。

本研究でのQの野外越冬試験において、試験1で越冬が確認された2個体は、2月23日の調査時では2齢または3齢であった。また、試験2の野外越冬試験において、2月25日の調査で1頭の羽化成虫を確認している。この成虫は調査時に4齢幼虫であった個体が羽化したもので、その個体以外は調査後に発育が認められず、死亡していたと考えられる。前述

したように、卵の耐寒性は幼虫や成虫に比べて高いとされているが、これは短期間の低温処理での試験結果から述べられている (Simmons and Elsey, 1995; Lin et al., 2007). 飯田 (2011) は、低温が数か月に及ぶ野外調査では、卵や成虫に比べて幼虫で野外越冬する可能性を示唆している。本研究でも Q の野外越冬において同様の傾向を示しているが、Q の発育ステージと耐寒性の関係についてはさらなる検討が必要である。



図 II-2-5 野外越冬試験におけるタバコナジラミバイオタイプ Q の 1 齢幼虫の死亡
矢印は低温により死亡した孵化直後の 1 齢幼虫を示す。

第三章 タバコナジラミに対する増殖防止対策

第 1 節 タバコナジラミの薬剤検定法の開発と感受性

1 緒言

タバコナジラミは多くのバイオタイプが存在するが、そのなかで Q および B は農作物で多発生して問題となっている (樋口, 2014)。Q および B による農作物の被害は、吸汁による寄主植物の草勢低下やすす病の発生、着色異常症の発生、TYLCV などの病原ウイルスを媒介することである (樋口, 2014)。タバコナジラミによる被害は、直接的な吸汁害よりも病原ウイルスを媒介することによる間接的被害が大きい (本多, 2008a)。そのため TYLCV や CCYV 対策として、トマトやメロンなどの生産現場では、媒介虫であるタバコナジラミに対する薬剤の散布回数が増加しており、薬剤抵抗性の発達が懸念されている。また、本種は薬剤抵抗性の発達しやすい害

虫でもあり、薬剤感受性を把握することが必要である。

タバコナジラミ成虫の薬剤感受性検定法としては、キャベツ葉浸漬・水挿法 (浜村, 1997) がある。しかし、この方法は使用する検定容器が大きく (図 III-1-1(A)), 検定には広いスペースを必要とするため検定数を増やすことが困難である。そこで、一度に多くの検定試験が可能な検定法を開発し、既存のキャベツ葉浸漬・水挿法と同一個体群での数種薬剤の LC₅₀ 値を比較した。また、国内で Q が初確認された年である 2004 年から 2014 年の期間において、自然発生している圃場から Q を採集し、各種薬剤に対する感受性を調査した。

2 材料および方法

2-1 供試虫

B は、1991 年に熊本県農業研究センター内の圃場 (寄主植物不明) から採集した 1 個体群を用いた。Q は、2004 年から 2014 年の期間に熊本県内の作物から採集した 7 個体群を用いた。Q の採集日、採集地および採集作物については、表 III-1-2 に示した。採集したタバコナジラミは、25°C, 16L8D に設定した恒温室内においてキャベツ (品種: 秋徳または秋徳 SP) を与えて無淘汰で累代飼育した。なお、タバコナジラミのバイオタイプは、mtCOI 領域の塩基配列の違いによる識別法 (上田, 2006; 三浦, 2007) を用いて確認した。

2-2 供試薬剤

トマトのナジラミ類で農薬登録を取得している薬剤を主体に供試した。すなわち、ネオニコチノイド系 7 薬剤 (アセタミプリド 20% 水溶剤, イミダクロプリド 10% 水和剤, クロチアニジン 16% 水溶剤, ジノテフラン 20% 水溶剤, チアクロプリド 30% 水和剤, チアメトキサム 10% 水溶剤, ニテンピラム 10% 水溶剤), 合成ピレスロイド系 1 薬剤 (エトフェンブロックス 20% 乳剤), ピリジンアゾメチン系 1 薬剤 (ピメトロジン 25% 水和剤), ピラゾール系 2 薬剤 (トルフェンピラド 15% 乳剤, ピリダベン 20% 水和剤), マクロライド系 3 薬剤 (アバメクチン 1.8% 乳剤, レピメクチン 1% 乳剤, スピネトラム 11.7% 水和剤), その他系統 1 薬剤 (ピリフルキナゾン 20% 水和剤) の 15 薬剤を用いた。

薬剤感受性試験では、2 倍毎の段階希釈を行い 5~7 濃度として LC₅₀ 値を求めた。また、殺虫効果試験では、常用濃度とその 4 倍希釈液を基本として補正

死虫率を求めた。全ての薬液は、トリトン X-100 を 0.05% 加用した水道水を用いて希釈した。また、対照として水道水（トリトン X-100 0.05% 加用）を供試した。

2-3 検定方法

キャベツ葉浸漬・水挿法（浜村，1997）を改良した検定法（以下，改良法）で実施した。すなわち，播種後 1～2 か月経過した結球前の葉柄を残したキャベツ葉（品種：秋徳または秋徳 SP）を用い，所定濃度に希釈した薬液に 10 秒間浸漬し，風乾した。検定容器として，直径 35mm，高さ 10mm の小型プラスチックシャーレ（nunc 社製，図 III-1-1(B)）を用いた。プラスチックシャーレは底面を切り取り，0.1mm 以下のゴースを切り取った底面に貼り，側面には直径 3mm 程度の穴を開けた。プラスチックシャーレの蓋

は，加工せずにそのまま使用した。処理したキャベツ葉の葉裏が供試面となるように検定容器で挟み，輪ゴムで固定した。パスツールピペットを加工した吸血管を用いて，側面の穴より雌雄の区別なしに成虫を 10～30 頭放飼し，切り落とした綿棒の先で側面の穴に栓をした。これをプラスチック製アイスクリームカップに水挿して， $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ，日長 16L8D 条件で保持した（図 III-1-2）。処理 120 時間後に，ルーペを用いて 4～8 倍の条件下で成虫の生死を調査した。1 濃度当たり 3 反復を基本としたが，一部 2 反復で行った。薬剤感受性試験では Abbot の式により補正し，プロビット法により LC_{50} 値を算出した。殺虫効果試験では Abbot の式により補正死虫率を算出した。なお，薬剤感受性検定法の比較では，改良法とキャベツ葉浸漬・水挿法（浜村，1997）で検討した。

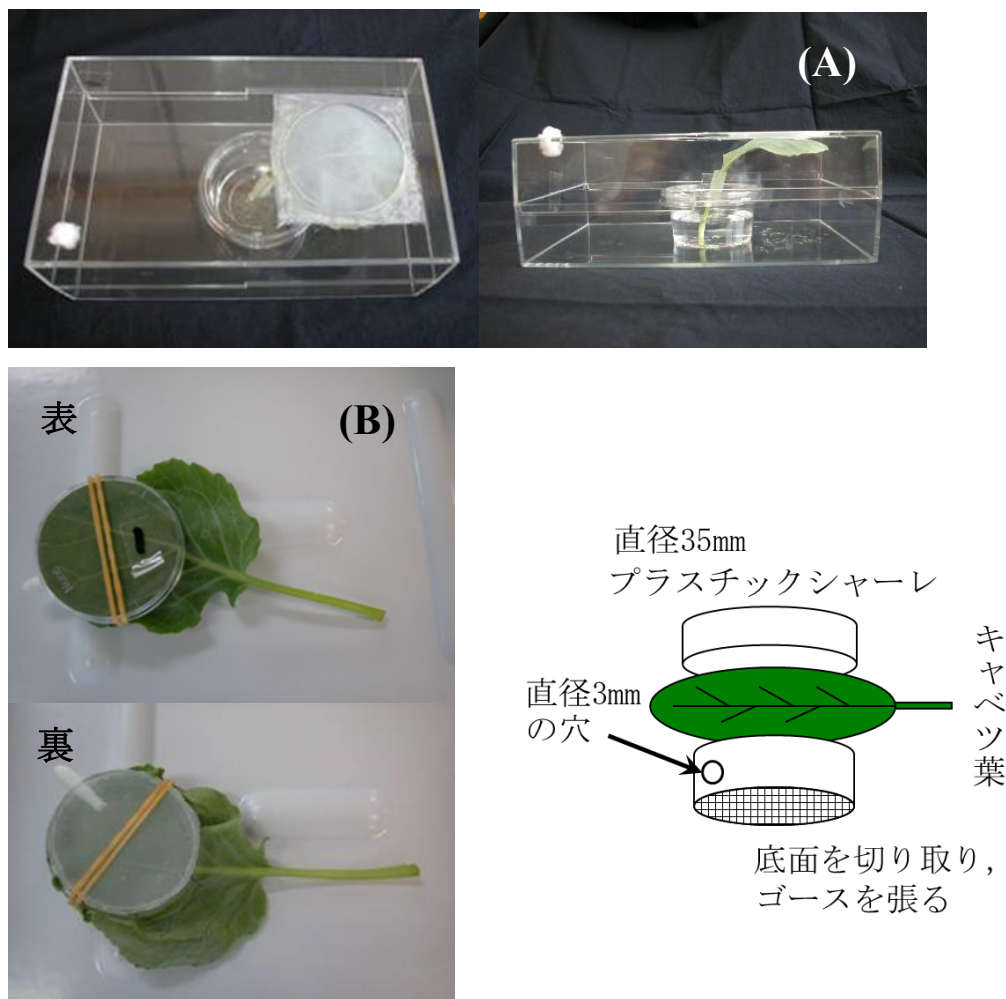
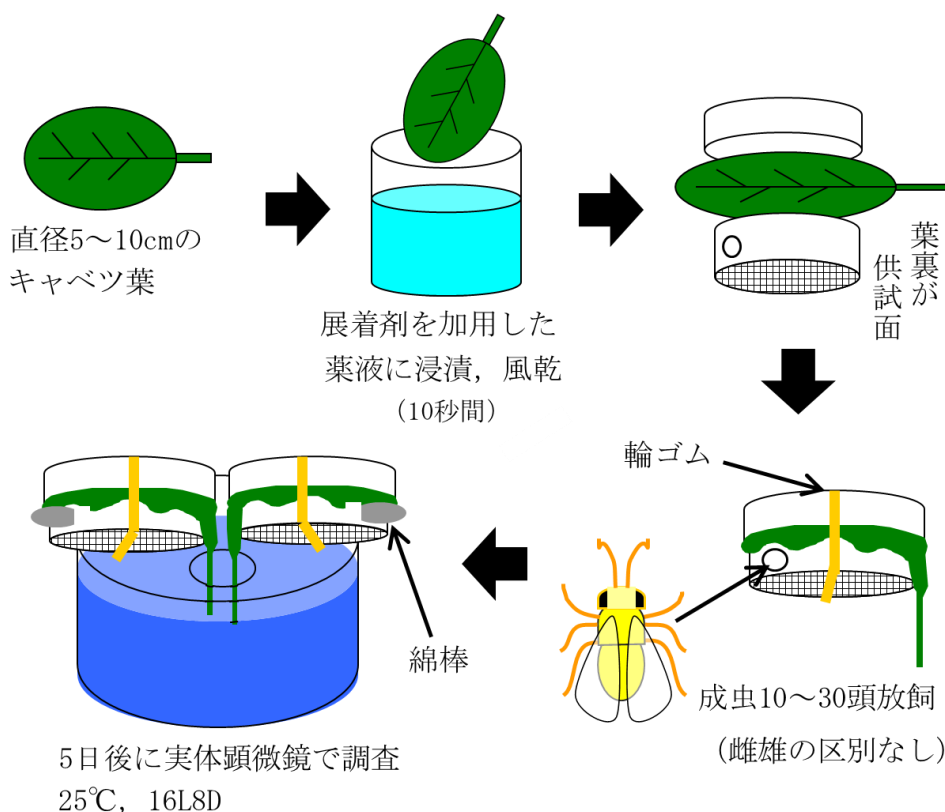


図 III-1-1 タバココナジラミ成虫の感受性検定に用いる検定容器

(A)：キャベツ葉浸漬・水挿法（浜村，1997）の検定容器，容器のサイズは，縦 12×横 20×高さ 7cm.

(B)：小型プラスチックシャーレ（直径 35mm）を用いた検定容器（改良法）



図Ⅲ-1-2 タバココナジラミ成虫の感受性検定法の手順 (改良法)

3 結果

3-1 薬剤感受性検定法の比較

2種検定法における無処理での生存率を図Ⅲ-1-3に示した。改良法における無処理での生存率は、放飼120時間後において96.6%と高かった。また、2種の検定法での無処理の生存率は、放飼120時間後まで差が認められなかった。

2種検定法におけるLC₅₀値の経時的な比較を図Ⅲ-1-4に示した。イミダクロプリド水和剤、エトフェンプロックス乳剤およびピメトロジン水和剤において、2種検定法における処理120時間後までのLC₅₀値は同様の傾向を示した。ピリダベン水和剤では、処理48時間後までのLC₅₀値が改良法でやや高い傾向が認められた。しかし、処理72時間後以降のLC₅₀値は、2種検定法で同様な傾向であった。イミダクロプリド水和剤、エトフェンプロックス乳剤およびピリダベン水和剤のLC₅₀値は、処理72時間後まで低下し、その後安定した。ピメトロジン水和剤のLC₅₀値では、処理120時間後まで緩やかに低下した。

3-2 タバココナジラミの薬剤感受性

Q (2004年合志個体群) およびB (1991年合志個体群) 成虫に対する各種薬剤のLC₅₀値を表Ⅲ-1-1に示した。Bに対するネオニコチノイド剤のLC₅₀値は2.3~13.2ppmと、常用濃度の1/26~1/5であった。ネオニコチノイド系以外の薬剤のLC₅₀値は、ピリダベン水和剤が3.3ppmと常用濃度の1/40~1/60、エトフェンプロックス乳剤が11.9ppmと常用濃度の約1/17、ピメトロジン水和剤が15.1ppmと常用濃度の約1/5であった。しかし、トルフェンピラド乳剤のLC₅₀値は55.8ppmと常用濃度の1/3以上であり、他剤に比べるとやや高い値であった。

ネオニコチノイド剤に対するQの感受性は、LC₅₀値により大きく3つに分けられた。LC₅₀値が100ppmより低いジノテフラン水溶剤、ニテンピラム水溶剤、800ppmより高いイミダクロプリド水和剤、クロチアニジン水溶剤、チアメトキサム水溶剤、それらにあたるアセタミプリド水溶剤、チアクロプリド水和剤であった。ネオニコチノイド系以外の薬剤のLC₅₀値は、ピリダベン水和剤が8.0ppmと低い値であったものの、トルフェンピラド乳剤が784.2ppm、

エトフェンプロックス乳剤, ピメトロジン水和剤が 2000ppm 以上と高い値を示した. Q (2004 年合志個体群) に対する LC₅₀ 値が常用濃度以下の薬剤は, ピリダベン水和剤, ジノテフラン水溶剤およびニテンピラム水溶剤の 3 剤であった.

Q 成虫に対する各種薬剤の補正死虫率を表 III-1-2 に示した. 2004 年個体群に対して, 供試した 7 薬剤の常用濃度での補正死虫率は 81.6~100% と高かった. 2012 年以降に採集した 6 個体群では, ジノテフラン水溶剤, ニテンピラム水溶剤およびピリダベン水和剤の常用濃度の補正死虫率は 0~85.1% と個体群で差が認められた. 一方, アバメクチン乳剤, レピメクチン乳剤, スピネトラム水和剤およびピリフルキナゾン水和剤の常用濃度の補正死虫率は 88.1~100% と高かった.

Q 成虫 (2004 年および 2013 年合志個体群) に対する各種薬剤の LC₅₀ 値を表 III-1-3 に示した. 同じネオニコチノイド剤であるジノテフラン水溶剤およびニテンピラム水溶剤の LC₅₀ 値は, 2004 年個体群では 62.5 および 55.8ppm であったが, 2013 年個体群では 231.8 および 116.9ppm と常用濃度より高かった. ピリダベン水和剤の LC₅₀ 値は, 2004 年個体群の 8.0ppm に比べて 2013 年個体群では 978.8ppm と約 122 倍増加した. マクロライド系 3 薬剤とピリフルキナゾン水和剤の LC₅₀ 値は, 2 個体群に対して 0.2~4.9ppm と低かった.

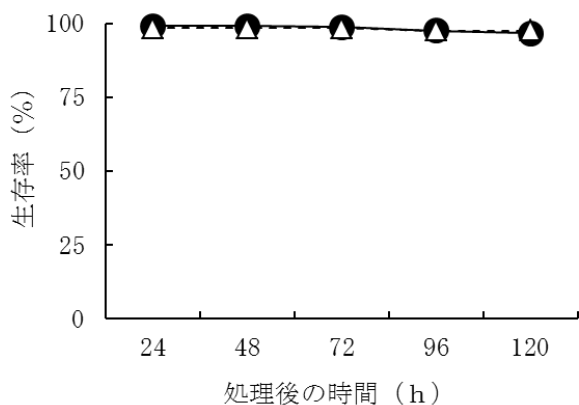


図 III-1-3 2 種検定法の無処理区におけるタバコナジラミ成虫の生存率の推移

●: 改良法

△: キャベツ葉浸漬・水挿法 (浜村, 1997)

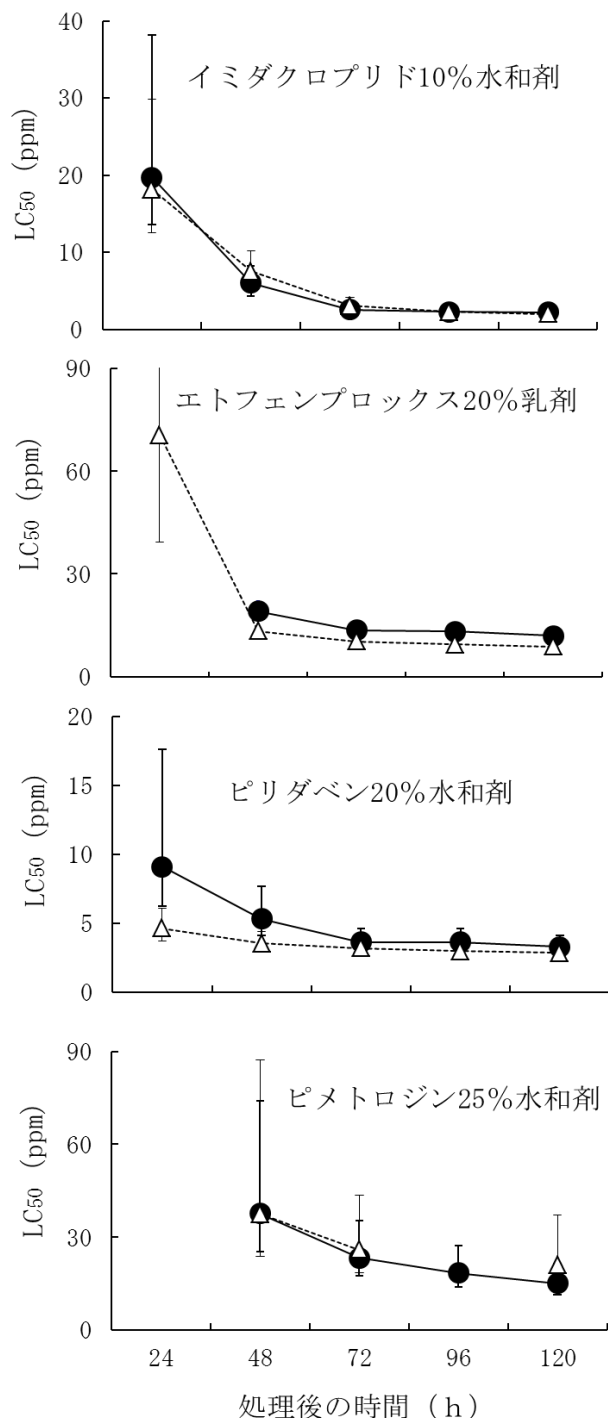


図 III-1-4 2 種検定法でのタバコナジラミバイオタイプ B の LC₅₀ 値の比較

●: 改良法

△: キャベツ葉浸漬・水挿法 (浜村, 1997)

表III-1-1 タバココナジラミ成虫に対する各種薬剤のLC₅₀値

系統	供試薬剤	トマト コナジラミ 常用濃度 (ppm)	バイオタイプB (1991年合志個体群)		バイオタイプQ (2004年合志個体群)		LC ₅₀ の Q/B比		
			LC ₅₀ (ppm)	95%CL	Slope	LC ₅₀ (ppm)		95%CL	Slope
ネオニコチノイド系	アセタミプリド20%水溶剤	100	5.3	(4.1-6.8)	1.6	203.5	(169.8-241.1)	2.4	38.3
	イミダクロプリド10%水和剤	50	2.3	(1.6-2.8)	2.3	>1000	-	-	>444
	クロチアニジン16%水溶剤	40-80	3.1	(2.6-3.7)	2.4	1886.5	(1314.7-3315.5)	1.4	600.9
	ジノフラン20%水溶剤	67-100	13.2	(10.3-19.6)	2.3	62.5	(50.1-75.2)	2.1	4.7
	チアクロプリド30%水和剤	75-150	4.7	(3.8-5.6)	2.4	343.4	(240.9-506.3)	1.0	73.1
	チアメトキサム10%水溶剤	50	3.3	(2.9-3.9)	3.2	824.6	(684.9-1062.8)	2.8	249.2
合成ピレスロイド系	ニテンピラム10%水溶剤	50-100	9.9	(8.0-13.3)	2.0	55.8	(47.7-64.7)	2.7	5.6
	エトフェンプロックス20%乳剤	200	11.9	(10.5-13.5)	5.4	>2000	-	-	>168
ピリジンアゾメチン系	ピメトロジン25%水和剤	83	15.1	(11.5-21.4)	1.5	>2500	-	-	>165
ピラゾール系	トルフェンピラド15%乳剤	75-150	55.8	(40.4-84.2)	1.1	784.2	(665.2-939.3)	2.9	14.1
	ピリダベン20%水和剤	(133-200)	3.3	(2.7-4.1)	2.2	8.0	(6.1-10.2)	1.6	2.4

トマト・コナジラミ類での登録濃度は、2016年9月5日現在の状況である。
2016年1月にピリダベン20%水和剤は、トマトでの登録が失効した。

表Ⅲ-1-2 タバココナジラミバイオタイプQ成虫に対する各種薬剤の補正死亡率

系統	供試薬剤	供試濃度	2004		2012		2013		2014							
			11/15	合志市メロン	10/25	山鹿市メロン	10/16	合志市メロン	6/10	八代市①トマト	6/10	八代市②トマト	10/14	熊本市メロン	10/21	山鹿市メロン
ネオニコチノイド系	ジノフラン20%水溶剤	3000	81.6	18.9	1.0	14.0	18.0	14.0	3.2	0.0						
		12000	57.8	-	0.7	-	-	-	-	-	-					
	ニテンプラム10%水溶剤	1000	98.3	73.3	43.4	64.8	85.1	35.7	24.9							
		4000	44.8	-	0.0	-	-	-	-	-						
ピラゾール系	ピリダベン20%水和剤	1000	95.8	55.5	6.9	33.1	7.7	12.5	30.3							
		8000	80.0	-	0.0	-	-	-	-	-						
	アバメクチン1.8%乳剤	500	100	100	100	100	100	100	100							
		2000	100	100	97.7	100	100	100	100							
マクロライド系	レピメクチン1%乳剤	1000	97.9	98.3	88.1	100	98.5	98.3	98.5							
		4000	74.4	65.5	33.8	69.8	66.2	74.5	59.4							
	スピネトラム11.7%水和剤	2500	97.1	100	100	100	95.5	100	91.3							
		10000	97.8	92.5	73.7	85.7	82.3	66.5	61.0							
その他	ピリフルキナゾン20%水和剤	4000	100	100	100	98.4	100	100	100							
		16000	100	100	100	100	98.4	100	100							
		40000	100	100	93.6	96.5	96.3	95.2	90.3							

表中には、各個体群の採集日、採集地および採集作物を示した。

表Ⅲ-1-3 タバココナジラミバイオタイプQ成虫に対する各種薬剤のLC₅₀値

系統	供試薬剤	コナジラミ 常用濃度 (ppm)	2004年合志個体群 (S)			2013年合志個体群 (R)			感受性比 (R/S比)
			LC ₅₀ (ppm)	95%CL	Slope	LC ₅₀ (ppm)	95%CL	Slope	
ネオニコチノイド系	ジノテフラン20%水溶剤	67-100	62.5	(50.1-75.2)	2.1	231.8	(196-269)	3.5	3.7
	ニテンピラム10%水溶剤	50-100	55.8	(47.7-64.7)	2.7	116.9	(95-139)	2.8	2.1
ピラゾール系	ピリダベン20%水和剤	133-200	8.0	(6.1-10.2)	1.6	978.8	(746-1383)	1.4	121.9
マクロライド系	アバメクチン1.8%乳剤	18-36	0.2	(0.14-0.21)	2.2	0.4	(0.36-0.44)	3.3	2.2
	レピメクチン1%乳剤	5-10	1.4	(1.2-1.6)	3.1	2.5	(2.2-2.9)	3.0	1.8
	スピネトラム11.7%水和剤	47	2.3	(1.6-2.8)	3.1	4.9	(4.1-5.7)	3.1	2.1
その他	ピリフルキナゾン20%水和剤	50	0.5	(0.40-0.55)	3.0	1.0	(0.89-1.2)	2.7	2.2

4 考察

本研究で開発したタバココナジラミ成虫に対する薬剤感受性検定法（改良法）は、無処理における成虫放飼 120 時間後の生存率が 96.6%と高かった。また、系統の異なる 4 薬剤と同一個体群を用いてキャベツ葉浸漬・水挿法（浜村, 1997）と比較したところ、 LC_{50} 値は処理 120 時間後では同様な値を示した。これより改良法は、タバココナジラミ成虫の薬剤感受性検定法として利用可能と考えられる。B 成虫の感受性検定において、24 時間毎に 120 時間後まで LC_{50} 値の推移を見ると、ピメトロジン水和剤以外では処理 72 時間後以降の値は安定している。しかし、遅効的な薬剤であるピメトロジン水和剤では、処理 120 時間後まで LC_{50} 値が低下しているため、薬剤感受性の評価は成虫放飼の 120 時間後に行う必要がある。改良法は検定に必要なスペースが小さく、キャベツ葉浸漬・水挿法（浜村, 1997）の 1 検体に必要なスペースで約 6 検体の検定が可能であり、一度に大量の感受性検定が実施できる。

浜村（1999）は、我が国で発生した当初の B 成虫（感受性系統）を用いて、各種薬剤の LC_{50} 値を求めている。浜村（1999）と同じ 5 薬剤について比較すると、本試験での LC_{50} 値はほぼ同じかやや低い。本研究に供試した B は、薬剤の暴露なしに 10 年以上室内で累代飼育しており、感受性が高いと考えられる。その感受性系統の B 成虫に対して、トルフェンピラド乳剤以外の供試薬剤は LC_{50} 値が 2.3~15.1ppm であり殺虫効果が期待できる。

我が国での発生初期と予想される 2004 年に採集された Q（2004 年合志個体群）は、B（1991 年合志個体群）に比べて供試薬剤に対する感受性が低いと考えられる。そのなかで Q に対して感受性が高かったのは、ピリダベン水和剤、ジノテフラン水溶剤およびニテンピラム水溶剤であった。国内の Q 成虫に対する感受性の調査では、宮崎県（松浦, 2006）、高知県（広瀬, 2006）、栃木県（山城, 2007）、福岡県（浦・嶽本, 2008）、千葉県（大井田・津金, 2008）、三重県（西野, 2008）および大分県（岡崎ら, 2010）の個体群でも 3 剤の感受性が高く、同様な傾向を示している。このことは、我が国に Q が侵入した当初、同じ特性を持った個体群が分散し、地域レベルでの感受性低下が起きていないためと考えられている（岡崎ら, 2010）。徳丸・林田（2010）は、Q（京都個体群）に対して卵、幼虫および成虫の薬剤感受性ならびに雌成虫の産卵抑制効果を調べ、その感受性や産卵抑制効果が発育段階および薬剤の種類により

異なることを報告している。また、Q 全ての発育段階に対して殺虫効果が高い薬剤は非常に少ないが、ピリダベン水和剤は全ての発育段階で高く、早急に発生密度を低下させるのに有効と評価した（徳丸・林田, 2010）。

一方、Q の感受性について、福岡県の施設栽培トマトで採集した個体群ではジノテフラン水溶剤に対して（浦・嶽本, 2008）、埼玉県施設栽培トマトで採集した個体群ではピリダベン水和剤に対して（近・岩瀬, 2012）、いずれも感受性低下が疑われていた。2012~2014 年に熊本県内のトマト、メロン圃場から採集した Q の 6 個体群は、ピリダベン水和剤、ジノテフラン水溶剤およびニテンピラム水溶剤の補正死虫率が 2004 年合志個体群に比べて低かった。また、2013 年合志個体群は、その 3 剤の LC_{50} 値が 2004 年合志個体群に比べて高くなっており、感受性が低下していると考えられる。特に、ピリダベン水和剤については、感受性比（2013 年合志個体群の LC_{50} 値/2004 年合志個体群の LC_{50} 値）が 121.9 であり、抵抗性の発達した個体群が確認された。対照的に、近年開発され 2010 年以降に農薬登録を取得したアバメクチン乳剤、レピメクチン乳剤、スピネトラム水和剤およびピリフルキナゾン水和剤は、2012~2014 年に採集した Q 個体群では補正死虫率および LC_{50} 値が 2004 年合志個体群と比べて差がなく、感受性の低下が認められなかった。

スペイン、イタリアおよびドイツでは、ネオニコチノイド剤であるイミダクロプリド、チアメトキサムおよびアセタミプリドに対して感受性が低下した Q 個体群が確認されている（Elbert and Nauen, 2000; Nauen et al., 2002）。Horowitz et al. (2004) は、Q が優占している個体群において、チアメトキサムで 12 世代淘汰するとアセタミプリドに対する感受性比は 4 倍であったが、アセタミプリドで淘汰するとチアメトキサムに対する感受性比が 554 倍になり、ネオニコチノイド剤における交差抵抗性の違いを報告している。薬剤抵抗性の発達は、同一薬剤あるいは同一系統薬剤を連用する場合に最も早いと考えられるが（浜, 1997）、本試験に供試した個体群の採集圃場では同一薬剤の連用はなかった。そのためネオニコチノイド剤に対する感受性低下は、交差抵抗性を含めて検討する必要がある。また、ネオニコチノイド剤に対する抵抗性に関して、チトクローム P450 モノオキシゲナーゼの関与が示唆されているが（Nauen et al., 2002; Rauch and Nauen, 2003）、今後さらなる抵抗性発達のメカニズムの解明が望ま

れる。

Q は、一部のネオニコチノイド剤および合成ピレスロイド剤等の感受性が低く、B と比べて感受性が低い傾向にある (Horowitz et al., 2003; 樋口, 2006; 松浦, 2006; 小林, 2007)。また、Q と B の混在した個体群の室内飼育において、薬剤無淘汰で 6 世代経過すると B が残存し、ピリプロキシフェンに対する感受性は高くなるが、同一個体群をアセタミプリドやチアメトキサムで淘汰すると、21 世代後では Q が残存し、ピリプロキシフェンに対する感受性は低いままである (Horowitz et al., 2005)。薬剤感受性が低い Q は薬剤防除後も残存し、B に比べて発生割合が高くなっていったと考えられ、Q の低い薬剤感受性が栽培作物で優占する要因として指摘されている (樋口ら, 2007; 浦・嶽本, 2008)。タバココナジラミに対して薬剤の処理回数が増えると、抵抗性が発達した Q が主体となり、防除が困難となる可能性が高い。さらに、Nauen et al. (2002) は、Q の室内飼育を無淘汰で 25 世代行ったが、イミダクロプリドの感受性は低いままであり、感受性の回復は認められなかったと報告している。これらのことから、化学合成殺虫剤のみに依存した防除は、薬剤抵抗性の発達などにより行き詰まる可能性が高い。そのためタバココナジラミに対する防除対策は、物理的防除などの有効な対策を組み合わせ、総合的な技術で取り組む必要がある。

第2節 TYLCVを保有したタバココナジラミバイオタイプ Q に対する薬剤の感染抑制効果

1 緒言

TYLCV の伝染環は、主に施設内外のトマトで形成されており (本多, 2006)、施設トマトにおけるトマト黄化葉巻病は、野外から施設内に侵入する保毒虫により 1 次感染が成立する。特に、生育初期に感染した場合、着果しないなど被害が大きい (大貫, 2000)。このため、トマト黄化葉巻病の防除対策として、保毒虫が野外からハウス内へ侵入することを防止するために、防虫ネットや近紫外線除去フィルムなどが利用されている (松浦ら, 2005; 本多, 2008a)。しかし、ハウス内への侵入を完全に阻止することは困難であるため、生産者は侵入したタバココナジラミに対して定植時期の粒剤とその後の散布剤により防除することが多い。その際に、短期間に複数回の散布を行うなどの過度な防除事例も認められている。これは保毒虫に対する薬剤の感染抑制効果の有無や

その持続期間に関する知見の不足が原因と考えられる。

これまでに TYLCV を保有した Q に対して、散布剤であるジノテフラン水溶剤の感染抑制効果について報告されている (大矢・植草, 2009a, b)。しかし、その効果の持続期間については検討されていない。また、チアメトキサムの散布は TYLCV を保有した B に対して感染抑制効果が認められ、その持続期間が 7 日程度とされているが (Mason et al., 2000)、保有した Q に対する効果の持続期間や他薬剤については不明である。そこで本研究では、一次感染を抑制するのに有効な散布間隔を明らかにするための基礎的な知見を得ることを目的とし、保有した Q による 1 次感染を想定したジノテフラン水溶剤とピリフルキナゾン水和剤の感染抑制効果およびその持続期間について室内および圃場試験で検討した。また、保毒虫に対する 2 種薬剤の忌避効果についても検討した。

2 材料および方法

2-1 供試虫および TYLCV 獲得

2004 年 11 月に熊本県農業研究センター内 (合志市) のメロン圃場からタバココナジラミ成虫を採集し、25°C, 16L8D に設定した恒温室内においてキャベツ (品種: 秋徳 SP) を与えて累代飼育した。本個体群のバイオタイプは、mtCOI 領域の塩基配列の違いによる識別法 (上田, 2006; 三浦, 2007) を用いて、供試前に Q であることを確認した。室内試験での供試虫は、プラスチック製の飼育ケージ (30×36×40 cm) にトマト黄化葉巻病の発病株を入れ、そこに累代飼育した羽化後 7 日以内の雌成虫を 3 日間寄生させたものとした。飼育ケージ内に放飼した雌成虫のうち任意の 30 頭について、PCR 法 (大貫ら, 2004) により TYLCV の保有状況を確認したところ、すべての個体から TYLCV を示す位置 (約 1.3 kbp) にバンドが確認されたことから、供試虫はすべて保毒虫として扱った。また、圃場試験では、ガラスハウスの隔離された網室内に発病したトマト株 (品種: ハウス桃太郎, 1/5000a ワグネルポット植え) とともに健全なトマト株 (品種: プリッツ, 直径 12cm ポリポット植え) を設置し、Q を放飼して各ステージが寄生している発病株 (品種: プリッツ) を試験に用いた。なお、トマト黄化葉巻病の発病株は、2009 年 5 月に熊本市の現地トマト圃場から採集した発病株由来の TYLCV イスラエル系統の保毒虫をトマト株に放飼し、25°C, 16L8D に設定した恒温室内で約

30 日間管理することで作成した。

2-2 2種薬剤の処理後日数が感染に及ぼす影響 (室内試験)

直径 6 cm ポリポット植えて播種 14 日後のトマト苗（品種：ハウス桃太郎）の地上部を所定濃度に希釈した薬液に 10 秒間浸漬し（図Ⅲ-2-1）、風乾した。供試薬剤はタバココナジラミ成虫に活性があるピリフルキナゾン水和剤 4,000 倍希釈液およびジノテフラン水溶剤 2,000 倍希釈液とし、展着剤は加用しなかった。対照には、薬剤を処理しないトマト苗を供試した。これらのトマト苗 1 株をアクリル製の筒（直径 9 cm×高さ 61 cm、上部と側面の 2 か所がナイロンゴース貼り）で囲い（図Ⅲ-2-2）、供試虫の雌成虫 3 頭を吸虫管で採集した後、放飼した。放飼は薬剤処理当日、処理 7 日後および処理 14 日後のいずれかに行った。放飼を同一日に行うため、供試

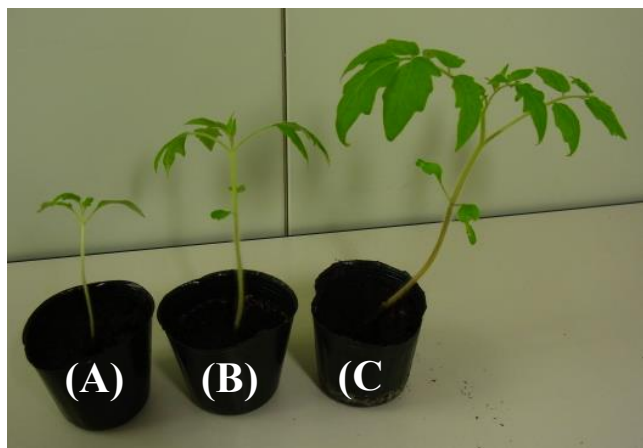
苗は播種日を調節して作成した。なお、供試苗は、処理当日で本葉が約 1 枚、処理 7 日後で約 2 枚、処理 14 日後で約 3 枚展開していた（図Ⅲ-2-3）。放飼 3 日後、アクリル製の筒を取り除いて生存虫数を計数後、吸虫管で採集した。その後、タバココナジラミの発生を防ぐために、無処理を含めたすべてのトマト苗をピリフルキナゾン水和剤 4,000 倍に浸漬し、株元にジノテフラン粒剤 2 g/株を処理した。雌成虫を除去してから 35 日後、全供試株となる各区の 27 株（全区で 243 株）を対象に葉の黄化および葉巻による病徴と PCR 法（大貫ら、2004）により発病および感染の有無を調べた。試験は、25℃、16L8D に設定した恒温室内で行った。各処理による感染株率および保毒虫の生存率の差については、処理から保毒虫放飼までの日数ごとに *G* 検定を行った後、事後検定として Holm 法で補正した Fisher の正確確率検定を行った。



図Ⅲ-2-1 供試するトマト苗の薬剤浸漬
直径 6cm ポリポット植えて播種 14 日後のトマト苗（品種：ハウス桃太郎）の地上部を所定濃度に希釈した薬液に 10 秒間浸漬した。



図Ⅲ-2-2 トマト苗に対する TYLCV を保毒したタバココナジラミバイオタイプ Q の放飼



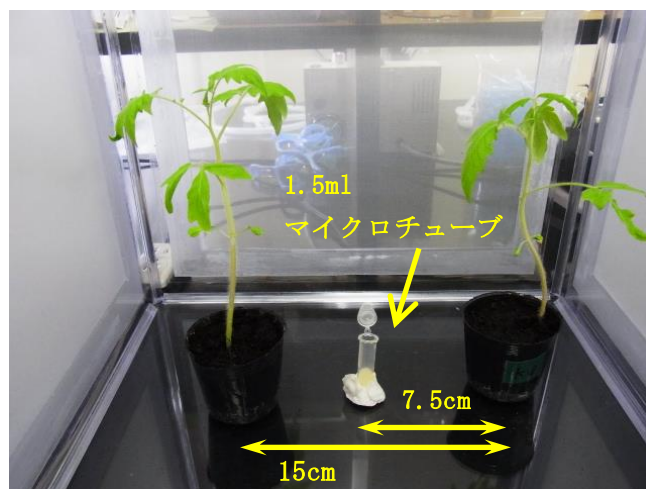
図III-2-3 供試したトマト苗

- (A) : 本葉が約 1 枚展開した薬剤処理当日の苗
(播種 14 日後)
- (B) : 本葉が約 2 枚展開した薬剤処理 7 日後の苗
(播種 21 日後)
- (C) : 本葉が約 3 枚展開した薬剤処理 14 日後の苗
(播種 28 日後)

2-3 薬剤を処理したトマト株に対する保毒成虫の選好性 (室内試験)

感染抑制効果に差が生じる要因として、保毒虫に対する薬剤の忌避効果が影響すると考えられるため、以下の実験を行った。直径 6 cm ポリポット植えて播種 30 日後のトマト苗 (品種: ハウス桃太郎) の地上部を所定濃度に希釈した薬液に 10 秒間浸漬し、風乾した。供試薬剤はピリフルキナゾン水和剤 4,000 倍希釈液およびジノテフラン水溶剤 2,000 倍希釈液を用い、展着剤は加用しなかった。また、無処理は薬剤を処理しないトマト苗を供試した。これらのトマト苗から異なる処理の 2 株をプラスチック製の飼育ケージ (30×36×40 cm) の中央に 15 cm 離して配置した。供試虫の雌成虫 1 頭を 1.5 ml マイクロチューブに入れ、配置したトマト苗の中間点 (トマト苗から 7.5 cm) に静置した (図III-2-4)。静置から 5 分後にふたを外し、どちらのトマト株へ寄生しているか観察した。事前の観察で一度トマト株へ寄生すると 20 分以上移動が認められなかったため、観察は 20 分おきに 3 回行い、寄生を確認した場合終了とした。ただし、60 分後でもトマト株へ寄生していない場合、その試験は無効とした。試験は 25°C、明条件に設定した恒温室内で、3 つの組み合わせのそれぞれについて 32 回行った。なお、試験に供試した雌成虫とトマト苗は、1 回の試験ごとに新しいものと

交換した。各処理による寄生数の差については、 χ^2 独立性検定により比較した。



図III-2-4 TYLCV を保毒したタバココナジラミバイオタイプ Q の選好性試験

プラスチック製の飼育ケージ (30×36×40cm) の中央に、TYLCV を保毒した雌成虫 1 頭が入った 1.5ml マイクロチューブを設置した。

2-4 薬剤の散布間隔と感染抑制効果 (圃場試験)

開口部に目合い 0.4mm の防虫ネットが展張された熊本県農業研究センター内のガラスハウス (8×21m) 1 棟を用いた。2014 年 8 月 18 日に播種し、育苗用ガラスハウス内に目合い 0.4mm の防虫ネットで作製した網室で育苗し、約 9 葉で第 1 花房が開花したトマト苗 (品種: りんか 409) を用い、9 月 29 日に畝幅 140cm で 5 畝を設け、株間 50cm の 1 条植えて 180 株を定植した。試験は 2 種薬剤のそれぞれについて 7 日間隔で 5 回散布する区、14 日間隔で 3 回散布する区および無散布区を設け、1 区 12 株として各区 3 反復を完全無作為化法で配置した。初回散布は 7 日間隔および 14 日間隔の散布区ともに定植 11 日後の 10 月 10 日であった (図III-2-5)。薬剤散布は背負式動力噴霧器を用い、所定濃度に希釈した薬液を 10a あたり 200~300L で行った。試験期間中の施肥・一般管理は慣行とし、供試薬剤以外の散布は行わなかった。初回散布後、Q が寄生したポット植えの発病株を各区 12 株の中央に 1 株設置して保毒虫を放飼した。配置した発病株は、設置当日では株あたりの虫数が成虫 4.3±0.6 頭 (平均±SE)、4 齢幼虫 2.0±0.6 頭寄生しており、試験終了まで置いた。供試ハウス内の

高さ 100cm に温度データロガー（おんどとり Jr.TR-52i）を設置し測定したところ、試験期間中の平均気温は 20.5℃であった。

Q の発生は、1 回目散布直前から 7 日間隔を目安に、1 処理（12 株）のうち 8 株について、上、中および下位から 1 株につき 3 複葉を選び、寄生している成虫と 4 齢幼虫を見取り調査した。トマト黄化葉巻病の発病は、全株を対象として、黄化とともに葉巻症

状を示した株を数えた。調査は初回散布 54 日後まで行った。なお、発病した株は抜き取らずにそのままとした。各区の感染株率については、ロジスティック回帰分析後に事後検定として Bonferroni 法で補正した G 検定を用いた。また、各区の成虫および 4 齢幼虫数の差については、ポアソン回帰分析後に事後検定として Bonferroni 法で補正した Mann-Whitney U 検定を用いた。



試験開始日

定植 11 日後で、TYLCV 発病株の設置日
(2014 年 10 月 10 日撮影)

TYLCV 発病株の設置 21 日後
(2014 年 10 月 31 日撮影)

試験終了日 TYLCV 発病株の設置 54 日後
(2014 年 12 月 3 日撮影)

図Ⅲ-2-5 圃場試験の様子

図中の○印は、設置した TYLCV 発病株を示す。

3 結果

3-1 2種薬剤の処理後日数が感染に及ぼす影響

薬剤処理したトマト株における TYLCV 感染株率を表Ⅲ-2-1 に示した。なお、感染株はすべて発病していた。薬剤処理当日に保毒虫を放飼したトマト苗の感染株率は、無処理の 51.9% に比べてピリフルキナゾン水和剤およびジノテフラン水溶剤処理それぞれで 0%, 3.7% と有意に低かった (G 検定, $G=31.678$, $df=2$, $p<0.0001$)。薬剤処理 7 日後に保毒虫を放飼したトマト苗の感染株率は、無処理の 63.0% に比べてピリフルキナゾン水和剤およびジノテフラン水溶剤処理で 11.1%, 14.8% と有意に低かった (G 検定, $G=21.363$, $df=2$, $p<0.0001$)。薬剤処理 14 日後に保毒虫を放飼したトマト苗の感染株率は、無処理の 51.9% に比べてピリフルキナゾン水和剤およびジノテフラン水溶剤処理で 48.1%, 70.4% と有意な差は認められなかった (G 検定,

$G=3.190$, $df=2$, $p=0.203$)。

薬剤処理したトマト株における保毒虫の生存率を表Ⅲ-2-2 に示した。いずれの区もアクリル製の筒に附着して死亡する個体が多く認められた。薬剤処理当日に放飼した保毒虫の生存率は、無処理の 24.7% に比べてピリフルキナゾン水和剤およびジノテフラン水溶剤処理ともに 0% と有意に低かった (G 検定, $G=47.655$, $df=2$, $p<0.0001$)。薬剤処理 7 日後に放飼した保毒虫の生存率は、無処理の 30.9% に比べてピリフルキナゾン水和剤およびジノテフラン水溶剤処理で 0%, 2.5% と有意に低かった (G 検定, $G=50.659$, $df=2$, $p<0.0001$)。薬剤処理 14 日後に放飼した保毒虫の生存率は無処理の 43.2% に比べて、ピリフルキナゾン水和剤およびジノテフラン水溶剤処理で 14.8%, 19.8% と有意に低かった (G 検定, $G=18.873$, $df=2$, $p<0.0001$)。

表Ⅲ-2-1 TYLCV を保毒したタバココナジラミに対する 2 種薬剤の感染抑制効果

供試薬剤	TYLCV保毒虫の放飼日					
	処理当日		処理7日後		処理14日後	
	感染株数/ 供試株数	感染 株率	感染株数/ 供試株数	感染 株率	感染株数/ 供試株数	感染 株率
ピリフルキナゾン 水和剤	0/27	0.0 a	3/27	11.1 a	13/27	48.1 a
ジノテフラン 水溶剤	1/27	3.7 a	4/27	14.8 a	19/27	70.4 a
無処理	14/27	51.9 b	17/27	63.0 b	14/27	51.9 a

表中の異なる英小文字間に有意差あり

(G 検定後に Holm 法で補正した Fisher の正確確率検定, $p<0.05$)。

表Ⅲ-2-2 TYLCV を保毒したタバココナジラミに対する 2 種薬剤の殺成虫効果

供試薬剤	TYLCV保毒虫の放飼日					
	処理当日		処理7日後		処理14日後	
	生存虫数/ 供試虫数	生存 虫率	生存虫数/ 供試虫数	生存 虫率	生存虫数/ 供試虫数	生存 虫率
ピリフルキナゾン 水和剤	0/81	0.0 a	0/81	0.0 a	12/81	14.8 a
ジノテフラン 水溶剤	0/81	0.0 a	2/81	2.5 a	16/81	19.8 a
無処理	20/81	24.7 b	25/81	30.9 b	35/81	43.2 b

表中の異なる英小文字間に有意差あり

(G 検定後に Holm 法で補正した Fisher の正確確率検定, $p<0.05$)。

3-2 薬剤を処理したトマト株に対する保毒成虫の選好性

3 つの組み合わせによる試験では、いずれの組み

合わせにおいてもほぼ半数ずつ寄生しており、両者の間に有意な差は認められなかった（表Ⅲ-2-3）。

表Ⅲ-2-3 薬剤処理したトマト苗に対する TYLCV を保毒したタバココナジラミバ
イオタイプ Q の選好性

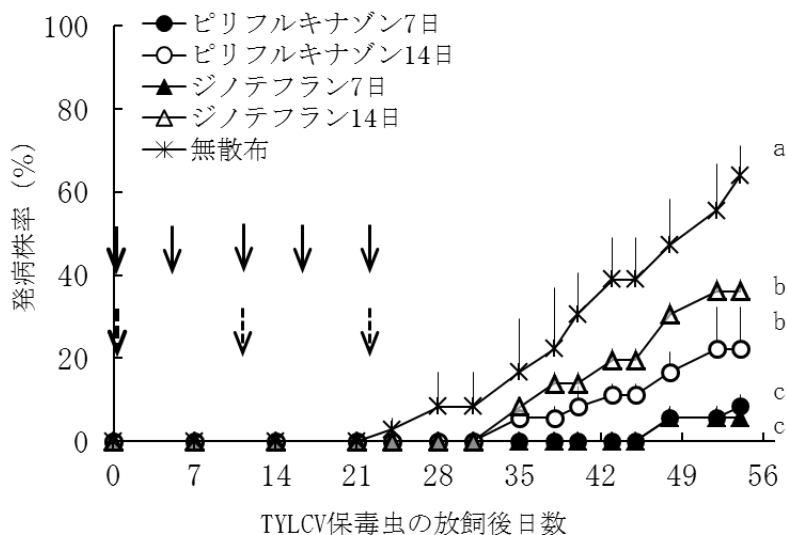
処理区	寄生数	χ^2 検定
ピリフルキナゾン水和剤	15	$\chi^2=0.125$, $df=1$, $p=0.724$
無処理	17	
ジノテフラン水溶剤	16	$\chi^2=0.000$, $df=1$, $p=1$
無処理	16	
ピリフルキナゾン水和剤	17	$\chi^2=0.125$, $df=1$, $p=0.724$
ジノテフラン水溶剤	15	

3-3 薬剤の散布間隔と感染抑制効果

所定の間隔で薬剤散布したトマト株における TYLCV の発病株率の推移を図Ⅲ-2-6 に示した。無散布区では、保毒虫放飼 24 日後に発病株を初確認し、その後増加して放飼 54 日後の発病株率は 63.9% であった。ピリフルキナゾン水和剤およびジノテフラン水溶剤の 7 日間隔散布では、放飼 48 日後に発病株を初確認し、放飼 54 日後の発病株率はそれぞれ 8.3%、5.6% であった。一方、14 日間隔散布では、放飼 35 日後に発病株を初確認し、放飼 54 日後の発病株率はピリフルキナゾン水和剤処理で 22.2%、ジノテフラン処理で 36.1% であった。各処理区の発病株率は、7 日間隔散布の 2 試験区で最も低く、次いで 14 日間隔散布の 2 試験区で低かった（ロジスティック回帰分析、薬剤処理： $G=143.065$, $df=4$, $p<0.0001$ ；放飼後日数： $G=108.179$, $df=1$, $p<0.0001$ ；交互作用： $G=4.877$, $df=4$, $p=0.300$ ）。

所定の間隔で薬剤散布したトマト株における Q の密度推移を図Ⅲ-2-7 に示した。保毒虫放飼前の調査では、成虫は 1 複葉あたり 0.04~0.06 頭と低密度ながら自然発生していたが、4 齢幼虫は認められなかった。無散布区での成虫数は、放飼 40 日後までは 1 複葉あたり 1 頭以下であったが、放飼 48~54 日後では 1.11~1.64 頭に増加した。一方、7 日間隔および 14

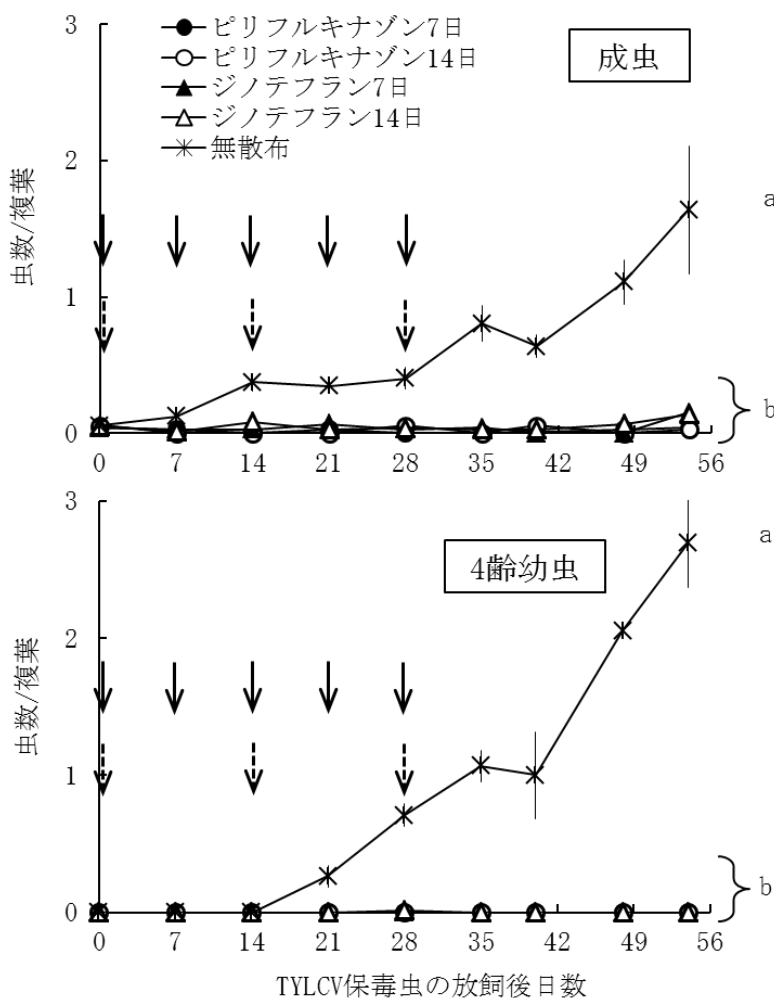
日間隔で散布した区の成虫数は、放飼 54 日後まで 1 複葉あたり 0.15 頭以下と、無散布区に比べて有意に少なかった（ポアソン回帰分析、薬剤処理： $G=19.010$, $df=4$, $p<0.001$ ；放飼後日数： $G=0.366$, $df=1$, $p=0.545$ ；交互作用： $G=1.080$, $df=4$, $p=0.897$ ）。無散布区での 4 齢幼虫数は、放飼 21 日後の初確認後、継続的に増加して放飼 54 日後では 1 複葉あたり 2.69 頭であった。一方、薬剤を散布した各区における幼虫の発生は認められておらず、無散布区に比べて有意に少なかった（ポアソン回帰分析、薬剤処理： $G=27.598$, $df=4$, $p<0.0001$ ；放飼後日数： $G=0.000$, $df=1$, $p=1.000$ ；交互作用： $G=0.055$, $df=4$, $p=0.999$ ）。



図Ⅲ-2-6 薬剤の散布間隔が異なる各区における TYLCV 発病株率の推移

↓ : 7 日間隔での薬剤散布日, ↓↓ : 14 日間隔での薬剤散布日

図中の異なる英小文字間に有意差あり (ロジスティック回帰分析後に Bonferroni 法で補正した G 検定, $p < 0.05$).



図Ⅲ-2-7 薬剤の散布間隔が異なる各区におけるタバココナジラミパイオタイプ Q の密度推移

↓ : 7 日間隔での薬剤散布日, ↓↓ : 14 日間隔での薬剤散布日

図中の異なる英小文字間に有意差あり

(ポアソン回帰分析後に Bonferroni 法で補正した Mann-Whitney U 検定, $p < 0.05$).

4 考察

本研究では、野外からハウス内へ侵入した保毒虫によるトマト株の TYLCV 感染（1 次感染）を想定し、その感染に対する薬剤の感染抑制効果を検討した。また、1 次感染が想定される生育初期のトマト株と同様に、薬剤処理後に新たな葉が展開する条件で薬剤の効果を検討した。室内試験において 2 種薬剤を処理したトマト苗の感染株率は、無処理に比べて処理当日および処理 7 日後で有意に低かった。さらに感染株率は処理後日数に伴い増加する傾向にあった。これらのことから、供試した 2 種薬剤は感染抑制効果を有し、その効果は時間の経過に伴い低下すると考えられる。また、処理 14 日後の感染株率はすべての区で差が認められなかったことから、供試した 2 種薬剤の感染抑制効果は処理後 7 日間持続することが期待できる。

保毒虫の感染能力については、TYLCV を保毒した B を 10 頭放飼した試験で最短 15 分の吸汁によりトマト株に感染が認められている (Mehta et al., 1994)。本多 (2006) は、タバココナジラミ成虫が TYLCV を一旦保毒すると、新たなトマト株での接種吸汁によるウイルス感染は速やかに起こると予想している。また、薬剤を処理したトマト株に対する保毒成虫の選好性を調べた結果、供試した 2 種薬剤は、保毒虫に対して忌避効果が認められなかった。これらのことから、薬剤処理したトマト株に保毒成虫が寄生して接触した後、吸汁抑制や殺成虫効果などの処理薬剤の即効的な効果発現により、感染抑制効果が認められたと考えられる。

一方、処理 14 日後に放飼した保毒虫の生存率は、無処理に比べて 2 種薬剤とも有意に低かった。これらのことから、薬剤による感染抑制効果と殺虫効果には差があると考えられる。保毒虫の生存率は処理 14 日後でも薬剤処理区と無処理区の間で差が認められたにも関わらず、感染株率は差が認められなかった。これは、ウイルスを媒介した後に死亡すること、1 株に 3 頭放飼したうち 1 頭が生存しても感染が成立することが要因として考えられる。

圃場試験における 2 種薬剤の感染抑制効果は、無散布区に比べていずれの散布間隔でも認められたが、14 日間隔散布に比べて 7 日間隔散布で高かった。一方、トマト株における Q の発生は、無散布区に比べて薬剤散布した 4 区で明らかに少なく、成虫および 4 齢幼虫数において散布した 4 区で差が認められなかった。この圃場試験の結果は、設置した発病株から

飛来した保毒虫が薬剤処理したトマト株上で死亡しているものの、感染が抑制されていないことを示している。前述したとおり、トマト株での接種吸汁によるウイルス感染は速やかに起こるため (本多, 2006)、保毒虫がウイルスを感染させた後に死亡したと考えられる。すなわち 14 日間隔散布は、時間の経過とともに保毒虫を死亡させるまでの時間が必要となりウイルスが感染したため、7 日間隔散布に比べて感染抑制効果が低くなったと推測される。なお、保毒虫に対する感染抑制効果および成虫に対する密度抑制効果は、供試した 2 種薬剤で差が認められなかった。

TYLCV を保毒した B に対する感染抑制効果については、チアメトキサム (Mason et al., 2000) とピメトロジン (Polston and Sherwood, 2003) で確認されている。TYLCV を保毒した Q に対しては、感受性の高いジノテフラン水溶剤またはニテンピラム水溶剤の感染抑制効果が認められるものの十分でなかったと報告されている (大矢・植草, 2009ab)。この要因として、大矢・植草 (2009ab) では放飼した保毒虫の密度が高いこと、保毒虫の暴露期間が 7 日と長いことなど、本研究に比べて TYLCV の感染圧が高いことが推測される。薬剤による感染抑制効果を得るためには、保毒虫の密度を低下させるなどの感染圧を低くすることが重要と考えられる。森田ら (2013) は、CCYV を保毒した Q に対してジノテフラン水溶剤およびピリフルキナゾン水和剤の感染抑制効果を報告している。さらに、その効果はピリフルキナゾン水和剤に比べてジノテフラン水溶剤で高いとされているが (森田ら, 2013)、本研究では TYLCV を保毒した Q に対する 2 種薬剤の感染抑制効果は同等と考えられる。この違いは、供試した Q 個体群の薬剤感受性が異なること、ウイルスによって感染するまでの接種吸汁時間が異なること等が要因と推測される。

本研究の結果から、供試した 2 種薬剤を用いて Q の密度抑制を目的とする場合は 14 日間隔の散布が、TYLCV の感染抑制を目的とする場合は 7 日間隔の散布が有効と考えられる。しかし、本研究の室内試験ではトマト苗 1 株に対して 3 頭の保毒虫を 3 日間放飼し、圃場試験では Q が寄生した発病株を感染源として設置しているため、生産現場よりも感染圧が高く過大評価している可能性がある。そのため本結果については現地試験等で実証していく必要がある。また、保毒虫に対する薬剤の感染抑制効果につ

いては、保毒虫の薬剤感受性や密度などが影響する
と考えられるため、今後、その関係性を明らかにす
る必要がある。

第3節 CCYVを保毒したタバココナジラミパイオ タイプQに対する粒剤の被害抑制効果と処理時期の 検討

1 緒言

2004年、熊本県のメロン栽培地域においてメロン
の葉が黄化する障害が発生した。この黄化症状は、Q
およびBが媒介するウリ類退緑黄化ウイルス(CCYV)
による新規病害であることが明らかになり、メロン
退緑黄化病(以下、退緑黄化病)と命名された(行
徳ら、2009)。この退緑黄化病の発病株は、葉が黄化
することによる草勢の低下、さらには果実重量およ
び糖度が低下することから(行徳、2008)、生産現場
で大きな問題となっている。

退緑黄化病と同様に、QおよびBが媒介するトマ
ト黄化葉巻病では、ネオニコチノイド系粒剤による
媒介抑制効果が認められている(内川・小川、2005;
大矢・植草、2009ab)。行徳(2008)は、退緑黄化
病に対する防除対策の一つとして定植時における粒
剤処理の重要性を挙げているが、これまでに試験事
例がない。また、株元や土壌中に処理する粒剤は、
植物体内に吸収されてタバココナジラミに防除効果
を示すまでに時間を要すると考えられ、処理時期の
検討も必要である。そこで、退緑黄化病に対する粒
剤処理の被害抑制効果と効果的な処理時期を検討し
た。

2 材料および方法

2-1 試験圃場および栽培管理

試験は、2008年および2009年の2か年実施した。
育苗および圃場試験は、熊本県農業研究センター内
のガラスハウス(間口8m×長さ21m)で行った。
ガラスハウスには天窗と側窓があり、側窓のみに目
合い0.4mmの防虫ネット(ダイオ化成(株)製、ダ
イオサンシャインスーパーソフトN-4700、以下同じ)
を展開した。育苗用ガラスハウスには、目合い0.4mm
の防虫ネットで囲った網室を組み立て、網室内で育
苗した。

試験圃場には、9cmポットで18~19日間育苗した
約3.5葉のメロン苗(品種:アールスセイヌ秋冬II)
を定植した。栽植密度は、株間45~50cm、畝間140cm
とした。なお、2008年は9月2日に定植、9月23~

28日に交配、11月25日に収穫し、2009年は8月
24日に定植、9月11~14日に交配、11月10日に収
穫した。施肥および灌水等の一般管理は、熊本県の
栽培基準に準じた。

2-2 試験区の構成

熊本県で施設果菜類に発生しているタバココナジ
ラミは、ほとんどがQと考えられる(樋口ら、2007)。
このため、本種に対して効果が高く、トマト黄化葉
巻病に対して媒介抑制効果が認められるジノテフラン
1%粒剤(大矢・植草、2009ab)を処理した。

試験区は、定植2日前にメロン苗の株元にジノテ
フラン1%粒剤を1g/株処理した育苗期後半処理区
(以後、育苗後半区)、定植時の植穴にジノテフラン
1%粒剤を1g/株処理した定植時処理区(以後、定植
時区)とした。無処理区には、アブラムシ類防除の
ため、Qに活性が低いクロチアニジン0.5%粒剤(樋
口、2006)を定植時の植穴に1g/株処理した。供試
株数は、2008年には1区10株の3反復、2009年
には1区10株の2反復とした。育苗後半区および定植
時区には、粒剤との体系処理剤として、2008年9月
22日(定植20日後)および2009年9月10日(定
植17日後)にQを対象としてピリダベン20%水和
剤を散布した。また、このほか、2009年10月1日
(定植38日後)にアザミウマ類を対象としてエマメ
クチン安息香酸塩1%乳剤を散布した。

2-3 パイオタイプQおよびCCYVの接種方法

試験には、2004年11月15日に熊本県農業研究セ
ンターガラスハウス内のメロンから採集し、累代飼
育したQ個体群を用いた。累代飼育は、25℃、16L8D
条件の恒温室内でキャベツ(品種:秋徳)を用いて
行った。なお、三浦(2007)の方法によりQである
ことを確認した。

熊本県農業研究センター内のメロンで自然発生し、
Okuda et al. (2010)の方法に準じてRT-PCR法に
よって同定したCCYVを接種に用いた。CCYVに感
染したメロン株を置いた網室内に、1/5、000aワグネ
ルポットに植えたメロン苗(品種:アールスセイヌ
秋冬II)を設置し、供試個体群を放飼した。その後、
苗を約30日間網室内で育成し、発病したメロン株を
接種源とした。接種源とした発病株は、2008年では
葉数10枚に揃えた9株、2009年では葉数3枚に揃
えた6株であった。各区に対する感染圧が同じにな
るように、発病株を定植直後から栽培後半まで試験
圃場の畝間に設置した。設置時のQの株当たり寄生

虫数（平均±SE）は、2008年には成虫 140.9±21.0頭、4 齢幼虫 59.3±9.7 頭、2009年には成虫 17.2±2.8 頭、4 齢幼虫 34.7±8.5 頭であった。

2-4 バイオタイプ Q および退緑黄化病の調査方法

各試験区の 8 株の上, 中, 下位から 1 葉 (3 葉/株) を任意に選び, 葉上の Q の成虫数と 4 齢幼虫数を定植後から概ね 7 日間隔で調査した。ただし, 2009 年の 2 回目までの調査では, 全葉を対象とした。

発病の有無と発病の程度については, 全株を対象に定植後から概ね 10 日間隔で調査し, 発病株率と発病度を求めた。発病は退緑小斑点, あるいは本症状から進展した黄化葉の有無で判断した。発病度は, 発病葉率の違いにより株ごとの発病指数を求め (発病指数 0: 発病なし, 1: 発病葉率 25%未満, 2: 同 25~50%未満, 3: 同 50~75%未満, 4: 同 75%以上), 以下の式を用いて算出した。

$$\text{発病度} = \{ \sum (\text{発病指数} \times \text{発病指数別株数}) \} \times 100$$

3 結果

3-1 バイオタイプ Q の密度推移

2008 年の無処理区における Q の寄生虫数のピークは, 成虫では定植 59 日後の 187.7 頭/葉, 4 齢幼虫では定植 78 日後の 278.0 頭/葉であった (図 III-3-1)。

2009 年の無処理区における寄生虫数ピークは成虫, 4 齢幼虫ともに定植 63 日後であり, その密度は成虫で 8.0 頭/葉, 4 齢幼虫で 20.8 頭/葉であった。株当たり放飼虫数が多かった 2008 年には 2009 年に比べて Q のピーク時密度が高く, 高密度で推移した。

2008 年の試験では, 育苗後半区と定植時区の定植 20 日後までの累積成虫数は, それぞれ 5.8 頭/葉と 4.6 頭/葉であり, 無処理区 (23.6 頭/葉) に比べて少なかった (図 III-3-1)。無処理区では定植 14 日後に 4 齢幼虫が初確認され, 定植 20 日後に 6.8 頭/葉となったが, 育苗後半区および定植時区では定植 20 日後まで認められなかった。試験期間を通じて, 成虫および 4 齢幼虫数の推移は, 育苗後半区と定植時区で同じ傾向であった。

2009 年の試験では, 定植 16 日後までの累積成虫数は, 定植時区では 6.0 頭/葉と無処理区の 7.4 頭/葉と同等であったが, 育苗後半区では 3.5 頭/葉であり, 無処理区に比べて約 1/2 と少なかった (図 III-3-1)。無処理区では定植 16 日後に 4 齢幼虫が初確認され, その密度は 0.2 頭/葉であったが, 育苗後半区および定植時区では定植 20 日後まで認められなかった。ピリダベン 20%水和剤散布後の初回調査である定植 24 日後から調査終了まで, 成虫数および 4 齢幼虫数には, 粒剤処理した 2 区の間には差が認められなかった。

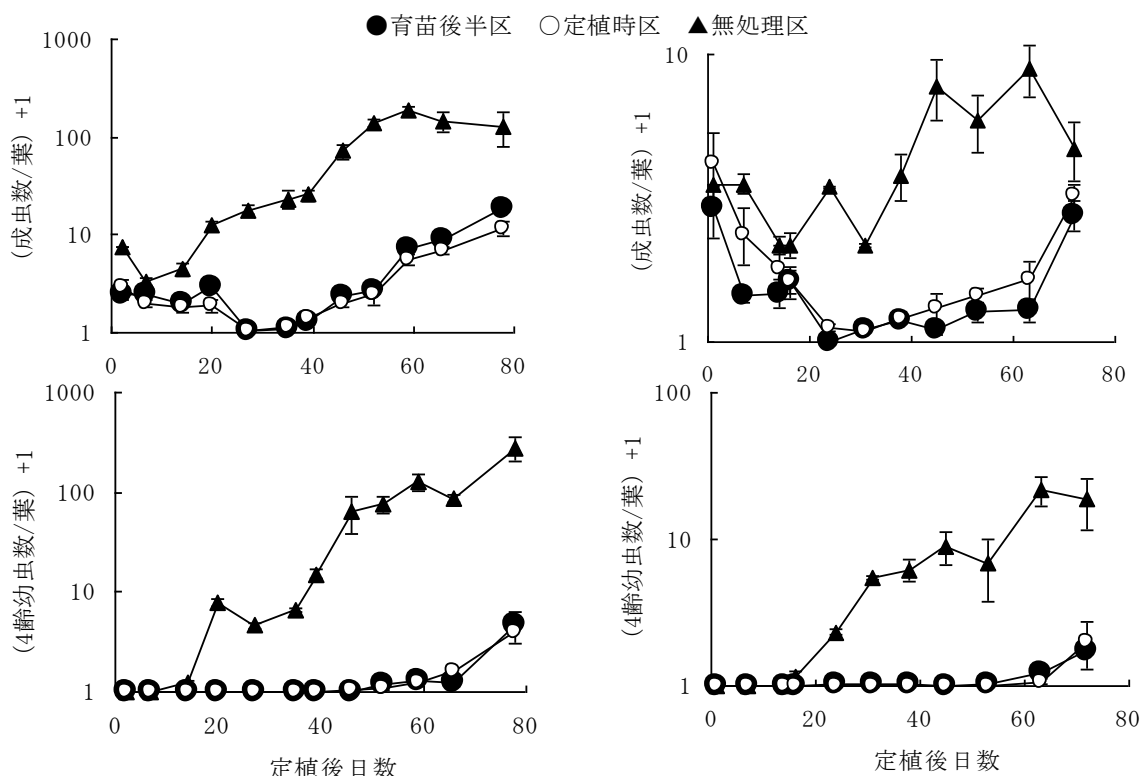


図 III-3-1 タバココナジラミバイオタイプ Q 成虫および 4 齢幼虫の密度推移

縦軸は対数目盛である。 図中の縦線は標準誤差を示す。

3-2 メロン退緑黄化病の発病推移

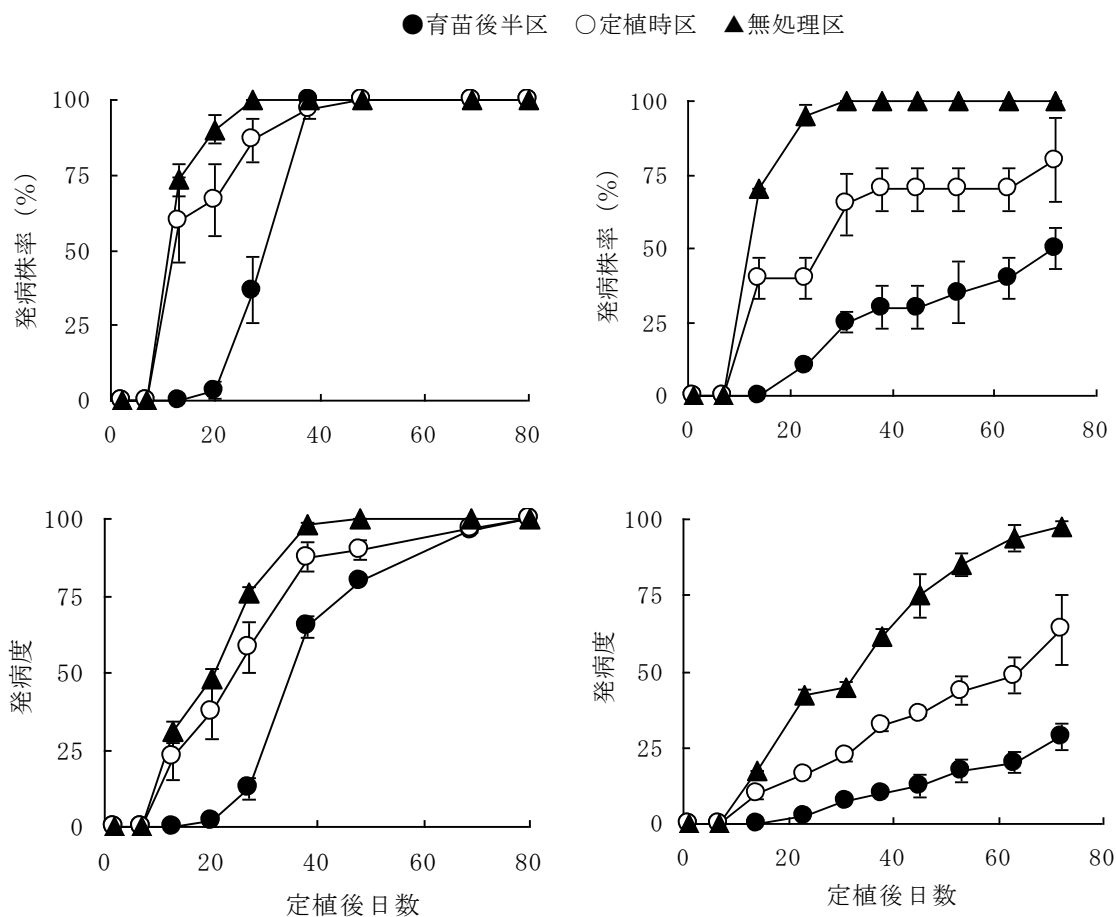
2008年の無処理区では、定植27日後に退緑黄化病の発病株率が100%になり、定植48日後の発病度は100であった(図Ⅲ-3-2). 2009年の無処理区では、定植31日後の発病株率が100%で、最終調査である定植72日後の発病度は97.5であった. 調査期間を通じて、株当たり放飼虫数が多かった2008年には2009年に比べての退緑黄化病の発病度が高く推移した.

2008年の定植20日後の発病株率および発病度は、育苗後半区では3%および2, 定植時区では67%および38と、無処理区(90%および48)に比べて低かった(図Ⅲ-3-2). また、育苗後半区の発病株率および発病度は、定植27日まで定植時区の1/2以下で

あった. しかし、定植38日後には両区ともに全株発病し、発病度は育苗後半区65, 定植時区97と、その差が小さくなり、定植69日後には、両区とも100に近づいた(図Ⅲ-3-3).

2009年の定植14日後の発病株率および発病度は、育苗後半区では0%および0, 定植時区では40%および10と、無処理区(70%および18)に比べて低かった(図Ⅲ-3-2). また、育苗後半区の発病株率および発病度は、定植53日まで定植時区の1/2以下、定植63日後以降では2/3以下であった.

2か年の試験を通じて、育苗後半区における発病の初確認時期は定植20~23日後であった. これは定植時区および無処理区の定植13~14日後に比べて遅かった.



図Ⅲ-3-2 メロン退緑黄化病の発病株率および発病度の推移
図中の縦線は標準誤差を示す.



定植時
(2008年9月2日撮影)



定植 39 日後
(2008年10月11日撮影)



定植 84 日後
(2008年11月25日撮影)

図Ⅲ-3-3 試験圃場でのメロン退緑黄化病の発生状況 (2008年)

3-3 果実重量および糖度に対する影響

2か年の試験において、育苗後半区の果実重量および糖度は、定植時区と差がなかったものの、無処理区に比べて有意に重量が重く、糖度が高かった(表Ⅲ-3-1)。一方、定植時区では、無処理区と比べて2008年の果実糖度のみ有意に高かった。

表III-3-1 メロン果実の重量および糖度

	2008		2009	
	果実重量 (g)	果実糖度 (Brix)	果実重量 (g)	果実糖度 (Brix)
育苗後半区	1,547±80 a	13.1±0.1 a	1,974±22 a	15.8±0.3 a
定植時区	1,408±46 ab	11.2±0.3 a	1,675±63 ab	14.3±0.2 ab
無処理区	1,149±21 b	9.0±0.3 b	1,009±154 b	9.7±1.0 b

a) 表中の数値は平均値±SE.

異なる英小文字間に有意差あり (Tukey HSD 検定, $p < 0.05$).

4 考察

果菜類において、ジノテフラン 1%粒剤を定植時に植穴処理した時の Q に対する密度抑制効果は 20~30 日とされている (樋口・行徳, 2011). このため、定植時の粒剤処理単独で収穫時期まで Q を防除することは困難と予想される. 生産現場での活用を考慮し、本研究においては、Q に効果が認められるピリダベン 20%水和剤 (徳丸・林田, 2010) との体系処理を行った. したがって、ピリダベン 20%水和剤の散布前まではジノテフラン 1%粒剤単独の防除効果であり、散布後は体系処理の防除効果である.

2 か年の試験ともに、ピリダベン 20%水和剤の散布前には、ジノテフラン 1%粒剤を処理した 2 区の発病株率および発病度は、無処理区に比べて低かった. このことから、ジノテフラン 1%粒剤は、退緑黄化病に対して媒介抑制効果があることが確認された. また、育苗後半区では、定植時区に比べて発病株率および発病度が低く、媒介抑制効果が高いと考えられる (樋口・行徳, 2010).

一方で、ジノテフラン 1%粒剤の成虫に対する密度抑制効果、すなわちピリダベン 20%水和剤の散布前までの累積成虫数は、媒介抑制効果と異なる傾向であった. 粒剤処理した 2 区の累積成虫数は、2008 年ではほぼ同等で、2009 年では育苗後半区でやや少なかった. しかし、育苗後半区の媒介抑制効果は、2 年とも定植時区に比べて高かった. ジノテフランを含むネオニコチノイド系殺虫剤は、殺虫作用だけでなく、吸汁行動の抑制作用を持つ (日本植物防疫協会, 2009). このため、ジノテフラン 1%粒剤の CCYV 媒介抑制効果には、成虫に対する密度抑制効果だけでなく、吸汁抑制効果も関与していると推察される. つまり、メロン株に成虫が存在しているものの、吸

汁行動が抑制されるために CCYV を媒介できないことが考えられる.

ジノテフラン粒剤と同系統のイミダクロプリド 1%粒剤 (2g/株) またはアセタミプリド 2%粒剤 (1g/株) をトマト定植時にの植穴処理すると、トマト株内の殺虫成分の濃度は、処理後上昇しながら処理 7 日後にピークとなる (橋本, 2007). ジノテフラン 1%粒剤についても、処理後に植物体内の成分濃度が上昇し、吸汁抑制あるいは殺虫効果が認められる濃度に到達するまで、一定の時間を要すると考えられる. したがって、定植時区のみでは、定植後から一定の時間は粒剤の効果が期待できない. 一方、定植 2 日前に処理した育苗後半区のみでは、定植時に吸汁抑制あるいは殺虫効果が認められる濃度以上上昇していたと予測される. このため、定植直後の育苗後半区は定植時区に比べて媒介抑制効果が高くなり、この違いが粒剤処理した 2 区の効果の差になったと推察される.

収穫果実の品質は、育苗期後半または定植時の粒剤処理とその後の散布剤の影響を受けるため、体系処理の結果として現れる. 本研究において果実重量および糖度をみると、定植時区では無処理区に比べて 2008 年の糖度で有意に高かったのみであるが、育苗後半区では無処理区に比べて 2 年とも有意に重量が重く、糖度が高かった. 林田ら (2009) は、発病時期が早いほど、果実重量および糖度が低下すると報告している. 行徳 (2008) は、発病時期が早いほど被害も大きくなると報告している. このことから、ジノテフラン 1%粒剤の育苗期後半処理と散布剤の防除体系は、定植時の植穴処理と散布剤の防除体系に比べて果実の品質が高くなることが示唆された. 内川・小川 (2005) は、タバココナジラミパイオ

タイプBを用いたトマト黄化葉巻病に対する試験で、定植直後から媒介虫が多発生する条件では、ネオニコチノイド系粒剤の育苗期後半処理の媒介抑制効果は定植時処理に比べて高いと報告している。本研究でのQを用いた退緑黄化病の試験から、ジノテフラン1%粒剤の育苗期後半処理は、定植時の植穴処理に比べて被害抑制効果が高いと考えられる。今後、散布薬剤との防除体系を構築するには、育苗期での最適な粒剤の処理時期や残効を明らかにする必要がある。

第IV章 総合考察

果菜類などの重要害虫として知られているタバココナジラミは、熱帯、亜熱帯および温帯地域の世界各地に広く生息するとともに、薬剤感受性や寄主適合性などの生物的特徴が異なる多くのバイオタイプの存在が知られている (Perring, 2001)。これまで我が国で確認されたバイオタイプとしては、在来系統である JpL (宮武, 1980; Ueda et al., 2009) および Nauru (Ueda et al., 2009; 貴島ら, 2011a, b)、海外から侵入した B (大戸, 1990; 松井, 1993) および Q (Ueda and Brown, 2006) の主に4種類である。特に、2004年に熊本および鹿児島県において、初めて確認されたQ (Ueda and Brown, 2006) は、Bと同様に寄主範囲が広いことに加え (飯田ら, 2009, 2010)、海外ではネオニコチノイド剤やピリプロキシフェンに対して抵抗性が発達した個体群が報告されるなど (Nauen et al., 2002; Horowitz et al., 2003)、低い薬剤感受性が特徴であった。本研究では、我が国で発生するタバココナジラミのなかで、新しく確認され急速に分布域を拡大しているQを主な対象とした。

タバココナジラミによる被害は、直接的な吸汁害よりも病原ウイルスを媒介することによる間接的な被害が大きい (本多, 2008a)。タバココナジラミが媒介するウイルスは多数存在するが、九州地域で特に問題となっている病原ウイルスは、*Begomovirus* 属である TYLCV と *Crinivirus* 属である CCYV の2種である (樋口, 2014)。昆虫媒介性ウイルス病の防除においては、ウイルス媒介昆虫とウイルス源、栽培植物の間の伝染環をいかに断ち切るかが重要である (本多, 2005)。そのために防除対策は、ウイルスを保毒したタバココナジラミに対する「侵入防止対策」、「増殖防止対策」および「移出防止対策」に

分けることができる。

本研究では、タバココナジラミの生態解明および防除対策のなかで「増殖防止対策」について検討している。本稿の第II章ではタバココナジラミの生態解明として、第1節で熊本県に発生しているタバココナジラミのバイオタイプを調査した。さらに、第2節では熊本県でのタバココナジラミの野外越冬の可否を明らかにするために、Qの耐寒性を主体に調査した。第III章ではタバココナジラミに対する「増殖防止対策」として、第1節で薬剤検定法の開発を行い、その開発した検定法によりQの感受性を調査した。第2節では TYLCV を保毒したQに対する散布薬剤の感染抑制効果、第3節では CCYV を保毒したQに対する粒剤の被害抑制効果と処理時期について検討した。

第II章の第1節では、熊本県内の施設および露地栽培の作物からタバココナジラミ成虫を約1,200頭採集してバイオタイプを調査した。その結果、熊本県内の栽培作物に発生しているタバココナジラミは、発生時期、地域および寄主作物に関係なく、Qが優占していると考えられる。Qが侵入して以降、熊本県以外の福岡県、佐賀県、大分県および宮崎県の九州4県でもバイオタイプの分布調査が実施され、Qが優占していると報告されている (松浦, 2006; 鎌田ら, 2008; 浦・嶽本, 2008; 岡崎ら, 2010)。これらのことから、2004年以降、九州地域で栽培作物に発生しているタバココナジラミは、Qが優占していると考えられる。

翌年の農作物におけるタバココナジラミの被害リスクを評価するためには、冬季の成虫、幼虫および卵の生存率を知る必要がある (Lin et al., 2007)、Qの防除を考える上で野外越冬の可否を知ることは重要である。そのため第II章の第2節では、九州地域で優占しているQの耐寒性を調査した。熊本県におけるQの野外越冬は、卵および幼虫の生存率が0.7%と低いものの可能であった (樋口ら, 2017)。このことは、国内におけるQの野外越冬を初めて確認した事例となる。ただし、Qは冬春トマト栽培などで冬季に継続的な発生が認められており、主に栽培施設内で越冬していると考えられる。そのため、栽培施設の内部から外部への成虫の移動を防ぐことは、本種的生活環を断つ上で重要であり (杖田ら, 2007)、収穫終了後、ハウス内のQを死滅させるための太陽熱を利用したハウス密閉処理は、本種に対しても有効な防除手段と考えられる。本研究は熊本県内で行っており、今後、他地域でもQの野外越冬の状況が

明らかになることが期待される。

第Ⅲ章の第1節では、ウイルスを媒介する Q に対する「増殖防止対策」の一環として、新たな薬剤感受性検定法を開発した。その検定法を用いて、2004年から2014年の期間において、熊本県内で自然発生している Q 個体群の各種薬剤に対する感受性を調査した。国内で Q が初確認された2004年頃、Q に対して感受性が高かった薬剤は、ピリダベン水和剤、ジノテフラン水溶剤およびニテンピラム水溶剤であった。同時期に他県でも感受性検定が実施されているが、同様に3剤の感受性が高い傾向であった。一方、2012～2014年に熊本県内で採集した Q 個体群は、ピリダベン水和剤、ジノテフラン水溶剤およびニテンピラム水溶剤に対する感受性が低下していると考えられた。これはトマト黄化葉巻病やウリ類退緑黄化病の発生が問題となり、病原ウイルスを媒介する Q に対して3剤を用いた防除が主体的に行われたことが推測される。

第Ⅲ章の第2節および第3節では、TYLCV または CCYV を保毒した Q の野外からハウス内への侵入を想定し、薬剤の効果や処理時期を検討した。ジノテフラン水溶剤およびピリフルキナゾン水和剤は、TYLCV の感染抑制効果を有することが明らかとなり、Q の密度抑制効果を目的とする場合は14日間隔の散布が、TYLCV の感染抑制を目的とする場合は7日間隔の散布が有効と考えられる(樋口ら, 2016)。これらの薬剤はトマト黄化葉巻病の防除薬剤として、ローテーションの基幹剤として利用できると考えられる。第3節では、ジノテフラン粒剤が CCYV の感染抑制効果を有することを明らかにした。また、本粒剤の効果は、定植時の植穴処理に比べて、定植3日前頃の育苗期後半処理で高くなると考えられる。これは処理後に植物体内の成分濃度が上昇し、薬剤効果が認められる濃度に到達するまで、一定の時間が必要であるためと考えられる。第2節および第3節で用いた Q は2004年に採集した感受性個体群であった。第1節で述べたように、ジノテフランについては Q の感受性低下が認められており、感受性低下が感染抑制効果に及ぼす影響については今後の検討課題である。

本研究では、「侵入防止対策」、「増殖防止対策」および「移出防止対策」のなかで「増殖防止対策」を検討したが、薬剤以外の「増殖防止対策」もある。コナジラミ類やアザミウマ類などの捕食性天敵であるスワルスキーカブリダニ *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (以下、スワルスキー) は、農薬登

録され施設果菜類を中心に普及しつつある(山中, 2011)。スワルスキーは、施設キュウリに発生するタバココナジラミに対して、高い密度抑制効果が示されている(柴尾ら, 2009)。ただし、スワルスキーはタバココナジラミの卵、若齢幼虫を捕食するが、成虫を捕食できないため(山中, 2009)、保毒した成虫によるウイルス媒介を阻止することはできない。しかし、卵などを捕食するため、ウイルス病の発病株でもタバココナジラミを低密度に抑え、ハウス内の保毒虫数を抑制することが期待される。今後、媒介されるウイルス病に対するスワルスキーの有効性の検証が望まれる。

タバココナジラミの成虫が黄色に誘引される性質(三宅ら, 1991)を利用した、物理的防除資材を用いた「増殖防止対策」もある。トマトハウスの内部または外部に黄色粘着フィルムを設置することで、コナジラミ類に対する密度抑制効果が認められており、その効果は外部設置に比べて内部設置で高かった(徳丸ら, 2009; 徳丸, 2010)。今後、タバココナジラミが引き起こすウイルス病に対する効果について評価されることが望まれる。他の「増殖防止対策」として、トマト黄化葉巻病の被害を回避するために、TYLCV 耐病性品種が市販されており(斎藤, 2006)、九州地域の生産現場でも栽培されている。TYLCV 耐病性品種は、感受性品種に比べて TYLCV 感染株率が低くなる事例が報告されており(堤, 2010)、ハウス内の感染源が少なくなり保毒虫を増加させないことが期待される。しかし、現在の TYLCV 耐病性品種は、ウイルス濃度が低下し病徴が抑制されるものの、ウイルス感染を完全に阻止することはできないとされている(本多, 2006)。そのため、TYLCV 耐病性品種はウイルス源になりうるため、使用にあたっては注意が必要である(本多, 2005; 斎藤, 2006)。CCYV 耐病性品種については現在のところ市販されていないが、メロンで抵抗性を示す系統が確認されている(Okuda et al., 2013)。

「侵入防止対策」については、ハウス内への保毒虫の侵入を完全に阻止することが可能であればウイルス病も発生しないため、重要な対策である。その対策の一つであるハウス開口部への防虫ネットの展開は、野外からハウス内へのタバココナジラミの侵入を抑制することができる。防虫ネットの目合いとタバココナジラミの侵入率の関係は、細かい目合いほど侵入率が低い傾向にあり、ハウス内への侵入を完全に阻止する防虫ネットの目合いは、0.4 mm 未満としている(松浦ら, 2005)。ただし、ハウス開口部

に細かい目合いの防虫ネットを展張した場合、ハウス内の温度が上昇し、作物の生育に悪影響を与えることが懸念される(上遠野・河名, 1996)。そのため、目合い 0.8mm の防虫ネットでの侵入抑制効果の向上をねらい、防虫ネットにマシン油乳剤等を付着させることも検討されている(溝辺, 2010)。

近紫外線除去フィルムを展張したハウスは、紫外線を透過する一般的なフィルムを展張したハウスに比べて、野外からのタバココナジラミの侵入を抑制する(嶋田, 1994)。近年、九州地域のキュウリ栽培においては、コナジラミ類やアザミウマ類の侵入抑制をねらった近紫外線除去フィルムの利用がすすんでいる。ただし、トマト、メロン、スイカなどの作物で、紫外線除去の影響を受けるマルハナバチやミツバチを受粉昆虫として用いる場合、近紫外線除去フィルムの利用は注意が必要である。小川・内川(2004)は、近紫外線除去フィルムと目合い 0.6mm の防虫ネットを組み合わせて(以下、物理的防除区)、タバココナジラミとトマト黄化葉巻病に対する防除効果を検討しており、紫外線を透過する一般的なフィルムを被覆し、防虫ネットを展張していない対照区に比べて、物理的防除区におけるタバココナジラミの発生は少なく、トマト黄化葉巻病の発病株率も 1/3~1/2 に抑制されたことを報告している。

「移出防止対策」を行い、保毒虫をハウスから野外へ移出させないことは、地域の保毒虫密度を抑え、被害低減に効果的であると考えられる。栽培終了時にハウスを密閉処理することは、保毒虫をハウス内から野外へ移出させない対策となる。Q の高温耐性を調査した結果、成虫は 45℃では餌の有無に関係なく 3 時間以内に死滅し、B 成虫と同程度の高温耐性であった(古家, 2006; 杖田ら, 2007; 大井田ら, 2009)。また、夏季の晴天日にハウス内を 45℃以上に 3 時間以上維持できれば 1 日のハウス密閉処理でも防除可能であり、より短時間で Q を死滅させるためには栽培作物の茎を切断するとともに、ハウス内を雑草がない環境にすることが効果的である(大井田ら, 2009)。ハウス密閉処理によりハウス内のタバココナジラミが死滅しても、TYLCV 感染株が残っていると処理後に飛び込んだ媒介虫が保毒虫になる可能性が高く、媒介虫の死滅とともに感染株を全て枯死させることも重要である(古家, 2006)。

九州地域において確認された Q は、関係者が侵入に気がついたときには分布域を拡大しており、優占していたと考えられる。Q の発生は、薬剤抵抗性が発達していたこともあり、生産現場に大きな混乱を

招いた。このような状況を繰り返さないためにも、多くのバイオタイプが存在するタバココナジラミにおいては、新たなバイオタイプの侵入を警戒しておく必要がある。新たなバイオタイプが発生した場合、その被害をより早く抑えるためにも、発生しているバイオタイプの種類を定期的に調査することが求められる。

タバココナジラミが媒介する新たなウイルスの侵入にも警戒が必要である。Q の分布域が拡大しているアメリカやヨーロッパの一部では、タバココナジラミが媒介する新たなウイルス病の発生が問題となっている。上田(2007)は、それらのなかでも北米や地中海諸国でウリ科作物に大きな被害を与えている *Squash leaf curl virus* (*Begomovirus* 属) や *Cucurbit yellow stunting disorder virus* (*Crinivirus* 属) の我が国への侵入を警戒するように指摘している。トマト黄化葉巻病をはじめとする昆虫媒介性ウイルス病の防除では、ウイルスの伝染環をいかに断ち切るかが重要である。媒介虫であるタバココナジラミに対する防除対策は、本研究で取り扱った「増殖防止対策」だけでなく、「侵入防止対策」および「移出防止対策」を相互に矛盾なく組み合わせて、総合的な技術で取り組む必要がある。

VI 引用文献

- 1) Bedford, I. D., R. W. Briddon, J. K. Brown, R. C. Rosell and P. G. Markham (1994) Geminivirus transmission and biological characterization of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotypes from different geographic regions. *Ann. Appl. Biol.* 125 : 311-325.
- 2) Bird, J. and K. Maramorosch (1978) Viruses and virus diseases associated with whiteflies. *Adv. Virus Res.* 21 : 77-88.
- 3) Boykin, L. M., R. G. Shatters Jr., R. C. Rosell, C. L. McKenzie, R.A. Bagnall, P. De Barro and D. R. Frohlich (2007) Global relationships of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) revealed using Bayesian analysis of mitochondrial COI DNA sequences. *Mol. Phylogenet. Evol.* 44 : 1306-1319.
- 4) Brown, J. K. (2000) Molecular markers for the identification and global tracking of whitefly vector-begomovirus complexes. *Virus Res.* 71 : 233-260.

- 5) Brown, J. K. and J. Bird (1992) Whitefly-transmitted geminiviruses in the Americas and the Caribbean Basin: past and present. *Plant Dis.* 76 : 220-225.
- 6) Brown, J. K., T. M. Perring, A. D. Cooper, I. D. Bedford and P. G. Markham (2000) Genetic analysis of *Bemisia* (Hemiptera: Aleyrodidae) populations by isoelectric focusing electrophoresis. *Biochem Gen.* 38 : 13-25.
- 7) Costa, A. S. and L. M. Russell (1975) Failure of *Bemisia tabaci* to breed on cassava plants in Brazil (Hemiptera: Aleyrodidae) *Cienc. Cult.* 27 : 388-390.
- 8) Costa, H. S. and J. K. Brown (1991) Variation in biological characteristics and in esterase patterns among populations of *Bemisia tabaci* (Genn.) and the association of one population with silverleaf symptom development. *Entomol. Exp. Appl.* 61 : 211-219.
- 9) Elbert, A. and R. Nauen (2000) Resistance of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) to insecticides in southern Spain with special reference to neonicotinoids. *Pest Manag. Sci.* 56: 60-64.
- 10) 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.
- 11) Gu, Q. S., Y. H. Liu, Y. H. Wang, W. G. Huangfu, H. F. Gu, L. Xu, F. M. Song and J. K. Brown (2011) First report of *Cucurbit chlorotic yellows virus* in cucumber, melon, and watermelon in China. *Plant Dis.* 95 : 73.
- 12) Guirao, P., F. Beitia and J. L. Cenis (1997) Biotypic determination of Spanish populations of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Bull. Entomol. Res.* 87 : 587-593.
- 13) 行徳 裕(2008) メロンおよびキュウリ退緑黄化病(仮称)の発生と防除対策. *植物防疫* 62 : 424-426.
- 14) 行徳 裕・古家 忠・江口武志(2008) 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. *熊本農研セ研報* 15 : 50-61.
- 15) 行徳 裕・岡崎真一郎・古田明子・衛藤友紀・溝辺真・久野公子・林田慎一・奥田 充(2009) 新規クリニウイルスによるメロン退緑黄化病(新称)の発生. *日植病報* 75 : 109-111.
- 16) 浜村徹三(1997) 植物防疫基礎講座 農業害虫および天敵昆虫等の薬剤感受性検定マニュアル (10) 野菜・花き害虫: シルバーリーフコナジラミ. *植物防疫* 51 : 290-293.
- 17) 浜村徹三(1999) 各種散布薬剤に対するシルバーリーフコナジラミの感受性(シルバーリーフコナジラミの薬剤感受性). *野菜茶試研報* 14 : 177-187.
- 18) Hamed, K., W. Menzel, G. Dafalla, A. M. A. Gadelseed and S. Winter (2011) First report of *Cucurbit chlorotic yellows virus* infecting muskmelon and cucumber in Sudan. *Plant Dis.* 95 : 1321.
- 19) 橋本良子(2007) アセタミプリドおよびイミダクロプリドのトマトへの浸透移行性. *東京農総研報* 2 : 115-118.
- 20) 林田慎一・行徳 裕・小野 誠(2009) メロン葉の黄化が果実肥大および品質に及ぼす影響. *園芸学研究* 6 (別1) : 194.
- 21) 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.
- 22) 樋口聡志(2014) 九州地域におけるタバココナジラミの発生と防除. *応動昆* 58 : 333-341.
- 23) 樋口聡志・古家 忠・後藤千枝・坂巻祥孝・津田勝男(2016) *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLSCV) を保毒したタバココナジラミ(カメムシ目: コナジラミ科) バイオタイプ Q に対する 2 種薬剤の感染抑制効果. *応動昆* 60 : 93-96.
- 24) 樋口聡志・行徳 裕(2010) タバココナジラミバイオタイプ Q が媒介するメロン退緑黄化病に対するジノテフラン粒剤の被害抑制効果と処理時期の検討. *九病虫研会報* 56 : 77-82.
- 25) 樋口聡志・行徳 裕 (2011) メロン退緑黄化病の媒介虫であるタバココナジラミに有効な薬剤防除. *植物防疫* 65 : 534-537.
- 26) 樋口聡志・行徳 裕・飯田博之・津田勝男(2017) 熊本県でのタバココナジラミバイオタイプ Q (カメムシ目: コナジラミ科) の野外越冬の可能性. *応動昆* 61 : 1-8.
- 27) 樋口聡志・前田美沙・行徳 裕・上田重文・小牧孝一(2007) 熊本県に発生しているタバココナジラミのバイオタイプ分布と季節的変動. *九病虫研会報* 53 : 59-65.
- 28) 広瀬拓也(2006) 高知県の施設栽培シトウ・ピーマンにおけるタバココナジラミの発生状況. *今月の農業* 50(10) : 13-16.

- 29) Hirota, T., T. Natsuaki, T. Murai, H. Nishigawa, K. Niibori, K. Goto, S. Hartono, G. Suastika and S. Okuda (2010) Yellowing disease of tomato caused by *Tomato chlorosis virus* newly recognized in Japan. *J. Gen. Plant Pathol.* 76 : 168-171.
- 30) 本多健一郎(2005) トマト黄化葉巻病と媒介コナジラミをめぐる最近の研究情勢. *植物防疫* 59:299-304.
- 31) 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.
- 32) 本多健一郎(2008a) タバココナジラミのバイオタイプと媒介ウイルスをめぐる諸問題. *北日本病虫研報* 59 : 1-8.
- 33) 本多健一郎 (2008b) 日本型トマト多収生産に向けた研究開発のマイルストーン [9] -今後の施設生産に望まれる病害虫管理について (IPM の取組みとその事例) -. *農業および園芸* 83 : 1125-1131.
- 34) 本多健一郎 (2010) トマト黄化葉巻病の総合防除マニュアル作成. *植物防疫* 64 : 657-659.
- 35) Horowitz, A. R., I. Denholm, K. Gorman, J. L. Cenis, S. Kontsedalov and I. Ishaaya (2003) Biotype Q of *Bemisia tabaci* identified in Israel. *Phytoparasitica* 31 : 94-98.
- 36) Horowitz, A. R., S. Kontsedalov and I. Ishaaya (2004) Dynamics of resistance to the neonicotinoids asetamiprid and thiamethoxam in *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 97 (6) : 2051-2056.
- 37) Horowitz, A. R., S. Kontsedalov, V. Khasdan and I. Ishaaya (2005) Biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* and their relevance to neonicotinoid and pyriproxyfen resistance. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 58 : 216-225.
- 38) Huang, L. H., H. H. Tseng, J. T. Li and T. C. Chen (2010) First report of *Cucurbit chlorotic yellows virus* infecting cucurbits in Taiwan. *Plant Dis.* 94 : 1168.
- 39) 飯田博之 (2011) 地球温暖化と南方性害虫. *タバココナジラミバイオタイプBとQの日本における野外越冬の可能性* (積木久明 編). 北隆館, 東京, pp. 102-111.
- 40) Iida, H., T. Kitamura and K. Honda (2009) Comparison of egg-hatching rate, survival rate and development time of the immature stage between B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) on various agricultural crops. *Appl. Entomol. Zool.* 44 : 267-273.
- 41) 飯田博之・北村登史雄・本多健一郎・水澤靖弥・鎌田茂・大野徹・広瀬拓也(2009) タバココナジラミバイオタイプQの寄主範囲. *関西病虫研報* 51 : 75-77.
- 42) 飯田博之・本多健一郎(2010) タバココナジラミのバイオタイプBとQにおける寄主範囲および発育特性の比較. *植物防疫* 64 : 474-478.
- 43) 上遠野富士夫・河名利幸(1996) 施設野菜害虫の物理的防除法ー被覆資材. *植物防疫* 50 : 468-471.
- 44) 加藤公彦(1999) トマトの新しいウイルス TYLCV の発生. *植物防疫* 53 : 308-311.
- 45) 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.
- 46) 貴島圭介・上田重文・大野豪・喜久村智子・上宮健吉・大石毅・太郎良和彦・谷口昌弘・坂神たかね・安藤緑樹・二神和靖・上里卓巳・兒玉博聖(2011a) 琉球諸島におけるタバココナジラミバイオタイプの地理的分布と寄主作物. *応動昆* 55 : 9-17.
- 47) 貴島圭介・上田重文・上宮健吉・喜久村智子・来間美紀・大石毅・大野豪 (2011b) 琉球諸島におけるタバココナジラミバイオタイプの野生寄主. *応動昆* 55 : 249-253.
- 48) 気象庁(2009) 気象統計情報.
<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>
- 49) 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.
- 50) 小林政信(2007) コナジラミ類の薬剤感受性の特性. *植物防疫* 61 : 21-26.
- 51) 近達也・岩瀬亮三朗(2012) トマト黄化葉巻病を媒介するタバココナジラミ類の総合防除体系の確立. *植物防疫* 66 : 442-449.
- 52) 熊本県農業研究センター (2011)
<http://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/attachment/49233.pdf>
- 53) 鎌田龍星・口木文孝・衛藤友紀・近藤友弥・中村宏子・古田明子・白石祥子・緒方和裕(2008) 地上高10mのネットトラップによるコナジラミ類个体数の推移と2001年以降に採集されたタバココナジラミのバイオタイプ. *九病虫研会報* 54 : 105-108.

- 54) Lee, M. H., S. K. Kang, S. Y. Lee, H. S. Lee, J. Y. Choi, G. S. Lee, W. Y. Kim, S. W. Lee, S. G. Kim and K. B. Uhm (2005) Occurrence of the B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci* in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 44 : 169-175.
- 55) Lin, K., K. Wu, Y. Zhang and Y. Guo (2007) Overwintering and population dynamics of *Bemisia tabaci* biotype B in greenhouse during the spring in northern China. *Crop Prot.* 26 : 1831-1838.
- 56) Mason, G., M. Rancati and D. Bosco (2000) The effect of thiamethoxam, a second generation neonicotinoid insecticide, in preventing transmission of *tomato yellow leaf curl geminivirus* (TYLCV) by the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius). *Crop Prot.* 19 : 473-479.
- 57) 松浦 明(2006) 宮崎県におけるタバ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.
- 58) 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.
- 59) 松井正春(1992) タバコナジラミの吸汁によるトマト果実の着色異常. 応動昆 36 : 47-49.
- 60) 松井正春(1993) タバコナジラミの最近における発生と防除. 植物防疫 47 : 118-119.
- 61) 松井正春(1995) タバコナジラミ新系統(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.
- 62) Mehta, P., J. A. Wyman, M. K. Nakhla and D. P. Maxwell (1994) Transmission of *Tomato yellow leaf curl geminivirus* by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 87 : 1291-1297.
- 63) 三浦一芸(2007) タバコナジラミバイオタイプ Q の簡易識別法 - マルチプレックス PCR 法の利点 -. 植物防疫 61 : 315-318.
- 64) 三宅律幸・加藤昌章・山下重樹(1991) 色彩の相違によるタバコナジラミの誘引効果について. 関西病虫研報 33 : 84.
- 65) 宮武頼夫(1980) 日本産コナジラミ類の総目録. *Rostria* 32 : 291-330.
- 66) 溝辺 真(2010) 油脂を主成分とする気門封鎖剤や展着剤の噴霧による防虫ネットの侵入防止効果向上. 九病虫研会報 56 : 66-71.
- 67) 森田茂樹・石井貴明・柳田裕紹・國丸謙二(2013) タバコナジラミが媒介するウリ類退緑黄化ウイルスに対する数種薬剤の媒介抑制効果. 福岡農総試研報 32 : 29-32.
- 68) Mound, L.A. (1963) Host - Correlated variation in *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae). *Proc. R. Entomol. Soc.* A38 : 171-180.
- 69) 中野昭雄・貞野光弘(1994) 徳島県のサツマイモ栽培地帯におけるタバコナジラミの多発生について. 徳島農試研報 30 : 32-40.
- 70) Nauen, R., N. Stumpf and A. Elbert (2002) Toxicological and mechanistic studies on neonicotinoid cross resistance in Q-type *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Pest Manag. Sci.* 58 : 868-875.
- 71) 日本植物防疫協会(2009) 農業用語辞典. 日本植物防疫協会(東京) : pp. 405.
- 72) 西野 実(2008) 三重県におけるトマト黄化葉巻病とタバコナジラミの発生状況と防除対策. 今月の農業 52(3) : 28-32.
- 73) 小川恭弘・内川敬介(2004) 物理的防除法によるトマト黄化葉巻病およびシルバーリーフコナジラミの防除効果. 九病虫研会報 50 : 72-76.
- 74) 大泰司 誠・岡田忠虎(1996) タバコナジラミの防除に関する研究. 生理, 生態の解明(研究成果 311). 農林水産技術会議事務局, 東京, pp. 8-24.
- 75) 大戸謙二(1990) タバコナジラミの発生とその見分け方. 植物防疫 44 : 264-266.
- 76) 大矢武志・植草秀敏(2009a) トマト黄化葉巻病の育苗期における防除-タバコナジラミによる TYLCV 媒介の防除対策-. 今月の農業 53 (2) : 17-21.
- 77) 大矢武志・植草秀敏(2009b) タバ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. 関東東山病虫研報 56 : 133-135.
- 78) 大井田 寛・津金胤昭(2008) 千葉県におけるタバコナジラミバイオタイプ Q 成虫の薬剤感受性. 関東東山病虫研報 55 : 155-158.
- 79) 大井田 寛・津金胤昭・竹内妙子(2009) タバ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.
- 80) 岡崎真一郎・山本千恵・上田重文・吉松英明(2010) 大分県の施設栽培におけるコナジラミ類の発生実態およびタバコナジラミ在来系統の薬剤感受性. 大分農林水産研研報(農業編) 4 : 13-22.

- 81) Okuda, M., S. Okazaki, S. Yamasaki, S. Okuda and M. Sugiyama (2010) Host range and complete genome sequence of *Cucurbit chlorotic yellows virus*, a new member of the genus crinivirus. *Phytopathology* 100 : 560-566.
- 82) Okuda, S., M. Okuda, M. Sugiyama, Y. Sakata, M. Takeshita and H. Iwai (2013) Resistance in melon to *Cucurbit chlorotic yellows virus*, a whitefly-transmitted crinivirus. *Eur. J. Plant Pathol.* 135 : 313-321.
- 83) Oliveira, M.R.V., T.J. Henneberry and P. Anderson (2001) History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot.* 20 : 709-723.
- 84) 大貫正俊(2000) トマト黄化葉巻病. 農業および園芸 75 : 108-113.
- 85) 大貫正俊・小川哲治・内川敬介・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. 九州沖縄農研報告 44 : 55-77.
- 86) 大貫正俊・上田重文・山本千恵・岡崎真一郎(2009) マルチプレックス PCR によるトマト黄化葉巻ウイルスとトマト感染性土着ベゴモウイルスの識別検出. 九病虫研会報 55 : 40-44.
- 87) Palumbo, J. C., A. R. Horowitz and N. Prabhaker (2001) Insecticidal control and resistance management for *Bemisia tabaci*. *Crop Protection* 20 : 739-765.
- 88) Perring, T.M. (2001) The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Prot.* 20 : 725-737.
- 89) Polston, J. E. and T. Sherwood (2003) Pymetrozine interferes with transmission of *tomato yellow leaf curl virus* by the whitefly *Bemisia tabaci*. *Phytoparasitica* 31(5) : 490-498.
- 90) Rauch N. and R. Nauen (2003) Identification of biochemical markers linked to neonicotinoid cross resistance in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 54 : 165-176.
- 91) 斎藤 新 (2006) トマト黄化葉巻病抵抗性育種の現状と問題点. 野菜茶業研究集報 3 : 99-102.
- 92) Salt, R. W.(1961) Principles of insect cold-hardiness. *Ann. Rev. Ent.* 6 : 55-74.
- 93) Schuster D. J., T. F. Mueller, J. B. Kring and J. F. Price (1990) Relationship of the sweetpotato whitefly to a new tomato fruit disorder in Florida. *Hortscience* 25 : 1618-1620.
- 94) 柴尾 学・桃下光敏・山中 聡・田中 寛(2009) スワルスキーカブリダニ放飼による施設キュウリのミナミキイロアザミウマおよびタバココナジラミの同時防除. 関西病虫研報 51 : 1-3.
- 95) 嶋田知英(1994) 近紫外線除去フィルムによるタバココナジラミの防除効果と作用機作. 関東東山病虫研報 41 : 213-216.
- 96) Simmons, A. M., and K. D. Elsey (1995) Overwintering and cold tolerance of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) in Coastal South Carolina. *J. Entomol. Sci.* 30 : 497-506.
- 97) 徳丸 晋(2010) タバココナジラミ・バイオタイプ Q の薬剤感受性と物理的防除法. 植物防疫 64:660-664.
- 98) 徳丸 晋・林田吉王(2010) タバココナジラミ・バイオタイプ Q (カメムシ目: コナジラミ科) の薬剤感受性. 応動昆 54 : 13-21.
- 99) 徳丸 晋・樋口俊男・田口義広(2009) 施設トマトにおける黄色粘着長尺フィルムを利用したコナジラミ類の防除. 関西病虫研報 51 : 87-88.
- 100) 遠山宏和・務川重之・沼田慎一・河又 仁(2013) 昆虫病原糸状菌 *Beauveria bassiana* および *Lecanicillium muscarium* のタバココナジラミ (カメムシ目: コナジラミ科) に対する感染に必要な高湿度期間の推定. 応動昆 57 : 27-34.
- 101) 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.
- 102) 堤 泰之 (2010) 熊本県への導入に適するトマト黄化葉巻病抵抗性品種の検討と減収抑制効果の評価法. 植物防疫 64 : 390-396.
- 103) 内川敬介・小川恭介(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.
- 104) 上田重文(2006) タバココナジラミバイオタイプ Q の簡易識別法. 九病虫研会報 52 : 44-48.
- 105) 上田重文(2007) タバココナジラミバイオタイプ Q の簡易識別法. ー日本のバイオタイプ研究の幕開けとその背景ー. 植物防疫 61 : 309-314.
- 106) 上田重文(2008) トマト黄化葉巻病の流行と予防ー国内初発生から 10 年間の経緯を踏まえてー. 植物防疫 62 : 414-417.
- 107) 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.
- 108) Ueda, S., T. Kitamura, K. Kijima, K. Honda and K. Kanmiya (2009) Distribution and molecular characterization of distinct Asia populations of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Japan. *J. Appl. Entomol.* 133 : 355-366.
- 109) 宇賀博之(2010) ウリ類退緑黄化ウイルスの感染拡大と遺伝子診断法. *植物防疫* 64 : 809-813.
- 110) 浦 広幸・嶽本弘之(2008) 福岡県におけるタバココナジラミバイオタイプ Q の発生状況と施設栽培トマトおよびナスに発生するタバココナジラミ個体群の薬剤感受性. *福岡農総試研報* 27 : 23-28.
- 111) 山中 聡(2009) スワルスキーカブリダニの特徴と使い方. *植物防疫* 63 : 381-384.
- 112) 山中 聡(2011) スワルスキーカブリダニの生態とその特徴. *農耕と園芸* 66(8) : 20-24.
- 113) 山城 都(2007) 栃木県におけるタバココナジラミバイオタイプ Q の発生分布と薬剤感受性. *関東東山病虫研報* 54 : 113-115.
- 114) Yokomi, R. K., K. A. Hoelmer and L. S. Osborne (1990) Relationships between the sweetpotato whitefly and the squash silverleaf disorder. *Phytopathology* 80 : 895-900.
- 115) Zhang, L. P., Y. J. Zhang, W. J. Zhang, Q. J. Wu, B. Y. Xu and D. Chu (2005) Analysis of genetic diversity among different geographical populations and determination of biotypes of *Bemisia tabaci* in China. *J. Appl. Entomol.* 129 : 121-128.

謝 辞

本研究を行うにあたり、終始懇切なご指導とご鞭撻を賜り、かつ本稿のご校閲を頂いた鹿児島大学農学部 津田勝男教授、坂巻祥孝准教授に対して厚くお礼申し上げます。

本研究を遂行するにあたり、多くの有益なご助言、ご校閲ならびにご配慮を賜った熊本県農業研究センター 行徳裕氏、古家 忠氏に心からお礼申し上げます。また、熊本県農業研究センター病害虫研究室の皆様には、調査にご協力を頂き、多くの励ましのお言葉を賜った。ここに厚くお礼申し上げます。

農業・食品産業技術総合研究機構中央農業研究センター 後藤千枝博士、日本典秀博士、奥田 充博士、光永貴之博士および農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター 水谷信夫博士には、試験設計、データ解析などについてご指導頂き、多くのご助言を賜った。ここに厚くお礼申し上げます。

Summary

Studies on the ecology and control of *Bemisia tabaci* that can transmit viruses

Satoshi HIGUCHI

Large volumes of fruits and vegetables are produced in the Kyushu District, and there are many production areas. *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) is a serious pest of fruits and vegetables, and there are many biotypes with different biological characteristics, such as insecticide susceptibility and host compatibility. To control this pest, identification of the characteristics of dominant biotype is important. The presence of the following four biotypes has been mainly confirmed in Japan: Q, B, JpL and Nauru. The presence of biotype Q has been recently confirmed, and the area of its distribution has been rapidly expanding. In this study, to accumulate basic data on the ecology of Q, surveys on outbreaks and cold hardiness of the pest in Kumamoto Prefecture were conducted.

Of the damage caused by *B. tabaci*, indirect damage mediated by pathogenic viruses is more serious than direct damage by sucking. *B. tabaci* is a vector for many viruses, and the following two pathogenic viruses are particularly of economic importance in the Kyushu District: TYLCV belonging to the genus *Begomovirus* and CCYV of the genus *Crinivirus*. To control these viruses transmission by insect, knowledge on how to disrupt the infection cycle by focusing on the insect vector of the virus, source of the virus, and cultivated plants is important. Control measures against virus transmission by *B. tabaci* can be

divided into 'restrictions on movement', 'growth prevention', and 'restrictions on shipping'. In this study, 'growth prevention' was investigated.

Adults of *B. tabaci* were collected from crops cultivated in greenhouses and fields in Kumamoto Prefecture, and their biotypes were surveyed. Biotype Q was dominant in *B. tabaci* growing on cultivated crops in Kumamoto Prefecture regardless of the time of appearance, region, or host plant crops. After the presence of Q was confirmed in Japan in 2004, *B. tabaci* growing on crops cultivated in the Kyushu District were surveyed and the dominance of Q was suggested. When cold hardiness of the dominant Q was surveyed, overwintering individuals were observed in a few cases in Kumamoto Prefecture. This is the first report that confirmed the overwintering outdoors of Q in Japan.

As a part of the 'growth prevention', I developed a new insecticide susceptibility test method, and investigated the susceptibility of Q populations collected in 2004 and 2012-2014 using the method. As a result, susceptibilities to pyridaben, dinotefuran, and nitenpyram were reduced in Q collected in 2012-2014. Then, the inhibitory effects on TYLCV or CCYV transmission by Q and timing of insecticide application were investigated. Dinotefuran and pyrifluquinazon exhibited a TYLCV infection-inhibitory effect, and spraying at 7-day intervals may be effective for infection inhibition. Dinotefuran granules exhibited a CCYV infection-inhibitory effect, and for the application timing, 3 days before permanent planting was effective. The findings of this study confirm the inhibition of virus transmission by *B. tabaci*, being expected to contribute to the stable production of fruits and vegetables in the Kyushu District.