

植物ワクチンの実用化と将来の発展のために

日本デルモンテ(株) 佐^さ 山^{やま} 春^{はる} 樹^き

は じ め に

地球上の多数の地域で鳥インフルエンザが発生し、その流行が心配されている。そのウイルスは野鳥によって伝搬されている可能性が高いとして、ニワトリなどの家禽類を野鳥が入り込めないような厳重な檻の中で飼うようなことが検討されている。さらに、その鳥インフルエンザが突然変異を起こしてヒトに感染するおそれもあると聞くが、そうになったらヒトも檻の中で生活するのか？あるいは野鳥を根絶するのか？もし野鳥を撲滅したら、その先には生物多様性や地球環境の破壊が待っており、やがては人類の滅亡につながりかねない。

鳥インフルエンザウイルスは動物に感染するウイルスであるが、植物に感染する植物ウイルスの場合はどうか。植物ウイルスが感染する農作物は、一般に自然の中で栽培されるものであり、ウイルスが自由に感染できる環境にある。ニワトリを檻で囲うように、作物を隔離栽培することは不可能である。ある高名なウイルス学者が「天然痘ウイルスを撲滅したように植物ウイルスを撲滅できないのは、植物ウイルスの研究者が怠慢であるからだ」と述べたが、その是非はともかく、農業を多少知っている人なら植物ウイルスの撲滅を考えること自体がナンセンスであることはすぐわかる。したがって、農作物は植物ウイルスに感染することを覚悟しなければならない。本稿で述べる植物ワクチンを利用した植物ウイルスの防除法は、植物とウイルスがある種の調和を保ちながら共存するということを基本において成り立つものである。

筆者は日本デルモンテ株式会社 (NDM) で植物ワクチンの開発と普及に二十数年携わってきたが、研究を始める前は植物ウイルス学の本すら開いたこともない、ウイルスについては全くの門外漢であった。したがって本稿で述べることは、正統派のウイルス研究者から見れば、突拍子もなく邪道であるところの批判を受けるかもしれないが、植物ワクチンの開発を長い間手がけ、その実用化を 16 年にわたって継続してきたことに免じてお許しいただきたい。

I 植物ワクチンとは

作物を植物病原菌から防除するために、我々はこれまで殺菌効果のより高い農薬を開発すること、あるいは抵抗力がより優れた植物品種を開発すること、さらに病原菌の発生の少ない環境で植物を栽培することなどを行ってきた。しかし、その結果が病原菌の進化を助長し、薬剤耐性菌の出現を促して強毒性病原菌の出現へとつながってきた。そしてそれを繰り返すという悪循環に陥り、環境汚染をも引き起こす結果になっている。

植物ワクチンによる防除は、性質の弱いウイルスを植物に接種して、植物とウイルスが共生する形で植物を強毒のウイルスから守ろうとするもので、植物とウイルスがある種のバランスを保ち共存することで成り立つ。本方法は、農薬散布を軽減し、環境への負荷をできるだけ少なくしようとするもので、人や環境に優しい持続的な農業を目指すものである。

植物ウイルスは世界中で 900 種余り報告されているが (HULL, 2002), 同じ種類のウイルスでも植物に感染して強い症状を示すウイルスもあれば、ごく軽い症状しか示さないウイルスもある。この弱いウイルスを植物に予防接種しておく、強いウイルスが感染しても守られることが知られている。予防接種に使う弱いウイルスは「弱毒ウイルス」と呼ばれるが、この言葉は一般の人々にとってなじみが少なく、また誤解を招きやすい。そこで筆者らは弱毒ウイルスに代わって「植物ワクチン」と呼ぶことを提唱しており、本稿で述べる植物ワクチンとは弱毒ウイルスを指す。植物には動物のような抗原抗体反応はなく、厳密には動物のワクチン反応とは異なるが、植物ワクチンを植物に予防接種して植物を強毒ウイルスから守るという現象は、動物のワクチン反応に似ているため植物ワクチンと呼んでいる。植物ワクチンの役割は、対象となる植物の苗に植物ワクチンをあらかじめ予防接種しておき、その後に感染する可能性のある強毒のウイルスから植物を守るためのものである。

II 植物ワクチン利用の現状

植物ウイルスは植物病原菌の中でも防除が困難で、いったん植物に感染すると治癒させることは大変難しく、作物に大きな被害を及ぼしている。植物ワクチンを植物

に予防接種しておく、強いウイルスが感染しても守られるという植物ウイルス間の干渉作用は、McKINNEY (1929) が発見して以来植物ウイルスの防除法として、植物ウイルスを研究する人達の興味を引いてきた。日本でもここ 30 年余り植物ワクチンの研究は盛んに行われてきた。それにもかかわらず、植物ワクチンの利用はごく一部に限られており、この研究に携わる者の一人として、責任を感じるとともに大変残念に思う次第である。世界的に植物ワクチンとして広く利用されているものに、カンキツトリステザウイルス (CTV) のワクチンがある (URBAN et al., 1990)。これはオレンジなどのカンキツ類に感染し大きな被害を及ぼす CTV を防除する手段として、苗木に CTV ワクチンを接種するものである。ブラジル、南アフリカ、オーストラリア等で利用されているが、日本では CTV に比較的強い温州ミカンの栽培が多いため、CTV ワクチンの利用は少ない。ほかには台湾でパパイヤに感染するパパイヤ輪紋ウイルス (PRSV) のワクチンや、イスラエルではウリ科の植物に感染するズッキーニ黄斑モザイクウイルス (ZYMV) のワクチンなどが利用されているとの報告がある (YEH et al., 1988; YARDEN et al., 2000)。日本における植物ワクチンの利用は野菜や花で一部見られるが、研究が盛んなわりにはその利用は非常に少ない (小坂, 2005; 市川, 2006)。

III どうして植物ワクチンが利用されないのか

植物ワクチンによるウイルス防除法は、人や環境に優しい大変すばらしい技術であり、その研究も盛んであるにもかかわらず、どうして実用化が少ないのか？ その理由には、次の六つのことがあるのではないかと考えている。

1 実験は簡単にできるが実用化は難しい

植物ワクチンの実験 (ワクチンの副作用や防除効果などを調べる試験) は、高価な実験設備を必要としないので (植物を植える鉢、植物の葉を磨り潰す乳鉢と乳棒、それに少しの試薬があれば十分である) 気軽にスタートできる。それゆえ、大学の学部学生の卒論テーマなどにも植物ワクチンの研究はよく取り上げられる。筆者のところにも、先進国だけでなく発展途上国の大学や研究機関から、植物ワクチンに関する共同研究の申込みや問い合わせが数多くある。気軽にスタートできるゆえんであると思われる。しかしスタートは簡単であるが、その実用化には綿密な計画と、多大な開発時間が要求される。

2 実用化できるワクチン開発に時間がかかる

LECOQ (1998) は、理想的な植物ワクチンは次のような特性をもつものだと述べている。①ウイルス症状が軽く、収量や品質を落とさない。目標とする植物だけでなく、他の植物に対しても症状が軽微である。②ワクチンは植物の全身に移行し、植物全体が強毒ウイルスから守られる。③ワクチンは遺伝的に安定で、強毒ウイルスに変化しない。④植物ワクチンは、媒介昆虫などによって容易に他の植物や圃場に広がらない。⑤ワクチンは広い範囲の強毒ウイルス系統に防除効果がある。⑥ワクチンは簡単に生産でき、品質確認や保存ができて農家に供給できる。接種方法は簡単で、高価な装置を必要とせず特別な訓練も必要としない。以上が LECOQ の提唱する理想的な植物ワクチンであるが、これらすべての特性を具備するような理想的な植物ワクチンを開発することは難しいが、これに近づくべく植物ワクチンの開発を目指すわけである。それには多くの年月が必要になってくる。最初の選抜段階 (スタートから 2～3 年間) では、温室などの狭い空間で小規模に行い、かつ短期間の選抜サイクルを何回か繰り返して副作用が少なく防除効果の高いワクチン候補株を選ぶことになる。そして選抜されたワクチン候補株を現地圃場で試験していくが、現地でウイルスが発生しなかったり、また現地圃場での栽培管理が不適当であったりするため、現地で試験をきちんと終えるまで少なくとも数年はかかる。したがって、ほんとうの意味で実用化するまでは、少なくとも実験を開始してから 10 年間は覚悟する必要がある。

3 開発したワクチンの需要が少ない

長い歳月をかけて開発した植物ワクチンの市場ニーズがどの程度あるのか、開発する前に十分検討されなければならない。せっかく長い年月をかけて開発した植物ワクチンが利用されない、あるいはその利用がごく限られている例は、これまで数多く知られている。植物ワクチンは農業を支援するためのものであり、農業の多面的機能を考えれば、経済的な価値だけで開発が左右されるべきものではないという意見もあろう。しかし、市場ニーズの高いものが消費者の要望を反映していることも確かであり、社会貢献度も高いと思われる。開発した植物ワクチンのニーズが高ければ、当然商品価値が上がり、また普及もするはずである。そこで植物ワクチンの開発に当たって、以下のような点を十分考慮する必要がある。①防除を目指しているウイルスの被害が十分大きいのか。②ウイルスの被害を被っている植物の栽培面積が大きいのか。③被害を被っている植物の単価が高いのか。④植物ワクチンの防除効果が十分高いのか。⑤植物ワク

チンの効果はいろいろな植物に応用できるのか。以上のような点をよく考え、植物ワクチンの開発を進めていくことが大切である。

4 ワクチンの大量生産が容易でない

植物ワクチンが普及しない理由の一つに、ワクチンの大量生産が容易ではないことが挙げられる。文献などには、いろいろな植物ウイルスの純化方法について記述されているが、ワクチン（植物ウイルス）の大量生産方法について記述されているものはない。スケールアップした場合の効率良い生産体制を築いていく必要がある。また生産工程で、他のウイルスがコンタミする余地がないか、また生産されたワクチンの活性が十分であるかなど、その品質管理にも十分注意を払う必要がある。またワクチンを植物で増殖させる場合には、植物の生育環境によってワクチンの増殖量に違いが出てくるので、工業製品のような生産マニュアルを作れない。これらのことを踏まえ、コスト削減を図りながら大量のワクチン生産体制を築く必要がある。

5 市場ニーズに合わせてワクチン接種苗を提供できる体制を築くのが難しい

ワクチンは通常の農薬のように散布するだけで植物に感染しないため、接種に際しては植物ウイルスに対する知識をもち、さらにワクチン接種を日ごろから行っている専門家が必要である。専門家が接種しないと、ワクチンの感染率が著しく低くなる可能性がある。少量のワクチン接種は、植物ウイルス学の教科書に書いてあるような綿棒接種などで十分であるが、大量接種になると専門的な知識と訓練が必要となる。訓練は1回受ければそれでよいものではなく、時々ワクチン接種を実践していないと微妙な感覚を忘れて失敗することがある。さらにワクチン接種苗の生産は、市場のニーズに合わせてワクチン苗の生産時期を調整する必要がある。そのため、植物の播種時期や苗の生育環境を調整しながらワクチン接種に適した苗を作り、ワクチン接種を行い、ワクチン苗を供給していく体制が必要となる。ワクチン苗の生産が大量になり、かつ時期によって供給量が異なる場合には、これが非常に煩雑となる。また接種した苗のワクチン感染率を出荷前の短期間のうちに判定する必要がある。これも大変な作業で、ワクチン感染の分析を行う人や機器が必要となる。

6 ワクチン接種苗への啓蒙を図る必要がある

ワクチン苗の普及には、苗を取り扱う育苗業者や消費者に植物ワクチンをよく理解してもらうことが必要である。育苗業者には、ワクチン接種苗に適した栽培管理マニュアルを作り、苗を圃場に定植するまでの一連の過程

を指導することが大切である。ワクチン接種によって苗は多少とも傷つくので、苗の生育が遅延したり、接種傷口から他の病気にかかりやすくなったりすることがある。さらに農家や一般消費者には定植後のワクチン苗の栽培についても、施肥量、栽植密度、農薬散布等についてアドバイスし、サポートしていくことが大切である。これはリピーターを増やすためにも大切である。

さらにワクチン接種植物と遺伝子組換え植物とが区別つかない人、ワクチンがすべての病気に万能であると思う人、またワクチンを使えば無農薬栽培ができると思う人などもある。これらの誤解を払拭するのが意外と大変であり、筆者もワクチンの実用化当初のころは、営業担当者と全国を回り、業者や消費者にワクチン苗について説明に歩いた。いろいろな質問に一つ一つ応えていくことが普及のためにも必要である。

IV 植物ワクチン実用化の例

筆者は植物ウイルスの中でも、特にキュウリモザイクウイルス（CMV）のワクチン開発や普及に長い間携わってきた。その開発の裏話も含めて、実用化までの軌跡を振り返ってみる。

1 CMV による被害

研究を開始した理由は、1970 代の半ばごろより関東一円で加工用に栽培されていたトマトに異常果実が大発生し（藤沢，1989）、長野、新潟、群馬、茨城、栃木、福島各県に広がり、それを何とかしなければならないという思いからであった。発生当初はその原因が何によるものか不明であったが、国や県の研究機関、並びに加工トマトメーカーとの4年間にわたる共同研究の結果、CMV が原因であることが判明した（中田ら，1988）。しかしそれを解決する手段が見つからず、その間、加工トマトの産地によっては、生産農家が激減するに至った。NDM でもその対策として、トマトの野生種から CMV 抵抗性遺伝子を探索し抵抗性品種を育成することを試みたり、いろいろな殺虫剤や忌避資材の試験、また障壁作物をトマト圃場の周りに植えるなど、様々な取り組みを行ったが、トマトを CMV から防除する方法は見出せなかった。その間、CMV の被害は広がり続け大問題となった。

2 CMV ワクチン開発のきっかけ

性質の弱いウイルス（植物ワクチン）を植物に接種して、植物ウイルスを防除しようとする発想に至ったのは（植物ウイルス学が専門の人にとっては、当たり前の発想だったのかもしれないが）、筆者が米国を訪問中にたまたまコーネル大学の Dr. PROVIDENTI から CMV のサテ

ライト RNA について話を聞いたことがきっかけであった。彼は門外漢である筆者に、黒板を使い CMV のゲノム RNA やサテライト RNA の説明を丁寧にしてくれた。そのときのことは、20 年以上経った今でも鮮明に覚えている。そのとき初めて、ウイルスではゲノム置換が簡単に行えることを知り、植物遺伝学が専門であった筆者は大変驚いた記憶がある。植物の染色体置換を行うことは現在でも大変難しい技術であるので、ほんとうにびっくりした。それと同時に、これならば植物ウイルスの育種を行っていけば、ワクチンを作成することは案外簡単にできるかもしれないと思った（しかしそれからワクチンを実用化するまで 10 年余りかかってしまった）。いずれにしろ Dr. PROVVIDENTI から CMV の話を聞いた後、日本に帰ってから CMV に関する文献調査を徹底的に行った。すると米国農務省ベルツビル研究所の Dr. KAPER が CMV のサテライト RNA について詳しく研究していることがわかった。その後、幸いにも Dr. KAPER の研究室に 3 か月滞在させてもらう機会を得て、CMV やサテライト RNA の分析方法について勉強させてもらった。今でこそ告白するが、筆者が Dr. KAPER の研究室に行ったときは、遠心機の使い方も知らない全くの素人であった。今思えば Dr. KAPER がよく筆者を受け入れ面倒を見てくれたと感謝する一方、図々しかった自分を省みて恥じ入るばかりである。お陰で Dr. KAPER の研究室で、CMV ワクチンの開発に必要な基礎知識をほとんど学ぶことができた。

3 CMV ワクチン開発の経過

米国農務省から帰国した後は、とにかく CMV を集めるため日本中を東奔西走した。各地のトマト圃場からトマト葉をサンプリングして、CMV が感染しているか、そして CMV が感染していればサテライト RNA があるかどうかを調べまくった。何百というサンプルからサテライト RNA をもつ CMV を見つけ出し、ワクチンとしての特性を温室で調査した。そしてワクチン候補となった CMV 株をトマトをはじめ、いろいろな植物に接種してワクチンの副作用を調査したり、またワクチンをトマト苗に予防接種し、その後に強毒ウイルスを接種してワクチンの防除効果を調べたりした。そして選抜したワクチン候補株をトマトに接種して、圃場での副作用や防除効果を何年にもわたって調査した。その当時は夏になると長野県木島平村（そこは NDM の加工トマト契約栽培農家圃場が多くあり、CMV による被害が大きかった）に毎週、泊りがけで試験圃場の調査に出かけ、夏の炎天下の中、朝から夕方まで CMV ワクチンを接種したトマトの果実を収穫し、ウイルスを分析したり、重さを測定

したりした。そして決まって毎年心配の種は、ワクチン接種したトマト苗を圃場に定植した後に、電か晩霜で試験の苗が全滅しないかどうかで（筆者はこれまで何度か苦い経験をしてきた）、その 1 か月間は心配で夜もよく眠れなかった。圃場試験は数年間続いた。一時は CMV ワクチンが、ほんとうに効果があるのかと疑ったこともあった。しかしワクチンの効果が顕著に現れたトマト圃場を目の当たりにしたときの感激は、今でも忘れられない。今までの苦労が吹っ飛び、ほんとうに嬉しく、思わず圃場にひざまずいた。信じられなかった。既に研究をスタートしてから 10 年の月日が経過していた。長い間、会社もよく辛抱して待ち続けてくれたと感謝する一方、この間にお世話になった上司や同僚、それに研究面で指導をいただいた米国農務省の Dr. KAPER の研究室やキッコーマン研究所の人達、そして宇都宮大学の夏秋教授には、感謝の気持ちでいっぱいだった。

4 実用化へのステップ

加工トマトに CMV ワクチンを接種して顕著な防除効果を証明できたのは、1991 年のことである（SAYAMA et al., 1993）。研究を始めてから 10 年の歳月が経っていた。CMV の発生が多い圃場では、CMV ワクチンを接種したトマトは無接種のものに比較して、収量が 20 ～ 100% 多くなった。実用化の当初は CMV ワクチンを接種したトマト苗を加工トマトの栽培農家にだけ提供していたが、近隣の農家から生食トマトでも使用したいとの要望があり、1994 年から生食トマトでも実用化が始まった。さらに 1995 年からはホームセンターで家庭菜園用に CMV ワクチン接種トマト苗を販売した。これが大ヒットして毎年拡大し、現在では沖縄を除く全国で販売されるようになり、2,000 を超える店舗でトマト、ピーマン、パプリカ、トウガラシ等に CMV ワクチンを接種して、デルモンテ苗として年間約 200 万本販売されるようになっている。また 1994 年からリンドウでも CMV ワクチンの開発を手掛けた。リンドウでも CMV による被害が深刻であり、日本一のリンドウ産地である岩手県安代町（現 八幡平市）と一緒に取り組んできた。そして試験を開始してから 8 年後の 2002 年から CMV ワクチンを接種したリンドウ苗を販売できるようになり、その数は毎年増加し、現在では約 70 万本余りの苗を販売するようになった。リンドウはトマトやピーマンと違い多年生植物であり、毎年冬になると地上部は枯れるが、地下の株が残り、翌春再び芽が伸びてくる。CMV ワクチンは冬期間、地下部の株に残り、その効果が何年も持続することがわかった。その結果、CMV ワクチンを接種したリンドウは、無接種のものより切花本数が増えるだ

けでなく、その経済的な栽培期間も2年余り長くなることがわかった (SAYAMA et al., 2006)。

5 実用化継続の秘訣

開発した CMV ワクチン接種苗の販売が順調に伸び、安定して利用されている理由は、III 章「どうして植物ワクチンが利用されないのか」のところで述べた問題点を、ある程度解決できたことによると考えている。すなわち、

- ①最も多く利用されているトマトにおいて、ワクチン接種したトマトは、ウイルスの専門家が見てもワクチンが接種してあるのかどうか、外見上区別できないほどウイルス症状が弱く、収量や品質への影響も少ない。またトマトだけでなく、他の植物に対しても症状が軽微である。
- ②ワクチンはトマトの根から果実まで植物の全身に移行し、植物全体が強毒 CMV から守られる。また血清型の違う強毒 CMV に対しても防除効果があり、日本だけでなく海外の強毒 CMV に対しても防除効果があり、広い範囲の強毒ウイルス系統に対して顕著に防除効果が見られる。
- ③CMV ワクチンは、CMV の媒介昆虫であるアブラムシによって周囲の雑草や他の植物にほとんど伝搬されないため、環境への影響も少なく安心して使える。
- ④ワクチンは厳重に品質管理され生産されており、遺伝的にも安定で強毒ウイルスに変化しない。市場ニーズに合わせて年間生産できる体制を築き、ワクチン接種も育苗会社や農家と連携し、いつでもどこでも簡単にできる噴霧ローラー法で消費者のニーズに合わせて提供できる供給体制を作った。
- ⑤消費者にワクチン苗に対する理解を深めてもらうために、雑誌への掲載 (佐山, 1996 ; 2003 a ; 2003 b), パンフレットやホームページ (http://www.delmonte.co.jp/garden/grow/v_vaccine/vaccine.html) での紹介、講演会などの説明等で、消費者への啓蒙を図ってきた。家庭菜園では薬剤散布を嫌うためか、特にリピーターが多く、またリンドウの栽培農家でも切花収穫本数が増加するだけでなく、生育や花の品質も良くなるとしてリピーターが多い。
- ⑥開発企業、中間業者 (苗生産業者、輸送業者)、販売業者 (ホームセンター、苗販売業者)、消費者 (農家、家庭菜園愛好家) のいずれもが、利益を得ることができる (農産物としては利益率の高い) 商品に育った結果、16 年間 CMV ワクチン苗を販売し続けることができたものと思う。

V 植物ワクチンの将来の発展のために

植物ウイルスにおいてわからないことは、まだまだたくさんある。例えば自然界での植物ウイルスの発生頻度は、年によってどうして大きく変動するのだろうか？ それはウイルス自身の問題なのか、媒介する昆虫や宿主植物の変動とともに変わるのであるだろうか？ さらに植物ウイルスは自然環境を維持するための生物多様性の一員として、どのような役割を担っているのだろうか？ いろいろ湧き上がってくる疑問を思うにつけ、もっとも自然に学び、自然の法則に則った持続的な農業を営んでいくための研究が大切であると思う。

植物ワクチンを用いたウイルス防除法は、自然との調和を基本理念に据えた技術である。そこで筆者らは植物ワクチンを使用した場合に、環境にどのような影響を与えるのか、過去数年にわたって調査してきた。その一環として、CMV ワクチンを毎年接種したトマト圃場を5年間続けて調査してきた (SAYAMA et al., 2001 ; 2003)。その結果ワクチンを接種したトマト圃場は、無接種トマト圃場に比べウイルスの被害が毎年軽減されたことを除いて、ほかに顕著な差は無接種トマト圃場と比べて観察されなかった。このことは CMV ワクチンが、生態系へ及ぼす影響が少ないことを示すものだと思う。また、トマトに接種した CMV ワクチンが、周辺の雑草に伝搬されないかを3年間にわたって調査した結果、ワクチンは伝搬される可能性が極めて低いこともわかった (高柳ら, 2004 ; 2006)。さらに CMV ワクチンを接種したトマト圃場で、殺虫剤散布を減らしても収量への影響が少なく、CMV ワクチンが農薬散布を軽減することにも役立つことがわかった (小林, 1995)。これらの調査から、CMV ワクチンによる防除法は、環境に極めて優しい技術であることがわかってきた。今後は CMV ワクチン以外のいろいろな植物ワクチンを開発すると同時に、環境面への影響をもっと詳しく調査し、植物ワクチンを利用して自然と調和した農業をどのように発展させていけるのか、そして持続的な農業を目指すに当たって植物ワクチンが果たす役割の大きいことを、多くの人々に訴えていきたい。

おわりに

最後に、植物ワクチンを研究していた亀谷博士 (元山口大学教授) から以前に聞いた話を紹介する。それはナガイモ (ヤマトイモ) を栽培している篤農家は、翌年のイモの植付け用として良い種 (タネ) イモを毎年残すそうである。その種イモを調べてみると、亀谷博士が研

究していたヤマトイモのワクチンと極めて類似した弱いウイルスが種イモに共生していたとのことである。この話を聞いて、筆者は植物とウイルスはほんとうに共存しているのだという感を強くした。ヤマトイモはイモという栄養体で子孫を存続させるために、イモの体内に弱いウイルスを共生させ、その弱いウイルスに栄養分を供給する一方、ワクチンとして機能させることによって強毒のウイルスから自分の身を守り、その生命体を維持しているように思われる。この話を思い出すたびに、筆者は自然調和の不思議さと偉大さ、そして植物ワクチンの大切さを、あらためて思うのである。

引用文献

- 1) 藤沢一郎 (1989) : 植物防疫 43 : 20 ~ 23.
- 2) HULL, R. (2002) : Matthews' Plant Virology, Academic Press, San Diego, California, USA, p. 813 ~ 849.
- 3) 市川和規 (2006) : 植物防疫 60 : 272 ~ 275.
- 4) 小林莊一 (1995) : 平成 7 年長野県野菜振興研修会資料 : 10 ~ 11.
- 5) 小坂能尚 (2005) : 植物防疫 59 : 337 ~ 340.
- 6) LECOQ, H. (1998) : Plant Virus Disease Control, American Phytopathology Society, St. Paul, Minnesota, USA, p. 33 ~ 40.
- 7) MCKINNEY, H. H. (1929) : J. Agric. Res. 39 : 557 ~ 578.
- 8) 中田隆人ら (1988) : 地域重要新技術開発促進事業中核成果, 昭和 62 年度研究資料, 第 8 号, 栃木農試, 栃木, 109 pp.
- 9) SAYAMA, H. et al. (1993) : Phytopathology 83 : 405 ~ 410.
- 10) ——— et al. (2001) : Acta Horticulturae 542 : 47 ~ 54.
- 11) ——— et al. (2003) : 8th Inter. Congr. Plant Path. (Abst.) Vol. 2—offered papers, p. 37.
- 12) ——— et al. (2006) : Acta Horticulturae 722 : 147 ~ 153.
- 13) 佐山春樹 (1996) : 植物防疫 50 : 20 ~ 25.
- 14) ——— (2003 a) : 農業技術 58 : 307 ~ 311.
- 15) ——— (2003 b) : 化学と生物 41 : 454 ~ 459.
- 16) 高柳直幸ら (2004) : 日本植物病理学会報 70 : 237 ~ 238.
- 17) ——— (2006) : 同上 72 : 288.
- 18) URBAN, L. A. et al. (1990) : Recognition and response in plant-virus interactions, Springer-Verlag, Berlin, p. 415 ~ 426.
- 19) YARDEN, G. et al. (2000) : Acta Horticulturae 510 : 349 ~ 356.
- 20) YEH, S. et al. (1988) : Plant Disease 72 : 375 ~ 380.

新刊紹介

だれでもできる果樹の病虫害防除 ラクして減農薬

著者 田代 暢哉 定価: 1,600 円 (本体 1,524 円) A5 判 144 頁
発行日: 2007/08 出版: 農文協

内 容 :

人頼み、カン頼みの防除から、自主・自立・自己責任の防除へ！
果樹防除のコツは散布回数よりタイミングと量が大事。
とくに生育初期はたっぷりかける！ など、本当の
減農薬を実現させるための『根拠』に基づく農薬
知識、科学的防除法を解説。たしかな「防除力」
を身につけるための 1 冊。

目 次 :

- 序章 防除は危機管理
—「予防」と「駆除」でリスク回避
- I 防除の考え方と手段
 - II 上手な薬剤の選び方
 - III 薬剤散布はタイミングが大切
 - IV 農薬を上手に使うコツ
 - V 雨を制する者は病虫害を制する
 - VI 防除の武器を使いこなす

