

特集：プラントアクティベーター

抵抗性誘導機構とプラントアクティベーター

東京農工大学大学院 有^{あり}江^え力^{つとむ}
理化学研究所中央研究所 仲^{なか}下^{した}英^{ひで}雄^お

はじめに

おおむね豊かな食料供給が可能になってきた今日、人間の関心は食料の量から質へとシフトしてきた。質の中でも、とりわけ、安全に対する関心が高まっている。化学農業は、食料の量的確保と質の維持に多大な貢献をしてきたにもかかわらず、昨今は、不思議なことに、化学農業の使用自体が低質と理解されるような社会状況にある。これは、農薬の、病原、害虫、雑草等を殺すという作用性から、それが残留した食品を摂取していると人間も殺されるのではないか、という非科学的連想を抱くことによるためと考えられる。そこで、近年、非殺菌性農薬に関心が集まっている。非殺菌性病害制御剤の中でも特に注目されているのが、植物に処理すると、植物が自ずから保持していた抵抗性が昂進され病害に強くなる、抵抗性誘導剤すなわちプラントアクティベーターである。本特集では、現在登録されているプラントアクティベーターのうち、2剤の開発経緯や作用機作、プラントアクティベーターのチャノキへの展開、生物農薬が保持する抵抗性誘導能の利用の可能性、プラントアクティベーターのハイスループットスクリーニング系の提案について、各薬剤開発担当者および各研究者に解説いただいている。本稿では、植物の抵抗性誘導機構の概説、プラントアクティベーターの概説を試みる。

I 植物の病害抵抗性

植物は、静的抵抗性と呼ばれる先天的に保持する抵抗性および、動的抵抗性と呼ばれる外的因子を認識して初めて発動する後天的な抵抗性の二つの障壁をもって、自らを外来因子から防御している。静的抵抗性としては、ワックス層、クチクラ層等の物理的な障壁と、カテコールやサポニン類などの化学的障壁を例示できる。一方、動的抵抗性には、侵入した病原を包むように形成されるパピラ、病原が侵入した細胞の速やかな形態的・生理的変化や細胞死（過敏感反応、HRと呼ばれる）、細胞壁のリグニン化、ファイトアレキシン（イポメアマロンやピ

サチンなど）の産生や抵抗性誘導等が複合的に作用する。

II 抵抗性誘導機構

動的抵抗性のうち、抵抗性誘導機構についての解析が進むにつれ、そのメカニズムが動物の免疫系ほど特化していないことが明らかになってきた。抵抗性誘導に関わるシグナル伝達経路の概略を図-1に示した。最も解析が進んでいるシグナル伝達経路が全身獲得抵抗性（systemic acquired resistance, SAR）である（RYALS et al., 1996）。SARは、HRを起こすような病原を植物に接種した際に、接種部位（局所）のみならず全身が様々な病原に対して抵抗性になるという現象に基づいて発見された。植物がHRを引き起こす病原を認識すると、その部位で局所的にオキシダティブバースト現象が起き、サリチル酸（SA）が蓄積、さらにその情報が全身に伝えられる。ごく最近、サリチル酸メチル（MeSA）がその伝達物質であり師管經由で全身へ移動すること、伝達先の組織でMeSAがエステラーゼの触媒によってSAに変換されることによってSAが蓄積することが示された（KLESSIG, 2007）。その結果、全身で、制御因子であるNPR1などの遺伝子の転写が誘導される。そのシグナルはさらにWRKYなどの転写制御因子を介して各細胞の核内に伝えられ、その結果、病原に対して抗菌性を示すタンパク質を含む複数の酸性PR-タンパク質が生産され、全身が病害に対して抵抗性になる（図-1）。

一方、SARとは異なる抵抗性誘導シグナル伝達経路の存在も報告されている。誘導全身抵抗性（induced systemic resistance, ISR）（VAN PEER et al., 1991；VAN PEER and SCHIPPERS, 1992；染谷, 2005；有江, 2007）は、主に根圏細菌を認識することで誘導されるが、この経路ではSAの蓄積は見られず、代わりにジャスモン酸やエチレンが蓄積するとされており、また、PR-タンパク質の発現誘導が認められない（図-1）。一般に、SARが殺生的な病原に対して発動し機能するのに対し、ISRは腐生的な病原に対して機能すると言われている。

さらに、傷害や傷害を伴う病原体感染によって、ジャスモン酸やエチレンを経て抗菌タンパク質ディフェンシン（PDF1.2）の蓄積を伴う抵抗性（図-1）や、ブラシ

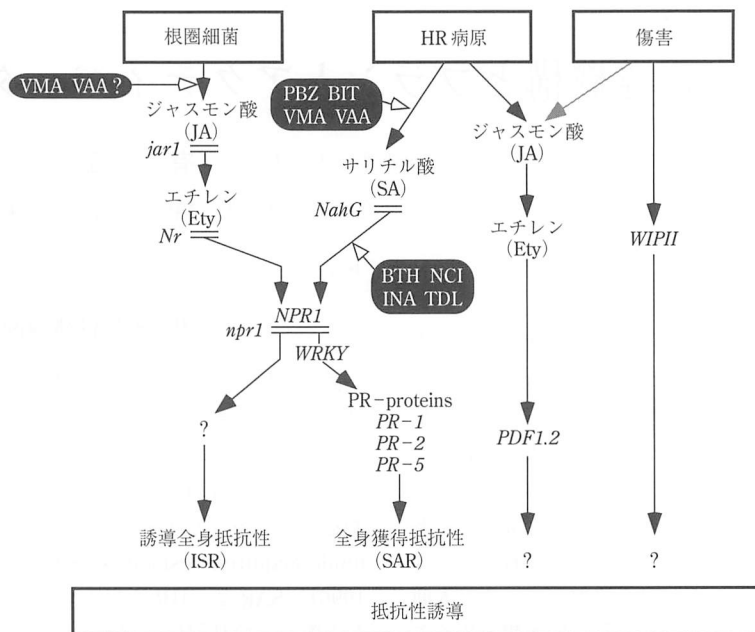


図-1 抵抗性誘導経路の概略とプラントアクティベーターの推定作用点

二重線はその部位でシグナル伝達が停止する変異植物（斜体）を，白抜き文字はプラントアクティベーターを示す．プラントアクティベーターの略称は図-2 参照．

ノステロイドを介して誘導される経路（BDR）（仲下，2006）が提案されている。

これらのシグナル伝達経路は，いずれも相互に影響し合っている可能性が報告されている（仲下，2006）。

III プラントアクティベーター

植物に処理することで，あたかも病原微生物を認識したかのように植物の全身で病害抵抗性の発動を誘導する物質をプラントアクティベーター（plant activator）と呼ぶ。プラントアクティベーターを植物に処理すると，数日のタイムラグの後に，広範囲の病害に対して長期間にわたって抵抗性を示すようになる。したがって，プラントアクティベーターは病原菌に対する直接的な殺菌性をもつ必要がない。そのため，耐性菌が出現しにくいと考えられている。現に，以下で紹介するプロベナゾール（PBZ）およびバリダマイシン A（VMA）は，発売 30 余年を経ても耐性菌出現の報告がない。

これまでにプラントアクティベーターとして報告されている物質を図-2 に示す。このうち，アシベンゾラル-S-メチル（ASM），プロベナゾール，バリダマイシン A，チアジニル（TDL）がこれまでに農薬登録されたプラントアクティベーターである。イソチアニルは，今後新た

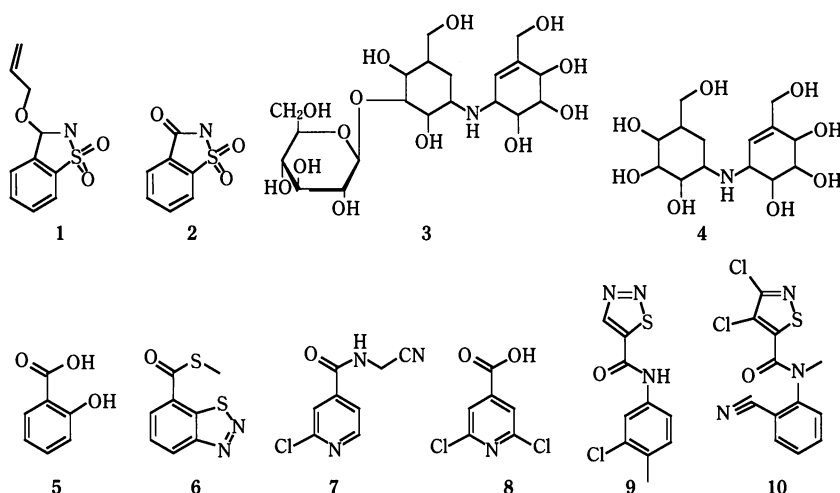
に開発・登録が期待されている物質である。図-2 に示した物質以外にも，例えば，イネいもち病用の殺菌剤カルプロバミドが抵抗性誘導能を有することが報告されている（新木，1999）が，その詳細は明らかにされていない。このほか，微生物由来のエリシターなども同様に抵抗性を誘導する場合があるが本章では割愛する。

既報のプラントアクティベーターのほとんどが，上述の抵抗性誘導機構のうち，SAR を活性化して病害に対する抵抗性を賦与するとされている。このうち，PBZ およびその活性本体である BIT，VMA は SA の上流で SAR を活性化する。これらは，病原菌の植物に認識される部分のアナログと考えることも可能である。一方，その他の物質は SA の下流で SAR を活性化する。これらは，SA アナログであると考えることが可能である（仲下，2005）。イソチアニルも SA アナログであると想定されるが現時点では詳細の報告はない。

以下に，主なプラントアクティベーターについて概説する。

1 アシベンゾラル-S-メチル（ASM あるいは BTH）

アシベンゾラル-S-メチル（図-2）は，チバガイギー（現 シンジェンタ）が開発，1996 年にヨーロッパで



1 : probenazole (PBZ), 2 : benzisothiazole (BIT), 3 : validamycin A (VMA), 4 : validoxylamin A (VAA), 5 : salicylic acid (SA), 6 : acibenzolar-S-methyl (ASM) or benzothiadiazole (BTH), 7 : *N*-cyanomethyl-2-chloroisonicotinamide (NCI), 8 : dichloroisonicotinic acid (INA), 9 : tiadinil (TDL), 10 : isotianil

図-2 既報のプラントアクティベーター

1 : プロベナゾール, 2 : ベンズイソチアゾール, 3 : バリダマイシン A, 4 : バリドキシラミン A, 5 : サリチル酸, 6 : アシベンゾラル-S-メチル, 7 : シアノメチルクロロイソニコチンアミド, 8 : ジクロロイソニコチン酸, 9 : チアジニル, 10 : イソチアニル。1 ~ 4 は, サリチル酸の上流で, 5 ~ 10 は, サリチル酸類似化合物としてサリチル酸の下流で全身獲得抵抗性 (SAR) を活性化すると考えられる (図-1)。

コムギうどんこ病 (*Blumeria graminis* による) に対する防除剤として上市され, 我が国では 99 年にイネいもち病 (*Magnaporthe oryzae* による) 用に登録された。ASM は, コムギ, タバコ, シロイヌナズナ, トマト等において多様な病害を抑制する効果をもつことが報告されている。

1990 年代中盤に, チバガイギーの研究グループは, 著しい発展過程にあった植物分子生物学の研究手法を取り入れることによって, SAR 誘導機構の基礎研究の進展に大きく貢献した。すなわち, 病原が感染したキュウリやタバコの組織中でサリチル酸が蓄積することが既に示されていたが, チバガイギーの研究グループは, 微生物由来の SA 代謝酵素 (サリチル酸ヒドロキシラーゼ) を導入した SA 非蓄積形質転換植物 (*NahG* 植物; 図-1) を利用することによって, SAR における SA の必要性を決定づけた (GAFFNEY et al., 1993)。一方, 同研究グループは, ASM およびジクロロイソニコチン酸 (INA; 図-2) が, とともに SA の蓄積を経ずに SAR を誘導することを *NahG* 植物を利用して明らかにした。SAR において SA の下流で機能する NPR1/NIM1 タンパク質 (Cao et al., 1994; DELANEY et al., 1995) が ASM および INA によ

る SAR 誘導にも必要であることが示され, 両化合物が SA のアナログとして機能していることが示唆された。

我が国での ASM の農薬登録は 2007 年までに失効したが, 今後も抵抗性誘導機構研究のためのツールとして重要な役割をもつと考えられる。

2 プロベナゾール (PBZ)

プロベナゾール (図-2) は, 1976 年にイネいもち病用防除剤として明治製菓が登録した。「予防に勝る防御なし」のキャッチフレーズの下に上市された世界初のプラントアクティベーターである。PBZ 製剤は, 育苗箱処理やその後の処理で長期間にわたってもいもち病の発病を抑えるという特徴を有するため, 利便性の高い薬剤とされている。その後 PBZ は, イネ白葉枯病 (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* による), イネもみ枯細菌病 (*Pseudomonas glumae* による), キュウリ斑点細菌病 (*P. syringae* による), ハクサイ軟腐病 (*Erwinia carotovora* による), キャベツ黒腐病 (*X. campestris* pv. *campestris* による) 等, 広範な病害に対して適用が拡大されている。

PBZ が病害に対する抵抗性をイネに誘導することはかなり古くから報告されていた。近年, モデル実験植物

シロイヌナズナやタバコを利用し、PBZ およびその植物組織内における代謝物ベンズイソチアゾール (BIT) (図-2) が SAR を誘導することが示された。さらに、前述の ASM とは異なり植物組織中に SA の蓄積を誘導すること、SA を蓄積できない *NahG* 変異体で PBZ や BIT の発病抑制能が失われることから、PBZ および BIT が SAR 誘導経路の SA の上流に作用することが示された (図-1) (YOSHIOKA et al., 2002; 仲下, 2005)。現在までに SA 上流に作用するプラントアクティベーターは PBZ, BIT および後述の VMA 以外には見出だされていないため、農業利用上のみならず、基礎研究におけるツールとしても有用であると考えられる。PBZ の開発の経緯などの詳細は第 V 章を参照いただきたい。

3 バリダマイシン A (VMA)

バリダマイシン A (図-2) は *Streptomyces hygroscopicus* が生産するアミノグルコシドであり、1972 年に武田薬品工業 (現在農薬部門は住友化学) によってイネ紋枯病 (*Rhizoctonia solani* による) 用農薬として登録された。*R. solani* 菌糸内ではトレハロースが唯一の転流糖である。菌糸先端細胞においてトレハロースは分解酵素トレハラーゼの働きでグルコースに変換され、呼吸基質として菌糸伸長に利用される。一方、イネ茎葉部に散布されると VMA は速やかにアグリコンであるバリドキシルアミン A (VAA) (図-2) に変換される。VAA は構造がトレハロースに類似していることから、トレハラーゼと結合し、阻害剤として機能する。その結果、*R. solani* は呼吸基質の欠乏に直面し、生育が停止する (SHIGEMOTO et al., 1989)。一方、VMA および VAA は微生物 (菌類, 細菌類) に対する直接的な殺菌性を示さない。

近年、VMA が土壌伝染病であるナス科植物青枯病 (*Ralstonia solanacearum* による) や、キャベツ黒腐病など細菌によって引き起こされる病害に対しても有効であることが報告され (ISHIKAWA et al., 1996; 2004), VMA がこれまでに考えられていた以外の作用機構に基づく病害抑制効果を併せもつことが示唆されていた。このような状況の中で、近年、VMA の茎葉散布が土壌伝染病であるトマト萎凋病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* による) の発病をも抑制することが見出された (ISHIKAWA et al., 2005; 石川・有江, 2006)。この発見は二つの点で興味を引いた。一つは、「土壌中に生息する土壌病原菌を茎葉散布で防除する新たな施用法の可能性」を示唆している点であり、もう一つは「VMA が抗菌しないはずの *F. oxysporum* に起因する病害に対してどうして効果を示すのか?」という作用機構に関する点である。後者に関連して、ISHIKAWA et al. (2005) は VMA の茎葉散

布がトマトに SA の蓄積を介して SAR を誘導すること、VMA 茎葉散布が萎凋病に加えてうどんこ病 (*Oidium* sp. による) や疫病 (*Phytophthora infestans* による) の発病抑制にも効果的であることを示した。さらに ISHIKAWA et al. (2007) は、トマト 20 品種を用いた相関解析から VMA の萎凋病防除効果が SAR による可能性を、一方、福島ら (2006) は *NahG* トマト (ARIE et al., 2007) を用いて、VMA の萎凋病防除効果が SAR のみならず、ジャスモン酸・エチレンを介した抵抗性にもよる可能性を示した。

4 チアジニル (TDL)

チアジニル (図-2) は 2003 年に日本農薬によって登録されたイネいもち病およびイネごま葉枯病 (*Cochliobolus miyabeanus* による) 用薬剤である。TDL は、浸透性に優れており、根部から速やかに移行することで病害に対する抵抗性を全身的に誘導するとされる。開発の経緯など詳しくは、第 IV 章を参照されたい。作用機構についても第 IV 章に紹介するが、以下に概説する。TDL はイネ糸状菌病以外にもタバコモザイク病 (タバコモザイクウイルスによる) やタバコ野火病 (*Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* による) など広範囲の病害に対する効果をもつ。また、TDL およびその代謝物 SV-03 が、SA の蓄積を誘導しないものの SAR マーカー遺伝子の発現を誘導すること、SA を蓄積できない *NahG* 形質転換植物においても病害抵抗性および SAR マーカー遺伝子の発現を誘導すること、シロイヌナズナ *npr1* 欠損変異株では SAR を誘導しないことから、TDL が ASM と同様に SA と NPR1 タンパク質の間で SAR を活性化することが明らかにされた (YASUDA et al., 2006; 安田, 2007)。

また、最近、TDL の茎葉部への散布によって、チャノキ炭疽病 (*Colletotrichum theae-sinensis* による) および輪斑病 (*Pestalotiopsis longiseta* による) の防除ができることが報告され (YOSHIDA et al., 2006), 今後の適用拡大に期待が持たれている。この詳細については、第 III 章を参照いただきたい。

5 イソチアニル

イソチアニル (図-2) は、バイエルクロップサイエンスが探索し、現在住友化学と共同で開発中の化合物である。イネいもち病、白葉枯病等を対象に委託試験が行われている。害薬もなく、効果も対照薬剤並かそれ以上のものである。両社の発表では、イソチアニルはプラントアクティベーターとして機能するようであるが、その作用機作の詳細は未報告である。しかしながら、化学構造 (図-2) を見ると、ASM や TDL のように、SA と

NPR1 タンパク質の間で SAR を活性化することが予想される。近い将来に新規プラントアクティベーターとして登録されることが期待される。

IV プラントアクティベーターの展開

前章までに述べたように、プラントアクティベーターは多種の植物において広範な病害に対する抵抗性を誘導する。しかしながら、農薬登録済のプラントアクティベーターの適用範囲は比較的狭いのが現状である。特に、双子葉植物における登録が少ない。これは、プラントアクティベーターが植物に薬害を引起こしがちであることによる可能性が高い。しかし、最近、プラントアクティベーターの新たな展開の可能性が報告されるようになってきた。一つは、第 III 章に詳述されているように、TDL のチャノキの病害に対する効果の報告であり、これは今後プラントアクティベーターの果樹などの多年生植物に対する利用研究が進められる可能性を示唆している。一方、VMA 茎葉散布の土壤中に生息する病原に対する効果の報告は、難防除である土壤病害防除に向けた新たな希望であり、茎葉散布という簡便で環境負荷の少ない方法で土壤病害を長期にわたって防ぐ可能性を示唆している。

V 微生物による誘導抵抗性

これまでに、複数の根圏微生物が ISR などの抵抗性を誘導すること、また場合によっては植物の成長を促進する作用をもつことが報告されてきている。既に微生物農薬として登録されたものの中にも植物に病害抵抗性を誘導すると考えられているものがある。生物防除資材として初期からよく利用されてきた *Trichoderma* 属菌の作用機作は多くの場合、食菌作用や、場や養分の競合であると言われている。しかしながら、近年、コーネル大学などの研究で *Trichoderma* 属菌の中にジャスモン酸・エチレンに依存する抵抗性を誘導するとともに植物の成長促進作用を示すものがあることが紹介されている。我が国でトマト根腐萎凋病 (*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* による) や青枯病に対する生物農薬として登録されているシュードモナス・フルオレッセンズや、サツマイモつる割病 (*F. oxysporum* f. sp. *batatas* による) 用に登録された非病原性フザリウム・オキシスポラムも抵抗性誘導を機作とすることが示唆されている (有江, 2006)。これらの抵抗性誘導メカニズムの詳細は明らかになってはいないが、興味深いことに、このうちシュードモナス・フルオレッセンズは植物の生育を抑制する効果をもつ。一方、様々な土壤病害に対する防除効

果をもつ生物防除資材として有望視されている *Pythium origandrum* の細胞壁エリシターがトマトのジャスモン酸・エチレン依存の抵抗性誘導経路を活性化することが報告されている (竹中ら, 2006)。

さらに、植物組織内に共生する微生物 (エンドファイト) の中にも病害に対する抵抗性を誘導するものがあることが報告されている。いまだ生物農薬としての実用化はされてはいないものの、アブラナ科の根部エンドファイト (*Heteroconium chaetospora*) やイネ科植物などのエンドファイト *Herbaspirillum* 属や *Azospirillum* 属細菌が定着した宿主に病害抵抗性を誘導する場合があることが知られている。この抵抗性には SA が関与せず、SAR とは異なるエチレンが関与する誘導機構が働いていると推定されている。

おわりに

最後に、最近のプラントアクティベーターの研究動向と筆者らが興味をもっている点について簡単に言及したい。

前章までに述べたイソチアニルのように、現在でもプラントアクティベーターの開発研究は進められている。その多くは、SA のアナログである ASM をもとにした分子デザインによっているように思われる。もちろん、それも重要な開発戦略であるが、PBZ や VMA のように ASM と作用点の異なる物質、あるいは、SAR 以外の抵抗性誘導経路を活性化する物質の探索も期待される。特に、薬害を引き起こしやすいという既存のプラントアクティベーターの欠点を克服した剤の登場が期待される。そのために必要なスクリーニング系として、レポーター遺伝子を使用した方法やバイオフィトンを利用した方法などが提示されており、その発展も期待される (第 II 章参照)。

プラントアクティベーターは、殺菌性がないことから環境影響などが少なく比較的安全な農薬であると考えられている。そのため、今後予期される GAP 対応などにおいても注目されると考えられる。一方で、全身で病害抵抗性が誘導された植物の安全性に関する報告はほとんど見られない。プラントアクティベーターの存在を確固としたものにするためにも、プラントアクティベーターの環境影響や使用した植物の安全性に関する検討も怠らないようにしなくてはならない。

さらに、複数の例で、植物の生育環境がプラントアクティベーターの効果に影響を与えることが報告されてきている。プラントアクティベーターの効果を最大限に引き出すような条件設定を可能にすることが、プラントアクティベーター開発の活性化につながると考える。

基礎研究においては、これまで抵抗性誘導に関わるシグナル伝達機構の解析研究が盛んであったが、今後は実際に抵抗性が誘導された植物が病原体に対していかに抵抗力を発揮するかの解析が盛んになると想定される。

これらの研究・開発が推進され、プラントアクティベーターがより低環境負荷な植物病害防除につながっていくことを大いに期待している。

引 用 文 献

- 1) 新木康夫・倉橋良雄 (1999): 農薬誌 24: 369 ~ 374.
- 2) 有江 力 (2006): 今月の農業 50(11): 20 ~ 24.
- 3) ——— (2007): プレインテクノニュース 121: 10 ~ 13.
- 4) CAO, H. et al. (1994): Plant Cell 6: 1583 ~ 1592.
- 5) DELANEY, T. P. et al. (1995): Proc. Natl. Acad. Sci. USA 92: 6602 ~ 6606.
- 6) GAFFNEY, T. et al. (1993): Science 261: 754 ~ 756.
- 7) ISHIKAWA, R. et al. (1996): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 62: 478 ~ 482.
- 8) ——— et al. (2004): J. Pestic. Sci. 29: 209 ~ 213.
- 9) ——— et al. (2005): Phytopathology 95: 1209 ~ 1216.
- 10) 石川 亮・有江 力 (2006): 植物防疫 60: 219 ~ 223.
- 11) KLESSIG, D. A. et al. (2007): Book of Abstracts of XIII International Congress on Molecular Plant-Microbe Interactions (July 21-27, 2007, Sorrento, Italy): 56.
- 12) 仲下英雄 (2005): 植物の生長調節 40: 10 ~ 15.
- 13) ——— (2006): 植物ホルモンの分子細胞生物学, 講談社, 東京, p. 257 ~ 268.
- 14) RYALS, J. A. (1996): Plant Cell 8: 1809 ~ 1819.
- 15) 瀬尾茂美・光原一朗 (2007): プレインテクノニュース 121: 5 ~ 9.
- 16) SHIGEMOTO, R. et al. (1992): Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 58: 685 ~ 690.
- 17) 染谷信孝 (2005): バイオコントロール研究会レポート 9: 66 ~ 78.
- 18) 高橋英樹 (2007): プレインテクノニュース 121: 1 ~ 4.
- 19) 竹中重人ら (2006): 日植病報 72: 267.
- 20) VAN PEER, R. et al. (1991): Phytopathology 81: 728 ~ 734.
- 21) ——— and B. SCHIPPERS (1992): Plant Pathol. 98: 129 ~ 139.
- 22) YASUDA, M. et al. (2006): J. Pestic. Sci. 31: 329 ~ 334.
- 23) 安田美智子 (2007): 農薬誌 32: 281 ~ 282.
- 24) YOSHIDA, K. et al. (2006): 11th IUPAC International Congress of Pesticide chemistry, Book of Abstract (2), IUPAC, Kobe, p. 134.
- 25) YOSHIOKA, K. et al. (2001): Plant J. 25: 149 ~ 158.

植物ウイルス・細菌診断用抗血清の配布のお知らせ

当協会研究所では、植物病害の同定診断の受託、ならびに免疫研究用に植物ウイルスや細菌の診断用抗血清を作製して実費で配布しています。

配布している主な植物ウイルスおよび細菌の抗血清*

抗血清の種類	試薬の種類	価格 (税込)
イネ縮葉枯ウイルス (RSV)	ラテックス凝集反応液 (500検体分)	29,925円
トウガラシマイルドモットルウイルス (PMMoV)	DAS-ELISA用セット (2,500検体分)	40,950円
キュウリモザイクウイルス (CMV)	DAS-ELISA用コーティング抗体 (2,500検体分)	21,262円
トマト黄化えそウイルス (TSWV)	DAS-ELISA用コンジュゲート抗体 (2,500検体分)	24,937円
スイカ灰白色斑紋ウイルス (WSMV)	DAS-ELISA用セット (2,500検体分) 【モノクローナル抗体】	51,450円
シンビジウムモザイクウイルス (CyMV)	ランのウイルス病診断薬 (5検体分)	5,250円
スイカ果実汚斑細菌病菌 (Aac)	高比重ラテックス凝集反応液 (500検体分)	29,925円

*他にも36種類の抗血清を作製し試薬に調整して配布中

お申し込みは下記あてに内容を明記したFAXをお送り頂くか、HPからお願いします。

また、植物ウイルス病等の同定診断の詳しい内容については、当研究所ウイルス担当までご相談下さい。

(申し込み先) (社)日本植物防疫協会研究所 総務担当
 TEL: 0298-72-5172 FAX: 0298-72-3078
 〒300-1212 茨城県牛久市結束町535
<http://www.sp.jpapa.or.jp/kenkyusho/>