特集：カンキツグリーニング病

ベトナムメコンデルタ地域における カンキツグリーニング病とその管理法

国際農林水産業研究センター　市瀬(いちのせ) 克也(かつや)・加納(かのう) 健(たけし)

はじめに

カンキツグリーニング病がアジアで拡がりはじめたのは，1950年代からである（FFTC, 2001）。ベトナムメコンデルタでの同病害の初発生は意外に遅く，1990年代前半であり，当時の汚染圃場の割合は最も高い省で数%であった（未発表）。これが2000年になると，この地域の省の最大汚染圃場割合は20%を超え，現在では100%となった省もある（未発表）。グリーニング病の拡大とともに同地域のカンキツ生産は大きく制限されるようになり，被害の酷いカンキツ園では，苗定植後3～4年で収穫できなくなっている（口絵⑦）。このため，本病害に対する防除対策の確立が緊急の課題となっている。

ベトナムでのカンキツ作付面積は，2004年現在約110,000 haであり，メコンデルタでのカンキツ栽培面積は約60,000 ha（56.1%）となっている。この地域の主要なカンキツ生産省は，ベンチェ省（15,230 ha），ティエンジャン省（11,167 ha），ビンロン省（7,345 ha），ハウヤン省（6,903 ha），カントー省（4,982 ha）である。これらの省における全果樹園の面積は84,624 haであり，カンキツ園の面積は45,627 ha（53.9%）である。キングマンダリンは28,736 ha（全カンキツ園の34.0%）で栽培され，その年間生産量は50,100 tと，総カンキツ生産量14,0811 tの35.6%に達し，重要な栽培品種となっている（口絵⑧）。しかし，グリーニング病の侵入とその分布拡大により，キングマンダリンを含めた多くのカンキツの品種で，栽培面積が縮小傾向にある。例えばカントー省では，1995年（16,526 ha）より2000年（12,000 ha）までの5年間で，27.4%の減少となった。

国際農林水産業研究センター（以下JIRCAS）では，「東南アジアにおけるカンキツグリーニング病防除のための基盤技術の開発」というプロジェクト研究を，2004年度から開始した。本プロジェクトは，ベトナムメコンデルタ地帯にあるベトナム南部果樹研究所（以下SOFRI，図-1）と共同で行われ，2006年度より「激発地におけるカンキツグリーニング病管理技術の開発」という新規プロジェクトに引き継がれた。

ここでは，筆者らが旧プロジェクトによりベトナムに派遣されていた2005年のほぼ1年間で得た，ミカンキジラミの新植園へ侵入するための移動距離，ミカンキジラミに対する天敵の有用性，並びに無病苗定植と浸透性薬剤管理によるグリーニング病被害低減法に関する研究結果を紹介する。

I　ミカンキジラミの新植園への侵入

現在までに，カンキツグリーニング病防除に成功した例はほとんどない（Halbert and Manjunath, 2004 ; Mead, 2006）。特に激発地であるベトナムメコンデルタ地帯では，グリーニング病発生果樹園が非常に多く，キジラミが年間通して発生しているため（Dien，私信），キジラミを効果的に防除してグリーニング病を管理することが困難な状況にある（口絵⑦）。多くの農家が，このような感染果樹園において取り木によりカンキツの苗を生産し，それを販売している。したがって，これらの苗木は，定植時に既にグリーニング病に感染している可能性が非常に高く，その後の収穫があまり期待できない。そこで，メコンデルタのような激発地で新たにカンキツ園を作る場合，グリーニング病に感染していない無病苗を定植し

図-1　ベトナム南部果樹研究所（SOFRI）の本館建物

Citrus Greening Disease and its Management in the Mekong Delta Region of Vietnam.　By Katsuya Ichinose and Takeshi Kano
（キーワード：カンキツグリーニング病，カンキツ，浸透性薬剤，生物防除，ツムギアリ，防除，ミカンキジラミ，無病苗，メコンデルタ）

（口絵⑨，口絵⑩），媒介虫であるミカンキジラミを殺虫剤散布，特に残効性の長い浸透性薬剤を用いて制御することによって，経済的栽培期間を延長する管理法が考えられる（FFTC, 2001；GATINEAU, 2005；SU, 2005)。ここで問題となるのが，定植後いつから殺虫剤を施用すればいいのかという点である。定植直後からグリーニング病を保毒したミカンキジラミの侵入と増殖が予想される場合，定植と同時に薬剤施用の必要があろう。しかし，ある程度の期間，ミカンキジラミの侵入が予想されなければ，定植と同時もしくは直後のミカンキジラミ対策のための薬剤施用は，過剰な対処となる。

上記のことから，グリーニング病の管理技術を確立するうえで，ミカンキジラミ，特に保毒虫の侵入頻度を明らかにする必要がある。保毒虫の侵入頻度は，周辺にある感染圃場に棲息するミカンキジラミの個体群密度とグリーニング病感染樹率，また新植園との距離に依存しているであろう。そこで，2005年5～7月に，ベトナムメコンデルタ地帯において，既存園（PCR検定により，感染樹率は80～100%であった）からの距離が0，5，10，20，50mとなるように，五つの新植園を造成した。これらの新植園にはキングマンダリンの無病苗を定植し，ミカンキジラミの生息数を，定植後2か月までは半旬ごと，その後は1か月ごとに，全果樹において調査した（成虫は個体数，幼虫はコロニー数）。また各果樹園では，任意に12～15本の果樹を選び，1か月おきに果樹ごとにPCR検定を行い，圃場内のグリーニング病感染樹率を推定した。

既存圃場までの距離が20m以内にある新植園では，苗定植後半月目からミカンキジラミの侵入が確認され，定植後半年程度までは多くの成虫が存在していた（図-2（A））。既存園までの距離が5mにあった新植園での成虫数は，調査期間を通じて前述の新植園ほど多くなかった。一方，既存園までの距離が50mにあった新植園では，調査期間中（8か月），成虫がほとんど確認されなかった。いずれの園においても，定植後ほぼ6か月でミカンキジラミが激減し，9か月目ごろよりわずかな増加傾向が見られた。

幼虫の消長は，成虫と同様の傾向を示し，既存園までの距離が20mまでの新植園で，多くの幼虫が確認された（図-2（B））。幼虫数の減少は，成虫ほど顕著ではないが，定植後6～8か月に，少ない数で推移する傾向が見られた。50mの新植園では，幼虫が全く確認されなかった。

新梢数は，調査期間中を通じてミカンキジラミほど大きな変化を示すことがなかった（図-2（C））。このことは，ミカンキジラミ個体群の消長は，新梢数によって説明されないことを示唆している。

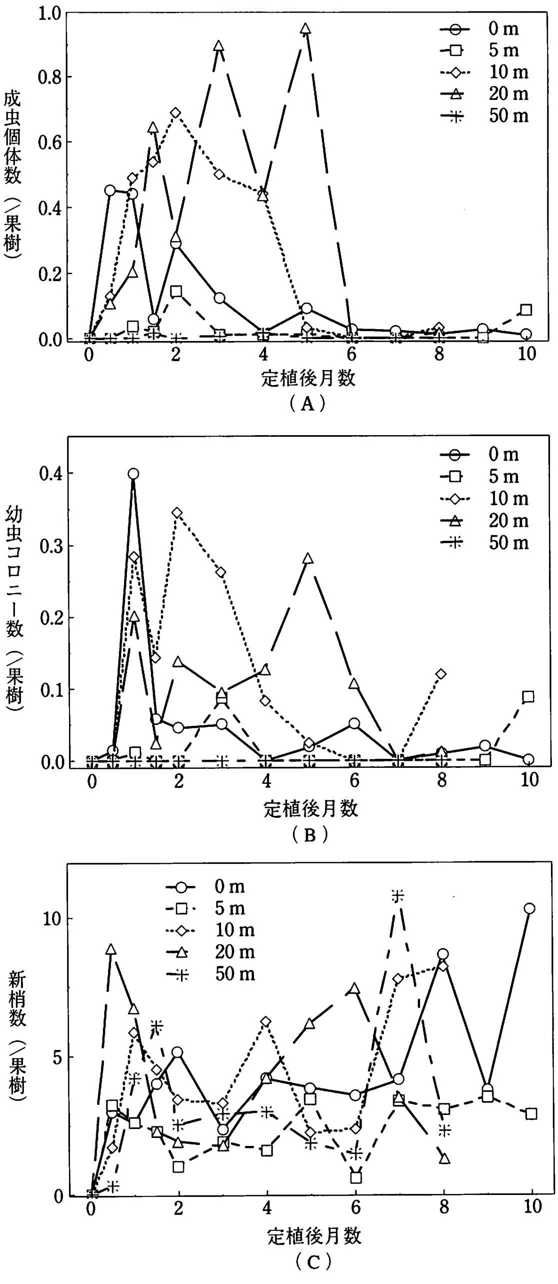

図-2　ベトナムメコンデルタにおける新植園での果樹当たりミカンキジラミ成虫個体数（A），幼虫コロニー数（B），新梢数（C）

ミカンキジラミの移動分散行動に関する詳しい報告は，これまで発表されていない。このため，新しいカンキツ園を造った場合，時間経過とともにミカンキジラミがどのように侵入し，個体群がどう変化するのか，予測

が難しくなっている。アフリカ系の病原体の媒介虫であるミカントガリキジラミの場合，1.5 km程度の移動を行う能力があり（Van Den Berg and Deacon, 1988），ミカンキジラミも同程度の移動能力をもつという予測がある（Halbert and Manjunath, 2004）。

本研究の結果は，ミカンキジラミの移動分散行動を直接示すものではない。しかし，既存園までの距離が50 mの新植園の新梢発生数はこれより近距離の園と差がなかったにもかかわらず（図-2（C）），ミカンキジラミの発生がほとんどなかった。このことは，野外におけるミカンキジラミは，50 m程度を飛翔し移動する頻度が低いことを示唆している。一方，既存園までの距離が20 m以内の距離にあった新植園では，定植後半月でミカンキジラミが多数確認された。このことは，この程度の距離であれば，ミカンキジラミは頻繁に移動することを示している。しかも，ミカントガリキジラミと同様（Samways and Manicom, 1983），圃場内での移動も高頻度である可能性が考えられる。もしこれらの侵入個体中の保毒虫率が高い場合，グリーニング病の汚染リスクも高くなるであろう。したがって，既存園までの距離が20 m未満にある新植園では，定植と同時もしくは直後よりミカンキジラミの防除が必要と考えられる。さらに，少なくとも20 m以内にある感染樹を伐採することが，新植園でのグリーニング病発生防止に有効であることが示唆される。今回の調査では，反復調査をしていないので，50 mの距離が保たれれば常にミカンキジラミの侵入がほとんど起こらないとは言い切れない。わずかではあるが，成虫が確認されたこのような新植園でもミカンキジラミに対する警戒が必要であり，そのためには効果的なモニタリン法の開発が求められる。

II　ツムギアリのミカンキジラミに対する生物的防除資材としての評価

これまでミカンキジラミに対し，多くの天敵種が報告されてきた（例えばMichaud, 2004；Halbert and Manjunath, 2004）。しかし，キジラミの天敵（寄生蜂）利用によってカンキツグリーニング病発生制御に成功した例は，小面積の非常に局地的なものに限られている（Aubert et al., 1996；Étienne et al., 2001）。これは，広域の場合，高次寄生蜂の存在により一次寄生蜂の効果が低下するためと考えられている。メコンデルタのカンキツ栽培で用いられる生物資材は，もっぱらツムギアリ（*Oecophylla smaragdina*）である（Van Mele and Cuc, 2000）（口絵⑪，⑫，⑬）。このアリは，最も古い生物防除資材の一つとして有名であり，極めて多くの害虫を効果的に制御することが知られている（Huan and Yang, 1987）。メコンデルタのカンキツ栽培ではこのアリが，ミカンキジラミのほか，鱗翅目，半翅目（カメムシ類）に対しても有効であると指摘されている（Dien et al., 私信）。そこで，積極的にツムギアリを導入している圃場でのグリーニング病感染樹率を，そうでない圃場と比較し，同アリによるグリーニング病発生制御効果を評価した。

メコンデルタにおけるカンキツ園での害虫管理を，薬剤管理，アリ利用，無防除に分け，農家への管理法の聞き取りと，その農家圃場での感染樹率から，管理法の違いによるグリーニング病感染樹率への影響を調査した（2005年4～9月に実施）。さらに2005年10～11月には，メコンデルタの32戸の農家に対し，カンキツ圃場でのツムギアリの利用の有無の聞き取りとグリーニング病発生の見取り調査を行った。

アリを利用していた圃場での感染樹率が低くなっているという結果は得られず，アリ利用圃場の中でも50%を超える圃場があった（表-1）。感染樹率に対する果樹園齢の影響が有意であったのは，時間経過に伴う感染樹率の上昇が原因であったと考えられる。また，アリ利用の圃場での感染樹率が，利用していない圃場に比べて有意に高くなっていた（表-2）。これは，果樹園内のアリ維持のために薬剤の使用を制限したことが，ミカンキジラミの侵入と生存を容易にし（口絵⑭），結果としてグリーニング病が伝播されやすくなったという可能性が考えられる。今回の調査結果より，ツムギアリによるグリーニング病制御効果は，現時点では低いものであるといえるのではないだろうか。

III　無病苗定植と薬剤施用の効果

前章までに述べたように，カンキツグリーニング病の対策として，無病苗を定植した後，浸透性薬剤によりミ

表-1　各種管理法によるカンキツ圃場でのグリーニング病感染樹率

圃場	管理法	栽培品種	経過年数	CG感染率（%）
1	無防除	キングマンダリン	4	64.3
2	無防除	スィートマンダリン	4	72
3	無防除	ブンタン	＞10	100
4	無防除	ブンタン	＞10	90.9
5	薬剤散布	キングマンダリン	3	15.4
6	薬剤散布	キングマンダリン	3	20.6
7	アリ利用	キングマンダリン	3	54.5
8	アリ利用	キングマンダリン	5	90
9	アリ利用	ブンタン	＞10	0

表-2 アリ利用およびアリ不使用によるグリーニング病罹病樹率（平均±標準誤差）と罹病樹率に関する共分散分析結果（果樹園齢を共変量）

平均果樹齢と感染率

ツムギアリ	圃場（筆）	平均果樹齢（年）	感染率（%）
不使用	12	5.0 ± 0.9	16.7 ± 5.9
利用	20	7.5 ± 1.2	33.5 ± 9.0

共分散分析結果

効果	自由度	平均平方和	F	確率 P
果樹園齢	1	5668.16	8.197	0.008
アリ効果	1	3966.08	5.735	0.023
誤差	29	691.50		

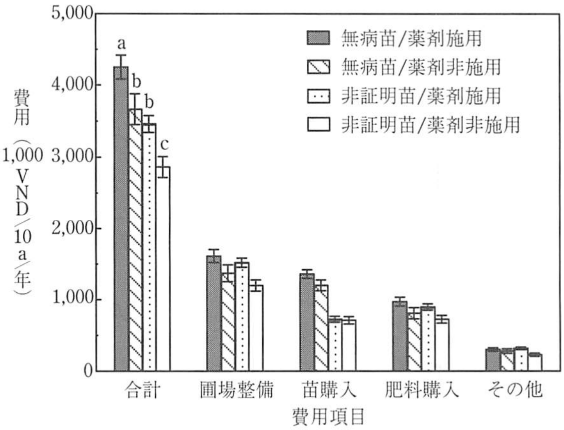

図-3 ベトナムメコンデルタで分類された四つの管理法において，新植園を造成したことによる 10 a 当たりの費用
合計費用での同一文字は，本項目でも多重比較検定（補正テューキー法）により有意差が5%有意水準で検出されなかったことを示す．

カンキジラミの侵入と発生を制御する手法が推奨される。この管理法の有効性は，実証試験レベルでは未確認である。しかし，以下の方法により，その有効性を評価できると考えた。

ベトナムでは，無病苗は公的機関により育成管理され，無病であるという証明つきで販売されている（以下無病苗）。これに対し，民間で販売する苗は，より安価ではあるが，無病である証明が全く付帯されていない（以下非証明苗）。これら苗の違いと，浸透性薬剤施用（ほとんどがイミダクロプリド）の有無（以下それぞれ薬剤施用，薬剤非施用）の組み合わせにより，四つの管理法が可能である。これらの管理法の間でグリーニング病の発生，カンキツ栽培に関する経済性を比較すれば，推奨される無病苗/浸透性薬剤による管理の有効性を間接的に評価できるであろう。

そこで，メコンデルタ地帯のティエンジャン省およびビンロン省において，カンキツ栽培農家（総戸数 118 戸）に対する聞き取り調査とグリーニング病罹病樹率の見取り調査を 2005 年 6 ～ 11 月に行った。聞き取り調査での費用は，苗定植時までに要した費用と，その後の果樹園の管理による費用に分類した。前者には，カンキツ園造成時における耕起等による圃場整備およびそれに要した材料，苗，肥料，その他の費用が含まれる。ただし，定植の年は定植後の経過年数により異なり，直接の金額を比較することができない。そこで，カンキツ園開設のためにかかった費用については，2004 年 12 月現在の価格に換算した。一方，果樹園管理のための費用は，害虫管理のために使用した薬剤，肥料，その他カンキツ栽培に関わる費用からなる。苗定植までとそれ以降，いずれも労働に関わる人件費が含まれ，これは，1 人当たりの 1 時間労働賃金を 1,000 VND（1 円＝約 130 VND）として計算した。収入は，果実収量を農家売渡の価格（1,000 VND/kg）で割った値として計算した（ベトナムでも果実等級による価格差はあるが，ここではこの差を計算に入れなかった）。金額はすべて，年間 10 a 当たりとして計算された。

各管理を行っていた農家戸数は，無病苗/薬剤施用が 21 戸，無病苗/薬剤非施用 13 戸，非証明苗/薬剤施用 53 戸，非証明苗/薬剤非施用 31 戸であった。このうち最も高い費用となったのは，無病苗/薬剤施用であり，最も低かったのは非証明苗/薬剤非施用であった（図-3）。

罹病樹率は，薬剤非施用の圃場での上昇が最も早く，5 ～ 6 年で 50%を超えた。これに対して，薬剤施用では約 8 年であった（図-4）。発病樹率の増加が最も遅かったのは，無病苗/薬剤施用圃場であった。

年間収量は，無病苗/薬剤施用圃場では，定植後 3 ～ 6 年目の間，10 a 当たりほぼ 5 t が確保されていた（図-5）。また非証明苗/薬剤施用圃場では，同期間の収量はやや低い傾向があった（5 t 弱）。一方，薬剤非施用では，無病苗，非証明苗圃場とも 4 年目での収量が最大であったが，5 t には及ばず，6 年目以降は 2.5 t 以下に落ち込んだ。

定植以降のカンキツ栽培に関わる費用は，どの管理でも栽培年数の違いにより大きく異なることはなく（図-6（A）），薬剤施用管理圃場で約 5,000 ～ 6,000 VND/10 a，非施用圃場で約 3,000 ～ 5,000 VND/10 a であった。一方収入は，どの管理法でも 4 ～ 6 年の間に最大となり，それ以降は減少した（図-6（B））。これは，カンキツグリーニング病感染樹率の上昇につれ（図-4），果樹

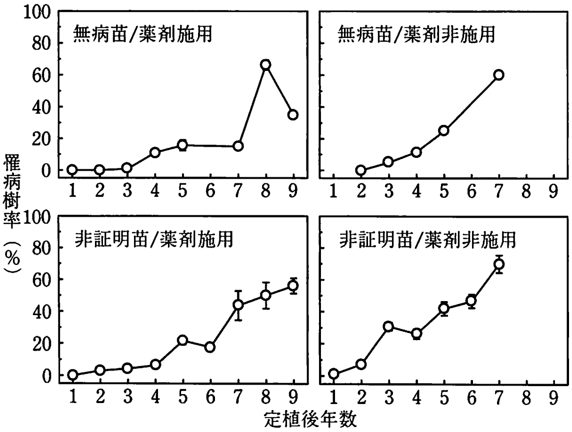

図-4　四つの管理法による圃場での罹病樹率（平均±標準誤差）

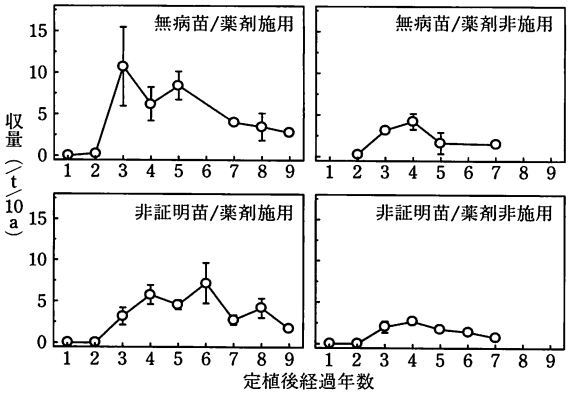

図-5　各管理法による年間10 a当たり収穫（平均±標準誤差）の比較

個体当たりの収量が低下し，結果として収入が減少した（図-5）ことによるものと解釈される。収入と費用の差により計算される農家の所得は，費用が栽培期間中ほとんど変化しなかった一方，収入が栽培期間途中から減少したことにより，定植後4年を過ぎると減少した（図-6（C））。薬剤施用と非施用との所得の差は明らかであったが，無病苗の使用は薬剤施用ほど明白な所得の差を与えていないようであった。

このような調査の場合，カンキツ園での管理方法が一定していない可能性が高いため，得られる数値にばらつきを生じやすい。しかし，薬剤施用効果が明らかに認められ，無病苗/薬剤施用の管理による圃場での所得がより高かった傾向が認められた（図-6（C））。これらのことは，メコンデルタのカンキツ栽培方法としては，無病が証明された苗を購入・定植し，その後は浸透性薬剤でミカンキジラミの侵入および個体群を管理することに

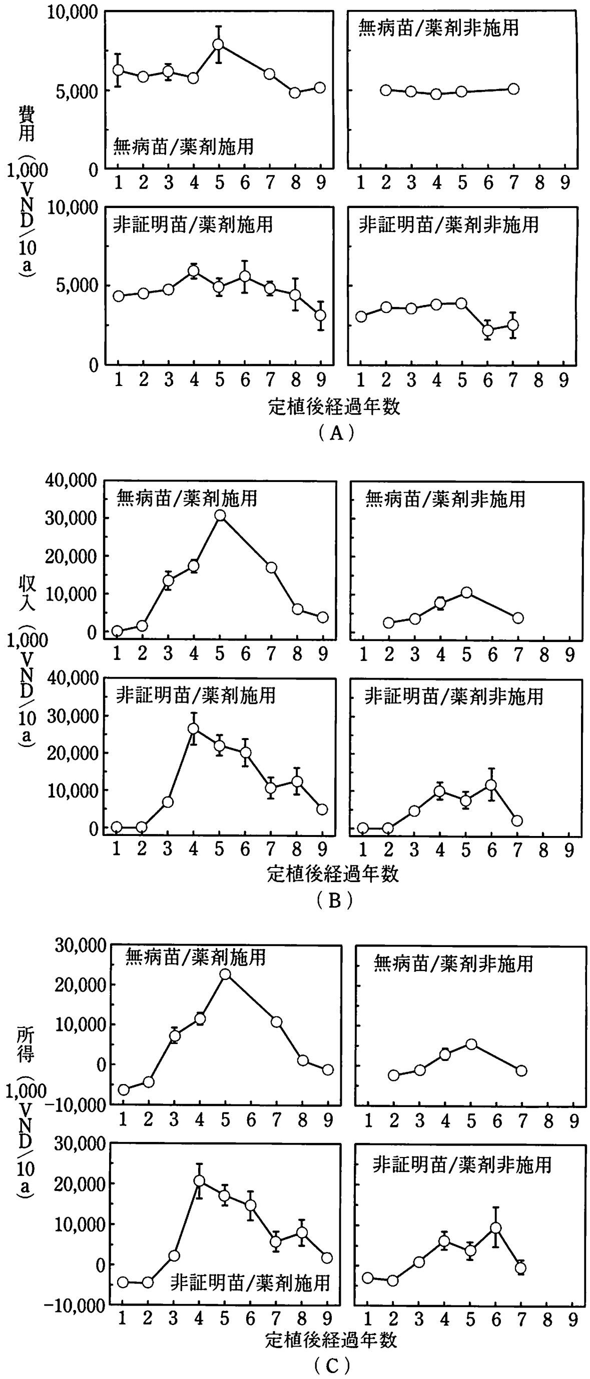

図-6　各管理法の圃場における，定植後経過年ごとの年間収量（A），費用（B），農家所得（C）

より，より高い所得が得られることを示唆する。

JIRCASにおける次期グリーニング病プロジェクトでは，無病苗/薬剤施用管理法を実証試験に移し，その効果をより精確に評価していく。この管理法と慣行防除を

行う場合のグリーニング病感染リスクに関する研究を行ない，農家による防除意思決定の支援を行う。このほか，栽培法の改善によるグリーニング病被害低減技術の確立，グリーニング病抵抗性品種の利用に関する研究を行う。

引用文献

1) Aubert, B. et al. (1996) : Proceedings of the 13th Conference of International Organization of Citrus Virologists. University of California, Riverside, 276 ～ 278.
2) Étienne, J. et al. (2001) : Fruits **56** : 307 ～ 315.
3) FFTC (2001) : http://www.fftc.agnet.org/library/article/tn2001002.html
4) Gatineau, F. (2005) : Proceedings of the JIRCAS－SOFRI International Workshop : Steps toward mutual collaboration for controlling citrus huanglongbing in outheast Asia, JIRCAS, Tsukuba, 47 ～ 49.
5) Halbert, S. E. and K. L. Manjunath (2004) : Florida Entomologist **87** : 330 ～ 353.
6) Huan, H. T. and P. Yang (1987) : BioScience **37** : 665 ～ 671.
7) Mead, F. W. (2006) : http://creatures.ifas.ufl.edu/citrus/acpsyllid.htm
8) Michaud, J. P. (2004) : Biological Control **29** : 260 ～ 269.
9) Samways, M. J. and B.Q. Manicom (1983) : Journal of Applied Ecology **20** : 463 ～ 472.
10) Su, J.H. (2005) : Proceedings of the JIRCAS－SOFRI International Workshop : Steps toward mutual collaboration for controlling citrus huanglongbing in Southeast Asia, JIRCAS, Tsukuba, 1 ～ 5.
11) Van Den Berg, M. A. and V. E. Deacon (1988) : Phytophylactica **20** : 361 ～ 368.
12) Van Mele, P. and N. T. T. Cuc (2000) : International Journal of Pest Management **46** : 295 ～ 301.

新しく登録された農薬（4ページから続き）

もも：カメムシ類，シンクイムシ類，アブラムシ類，モモハモグリガ：収穫7日前まで
ネクタリン：カメムシ類，シンクイムシ類，アブラムシ類，モモハモグリガ：収穫7日前まで
かき：カキノヘタムシガ，チャノキイロアザミウマ，カメムシ類，カキクダアザミウマ：収穫7日前まで
キウイフルーツ：キイロマイコガ，カメムシ類：収穫7日前まで
くり：クリタマバチ：羽化脱出期　但し収穫14日前まで，クリシギゾウムシ：収穫14日前まで
かんきつ：ミカンハモグリガ，アブラムシ類，チャノキイロアザミウマ，カメムシ類：収穫14日前まで
いちじく：アザミウマ類，アブラムシ類：収穫前日まで
きゅうり：オンシツコナジラミ，アブラムシ類：収穫前日まで
ズッキーニ：アブラムシ類，フキノメイガ：収穫7日前まで
にがうり：アブラムシ類，カメムシ類，タバコカスミカメ，ヨトウムシ類，フキノメイガ：収穫前日まで
すいか：アブラムシ類：収穫前日まで
メロン：アブラムシ類：収穫前日まで
かぼちゃ：アブラムシ類：収穫前日まで
いちご：アブラムシ類：収穫7日前まで
ごぼう：アブラムシ類：収穫7日前まで
だいず：マメシンクイガ，ジャガイモヒゲナガアブラムシ：収穫7日前まで
うめ：アブラムシ類：収穫前日まで
ピーマン：アブラムシ類，タバコガ：収穫前日まで
キャベツ：アオムシ，コナガ，アブラムシ類，ヨトウムシ，タマナギンウワバ：収穫3日前まで
はくさい：アオムシ，コナガ，アブラムシ類，ヨトウムシ：収穫14日前まで
だいこん：アオムシ，コナガ，ヨトウムシ，ハイマダラノメイガ，アブラムシ類：収穫30日前まで
ブロッコリー：コナガ，アブラムシ類：収穫3日前まで
カリフラワー：コナガ，アブラムシ類：収穫3日前まで
レタス：アブラムシ類，ヨトウムシ：収穫7日前まで
リーフレタス：アブラムシ類，ヨトウムシ：収穫14日前まで
たまねぎ：アザミウマ類，ネギコガ，ハスモンヨトウ：収穫7日前まで
ねぎ：アザミウマ類，ネギコガ，シロイチモジヨトウ：収穫7日前まで
ハスカップ：ハマキムシ類，アブラムシ類：収穫3日前まで
アスパラガス：ジュウシホシクビナガハムシ，ヨトウムシ，アブラムシ類：収穫前日まで
豆類（未成熟、ただし、さやえんどうを除く）：アザミウマ類，アブラムシ類，ハモグリバエ類，ヨトウムシ類，ナモグリバエ，ウラナミシジミ，フキノメイガ，マメシンクイガ：収穫14日前まで
さやえんどう：ヨトウムシ類，ナモグリバエ，ウラナミシジミ：収穫前日まで
ほうれんそう：アブラムシ類：収穫21日前まで
しそ：ハスモンヨトウ，アブラムシ類，アザミウマ類，コナジラミ類：収穫5日前まで
トマト：オンシツコナジラミ，アブラムシ類：収穫前日まで
なす：アブラムシ類，オンシツコナジラミ，テントウムシダマシ類：収穫前日まで
とうがらし類：アブラムシ類，タバコガ：収穫7日前まで
なばな：コナガ：収穫14日前まで
ばれいしょ：アブラムシ類，テントウムシダマシ類：収穫14日前まで
とうもろこし：アワノメイガ，アブラムシ類：収穫14日前まで
あずき：フキノメイガ，アブラムシ類：収穫7日前まで

（20ページへ続く）