

III. 熱帯野菜・果樹のウイルス病

4. 中南米及び東南アジアの熱帯地域で検出されたサツマイモのウイルス病

中野正明, Segundo Fuentes* and Luis F. Salazar*

熱帯農業研究センター (現農林水産技術会議事務局), *国際ばれいしょセンター

Virus Diseases of Vegetables and Fruit Trees in Tropical Countries

4. Sweet potato virus diseases detected in the tropics of South and Central America and Southeast Asia.

Masaaki NAKANO, Segundo Fuentes* and Luis F. Salazar*

Tropical Agriculture Research Center

*International Poteto Center (CIP).

Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan, *Apartado 5969, Lima, Peru

We detected sweet potato viruses by NCM-ELISA in the tropics of South and Central America and Southeast Asia. Sweet potato feathery mottle virus was detected in Peru, Mexico, Dominican Republic, Indonesia, and Philippines. The C-2 virus which shows a serological relationship to the sweet potato symptomless virus was detected in Peru, Indonesia, and Philippines. Sweet potato mild mottle virus was detected in Indonesia. An unidentified isometric and aphid-transmitted virus which had been called C-4 was detected in Peru. Sweet potato leaves infected with the C-4 virus showed small whitish spots. *Ipomoea setosa* showed leaf curl, dwarf, and necrotic spots, and was a suitable diagnostic plant for C-4 by graft inoculation. *Macrosiphum euphorbiae* transmitted the C-4 in a persistent manner. C-4 was designated as sweet potato leaf speckling virus, tentatively.

Key words: Sweet potato, virus diseases, South and Central America, Southeast Asia

キーワード: サツマイモ, ウイルス病, 中南米, 東南アジア

サツマイモは中南米の熱帯地域原産であると考えられているが, その生産の約9割はアジア, 特に中国に集中しており, 他の地域での知見は少ない。近年, 熱帯地域における基幹作物のひとつとしてその可能性が注目され, 原産地に近いペルーの国際ばれいしょセンター(CIP)が中心となって遺伝資源の収集や発展途上地域への普及をめざした研究を行っている。サツマイモは, そのほとんどがウイルス病に感染しているが,

病徴は必ずしも明瞭ではなく, 被害についても明らかでない場合が多い。しかし今後, これまで栽培の少なかった地域への普及に伴い, それまで顕在化していなかったウイルスや複数ウイルスの重複感染により収量, 品質の低下が問題となることが考えられる¹⁰⁾。このようなことから, 遺伝資源を世界各国に配布する役割を持つCIPにおいては, 病原ウイルスの同定と, 苗が無病であることを証明するための手法の開発が重要な課題

となっている。このため CIP では、サツマイモに発生するウイルスの種類と性状の解明、確実な検定法の確立、ウイルス抵抗性遺伝資源の探索などをめざした研究が進められており、sweet potato feathery mottle virus (SPFMV) の russet crack (RC) 系統のほか、*Nicotiana benthamiana* に全身感染する SPFMV の C-1 系統などが見いだされている⁶⁾。また、汁液伝染性の紐状ウイルスで、アサガオに軽いモザイクを生じる C-2 も分離されている⁷⁾。その他数種の未同定ウイルスも分離されており、中でも C-4 と呼んでいるウイルスは、*I. setosa* に接木で激しい病徴が生じるものの不明な点が多い⁷⁾。そこで CIP の遺伝資源圃場での発生ウイルスの調査と C-4 の性状を明らかにするための試験を行ったので報告する。あわせて、ペルー各地の農家圃場での発生調査、メキシコ、ドミニカ共和国、インドネシア、フィリピンの遺伝資源圃場及び農家圃場での発生調査の結果について述べる。なお本研究は熱帯農業研究センターと CIP との共同研究として行われたものである。

材料及び方法

血清検定方法：血清検定に用いた抗血清は、sweet potato feathery mottle virus russet crack strain (RC)²⁾、同 C-1 strain (C-1)⁶⁾、C-2⁷⁾、sweet potato latent virus (SPLV)³⁾、sweet potato caulimo-like virus (SPCV)¹⁾、sweet potato mild mottle virus (SPMMV)⁵⁾ である。いずれもウサギ血清で、SPCV 抗血清は報告者から分譲されたもの、その他は CIP ならびにアメリカのノースカロライナ州立大学で作成されたものである。

検定はニトロセルロース膜を用いた酵素結合抗体法 (NCM-ELISA)⁷⁾ で行った。厚さ 0.15mm、縦横 10.5cm X 16cm のビニル袋に検定する葉を入れ、ビニルの上から内径 10mm の試験管の口を押しつけ葉のディスクを切り取る。葉ディスク 2 枚を袋に残し、これに 0.2% 亜硫酸ナトリウムを加えた TBS (0.02M トリス緩衝液に 0.5M 塩化ナトリウムを加え pH7.5 としたもの) 1.5ml を加え、袋の上から太い試験管の口の部分を用いて葉を磨砕する。この葉汁液を乾燥したニトロセルロース膜上 (1cm 角の格子状に線を引いておく) のそれぞれの格子に 20 μ l ずつ滴下し約 1 時間乾燥させた。6 種の抗血清で処理するため、同じものを 6 枚作成した。現地調査などで実験設備のない場合等には数日から数週間乾燥状態で保存した後次の操作を行った。2% 脱脂

粉乳と 2% Triton X-100 を含む TBS 中に浸漬して 1 時間振とうし、続いて 2% 脱脂粉乳を含む TBS で 1000 倍に希釈したウイルス抗血清に浸し一晩ゆっくり振とうした。翌日、洗浄液 (0.05% Tween-20 を加えた TBS) で振とうしながら 3 回洗浄し、脱脂粉乳を含む TBS で希釈したアルカリフォスファターゼ標識ヤギ抗ウサギ抗体に浸し 1 時間ゆっくり振とうした。その後洗浄液で 4 回洗浄し、0.01% nitro blue tetrazolium と 0.005% 5-bromo-4-chloro-3-indolyl phosphate (N,N-dimethylformamide に溶解してから用いる) を溶解した 0.1M トリス緩衝液 (pH9.5, 0.1M 塩化ナトリウムと 0.005M 塩化マグネシウムを含む) 中に移しゆっくり振とうし発色させた。その後水洗し発色を対照と比較しウイルスの有無を判定した。ウエスタンブロット法は SDS とメルカプトエタノールを加え沸騰水中で 3 分間処理した試料葉汁液を 1mm 厚の 10% ポリアクリルアミドゲルを用い、トリス-グリシン緩衝液で泳動⁹⁾ した後、セミドライ転写装置を用いニトロセルロース膜に 100mA、1 時間で転写し、上記と同様に抗体処理し発色させた。SSEM-PAG 法は Usugi et al. (1991) によった¹⁴⁾。

接木検定方法：接木検定は、*Ipomoea setosa* の第 2 本葉が出てきた時期に、片方の子葉を切り落とし、その腋芽にカミソリで切れ込みを入れ、そこに検定しようとするサツマイモ葉の葉柄部分をくさび型にそいだものをはさみこみ、接木クリップでおさえた。他の検定植物への接木も同様に行った。25 \pm 3 $^{\circ}$ C に制御した温室で、接木された植物の上にビニル袋をかぶせ、日陰に 1 週間置いた後ビニル袋をとり、温室のベッド上で接種後 1 カ月以上病徴を観察した。

汁液接種方法：検定しようとする葉を、0.1% チオグリコール酸を含むリン酸緩衝液 (pH8.0) または 0.1M ジエチルジチオカルバミン酸ナトリウムを含むリン酸緩衝液 (pH7.2) で磨砕し、カーボランダムとともに脱脂綿を用いて検定植物に塗布した。接種後 1 カ月以上温室内で病徴を観察した。

昆虫伝搬試験：モモアカアブラムシ (*Myzus persicae*) は 20 $^{\circ}$ C の人工気象室で、ワタアブラムシ (*Aphis gossypii*)、チューリップヒゲナガアブラムシ (*Macrosiphum euphorbiae*) は屋外に置いたケージで飼育したものを用い、伝搬試験は、20 $^{\circ}$ C の人工気象室内で行った。タバココナジラミ (*Bemisia tabaci*) は網室内に置いたケージで飼育したもの、ならびにサツマイモ圃場で採集したコナジラミ類 (*B. tabaci*, *Triaulodes* sp. 等) が含ま

れるが未同定)のいずれも成虫を供試し、伝搬試験は網室内で行った。

電子顕微鏡観察：カーボン膜を張った銅製グリッドを用い dip 法で行い、染色はリンタングステン酸(PTA)または PTA と酢酸ウランによる二重染色により、日本電子製100S 電子顕微鏡を用いて行った。なお、電子顕微鏡観察は、Mr. Miguel Cervantes, Mr. Ernesto Velito 両氏の協力を得て行った。

結 果

CIP の遺伝資源圃場の調査：CIP の遺伝資源圃場のサツマイモ79系統について接木検定を行った。ほとんどの試料で、*I. setosa* の葉に葉脈透明、退緑斑点、黄

色斑点、えそ斑点、モザイク、斑紋、巻葉、黄化、萎縮等の病徴が現れた。さらにそれらの *I. setosa* について血清検定と電子顕微鏡検定を行った。接木の1か月後に行った血清検定の結果(Fig. 1, Table 1)SPFMV が66点、C-2が10点から検出され、うち SPFMV, C-2の両ウイルスが重複して検出されたものが5点あった。これらのウイルスが検出された *I. setosa* からは電子顕微鏡により紐状のウイルス粒子が観察された。SPFMV については、RC, C-1両抗血清により検定を行ったが、RC 抗血清に強い反応を示す分離株はC-1抗血清との反応が弱く、逆に C-1抗血清に強い反応を示す分離株はRC 抗血清との反応が弱かった (Fig. 1)。

接木検定で病徴が認められず、血清検定、電子顕微鏡観察でもウイルスが検出されなかったサツマイモ系

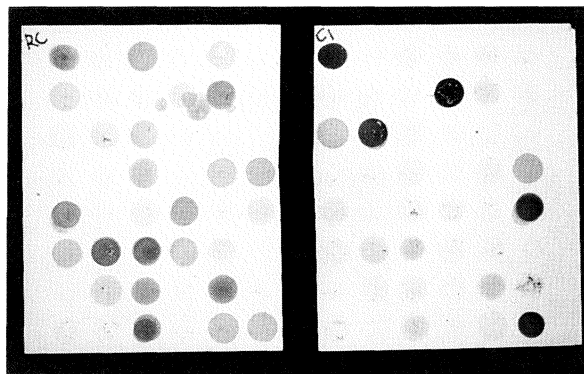


Fig. 1 Detection of SPFMV by NCM-ELISA. The sap was spotted at the same location of both membranes. Left: treated by RC-antiserum. Right: treated by C-1-antiserum.

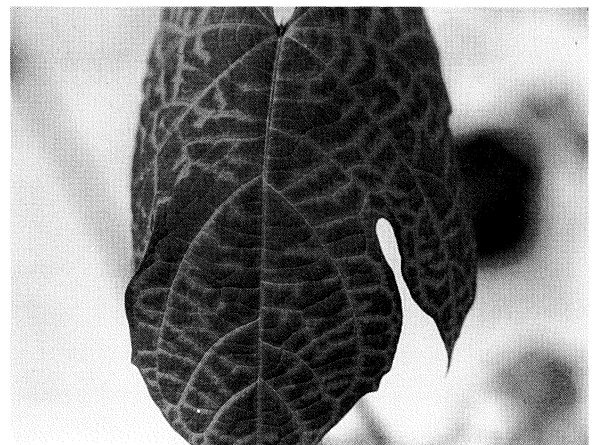


Fig. 2 Distinct vein clearing symptom on *I. setosa* infected with a SPFMV strain isolated from RCB35-IT.

Table 1 Detection of sweet potato viruses by NCM-ELISA and graft to *I. setosa* in South and Central America.

Country	Region	No. of samples	SPFMV	C-2	C-4 ^a
Peru	CIP(germplasm)	79	66	10	15
	Trujillo	27	17	1	4
	Chiclayo	18	17	0	7
Mexico	Cotaxtra (germplasm)	78	19	0	—
Dominican Republic	San Cristobal (germplasm)	80	33	0	—
	farmer's field	208	23	0	—

a : Graft to *I. setosa*. : Not tested.

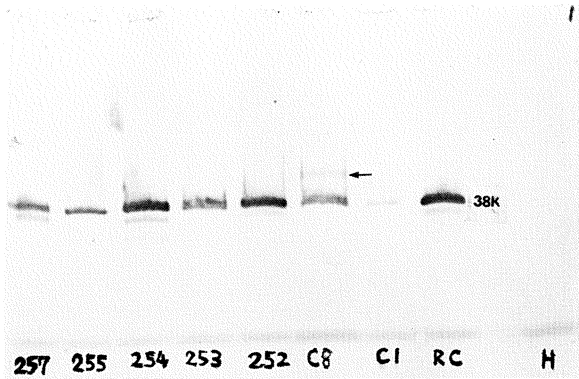


Fig. 3 Coat proteins of SPFMV isolates detected by electro-blot immuno-assay. Arrow indicates the higher molecular weight band of the isolate from RCB35-IT. H : Healthy



Fig. 4 C-2 decorated with SPSV antiserum and gold particles by SSEM-PAG.

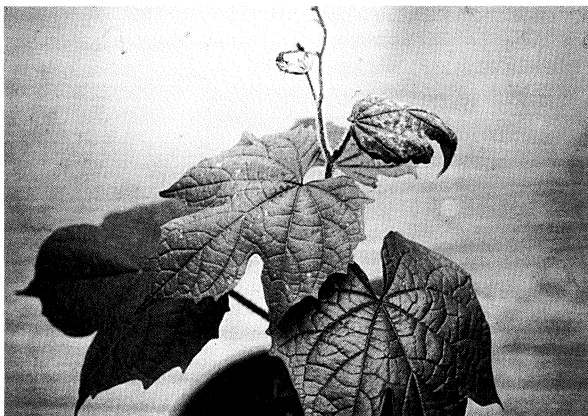


Fig. 5 Leaf curl, dwarf, and necrotic spots on *I. setosa* infected with C-4.



Fig. 6 Leaf curl and dwarf on *I. nil* infected with C-4.

統は、S-24, DLP1912, DLP1959, SPS43-A の 4 点であった。いずれのサツマイモからも SPMMV, SPLV, SPCV は全く検出されなかった。なお、接木検定で顕著な葉脈透明が認められた (Fig. 2) ものの血清検定でいずれのウイルスも検出されなかったもの (RCB35-IT はじめ 3 点) があった。しかしこの病葉をさらに *I. setosa* に接木し、2 週間後わずかに病徴が現れたところで血清検定を行ったところ SPFMV が検出された。また、このウイルスをウエスタンブロット法による検定を行った結果を Fig. 3 に示した。SPFMV のコートプロテインと考えられる 38K と、それより大きい 42K 付近にも強い反応が認められ、通常の SPFMV とはやや異なっていた。

なお、C-2 はわが国で分離同定された sweet potato symptomless virus (SPSV) 抗血清¹⁴⁾ と NCM-ELISA 及び SSEM-PAG 法により強く反応した (Fig. 4)。

C-4 の性状：接木検定で *I. setosa* にえそ斑点、巻葉、萎縮が認められた (Fig. 5) ものの血清検定でいずれのウイルスも検出されなかったもの (4 点) があったのでこれらのうち DLP1541 からの分離株 (C-4) について病原体の同定を行った。ヒルガオ科、ナス科、アカザ科、ヒユ科の 13 種の検定植物に汁液接種を行ったが、いずれの植物にも病徴は現れなかった。またヒルガオ科とナス科の 7 種の植物に接木接種を行ったところ、*I. setosa* では接種源と同様の病徴が生じ、本病の接木伝染性が確認された。このほかにも *Ipomoea* 属のアサガオ、サツマイモにも接木接種により病徴が生じたが、ナス科のトマト、*N. benthamiana*、*Nicandra physaroides*、*Physalis floridana* に病徴は認められなかった。アサガオでの病徴は退緑斑点、えそ斑点、巻葉、萎縮であった (Fig. 6)。サツマイモでの病徴は不整形の白色斑点で、斑点の中心部分にえそが認められる場合があった (Fig. 7)。いずれの植物でも、接種後出葉した

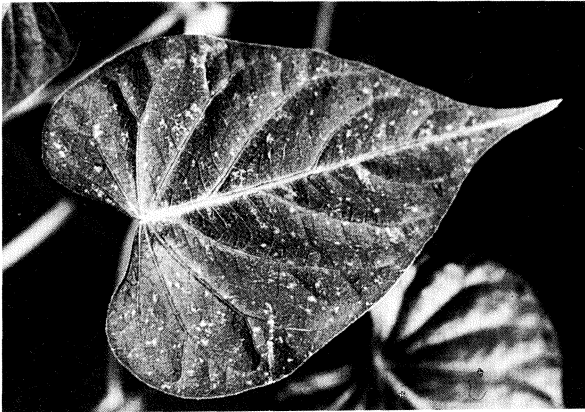


Fig. 7 Chlorotic spots on sweet potato (cv. DLP1531) infected with C-4.

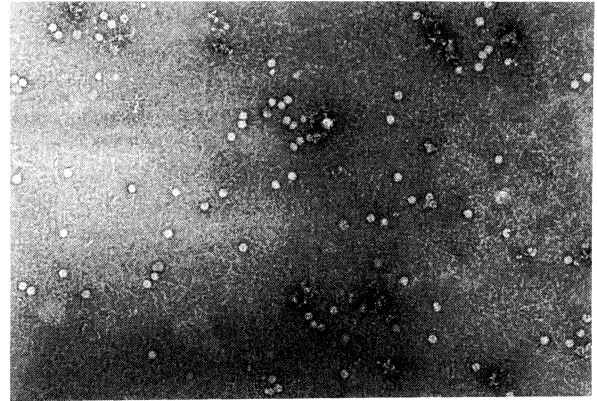


Fig. 8 C-4 virus particles in a partially purified preparation.

Table 2 Insect transmission tests of C-4.

No.	Source plant	Test plant	Acquisition feeding	Inoculation feeding	No. of aphids /test plant	Results ^a
Aphids						
<i>Myzus persicae</i>						
1	<i>I. setosa</i>	<i>I. setosa</i>	5min.	1day	5	0 / 10
2	<i>I. setosa</i>	<i>I. setosa</i>	1day	3days	5	0 / 5
3	<i>I. setosa</i>	<i>I. nil</i>	1day	3days	5	0 / 5
4	<i>I. batatas</i>	<i>I. setosa</i>	2days	2days	10	0 / 5
5	<i>I. batatas</i>	<i>I. nil</i>	2days	2days	10	0 / 5
<i>Aphis gossypii</i>						
1	<i>I. setosa</i>	<i>I. setosa</i>	5min.	1day	5	0 / 5
2	<i>I. setosa</i>	<i>I. setosa</i>	1day	2days	5	0 / 5
3	<i>I. setosa</i>	<i>I. nil</i>	1day	2days	5	0 / 5
4	<i>I. batatas</i>	<i>I. nil</i>	2days	4days	10	0 / 3
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>						
1	<i>I. batatas</i>	<i>I. setosa</i>	2days	3days	10	0 / 5
2	<i>I. batatas</i>	<i>I. nil</i>	2days	3days	10	2 / 5
3	<i>I. batatas</i>	<i>I. setosa</i>	5min.	1day	10	0 / 5
4	<i>I. batatas</i>	<i>I. nil</i>	5min.	1day	10	0 / 5
White-flies						
<i>Bemisia tabaci</i>						
1	<i>I. setosa</i>	<i>I. setosa</i>	2days	2days	40	0 / 2
White-flies collected in sweet potato fields (<i>Bemisia tabaci</i> , <i>Triaulodes</i> sp. etc.)						
1	<i>I. setosa</i>	<i>I. setosa</i>	1day	1day	150	0 / 1
2	<i>I. setosa</i>	<i>I. setosa</i>	1day	1day	50	0 / 2
3	<i>I. setosa</i>	<i>I. setosa</i>	1day	3days	50	0 / 2

a : No. of plants infected / No. of inoculated plants

Table 3 Detection of sweet potato viruses by NCM-ELISA in Southeast Asia.

Country	Region No. of samples	SPFMV	SPMMV	C-2	
Philippines	Tarlac	60	31	0	2
	Tanauan	60	4	0	0
Indonesia	CIP(germplasm)	101	14	4	3
	CIP(test field)	30	9	4	0
	Leuwiliang	20	3	3	0
	Rangkasbitung	50	0	0	2



Fig 9. Dwarf and yellowing symptoms on sweet potato in Philippines.

数枚の葉の病徴は激しく、その後に出る葉の病徴は軽くなり、さらに後には無病徴となる傾向が認められた。電子顕微鏡観察の結果、病徴を生じた個体からは径約30nmの球形のウイルス様粒子がごく少数認められた (Fig. 8)。アブラムシ伝搬試験、コナジラミ伝搬試験の結果を Table 2 に示した。低率ではあるがこのウイルスは *Macrosiphum euphorbiae* (チューリップヒゲナガアブラムシ) により伝搬された。

ペルーの農家圃場の調査：1990年10月、ペルーの北部海岸地帯の Trujillo, Chiclayo 周辺の農家圃場で採集したサツマイモを CIP に持ち帰り接木検定、血清検定、電子顕微鏡観察を行った。その結果血清検定により SPFMV, C-2両ウイルスが、接木検定により C-4が検出された (Table 1)。

メキシコの遺伝資源圃場の調査：1991年7月、メキシコの Cotaxtra 農業試験場がメキシコ各地から収集し保存しているサツマイモ遺伝資源のウイルスの血清検定を行った。現地ではニトロセルロース膜へのサンプル磨砕液の滴下まで行い、その後は CIP に持ち帰り検

定した。結果は Table 1 に示したとおりで、SPFMV のみが検出され、他の4種ウイルスは検出されなかった。

ドミニカ共和国の調査：1991年7月、ドミニカ共和国の San Cristobal 農業試験場がドミニカ共和国各地から収集し保存している遺伝資源圃場と同国中南部の農家圃場の、サツマイモウイルスの血清検定を行った。方法はメキシコの調査と同様に行った。結果は Table 1 に示したとおりで、SPFMV のみが検出され、他の4種ウイルスは検出されなかった。

インドネシアの遺伝資源圃場ならびに農家圃場の調査：1992年2月、インドネシアのボゴールの CIP 地域事務所がインドネシア各地から収集し保存している遺伝資源圃場とジャワ島西部の Leuwiliang, Rangkasbitung 周辺の農家圃場のサツマイモウイルスの血清検定を行った。方法はメキシコ調査と同様で、検出はわが国に持ち帰って行った。遺伝資源圃場においては、退緑斑点、紫斑点、紫輪点などの病徴のある個体が多数認められた。結果は Table 3 に示したとおりで、SPFMV, C-2, SPMMV が検出されたが、SPLV, SPCV は検出されなかった。

フィリピンの農家圃場の調査：1992年1月、フィリピンの Tarlac, Tanauan 周辺の農家圃場でサツマイモのウイルス病調査を行った。この地域では、前年、サツマイモが黄化、萎縮して、大幅な減収が見られたとのことで、今回の調査でも黄化、萎縮、モザイクが激しく生じている株がみられた (Fig. 9)。ウイルスの血清検定をインドネシア調査と同様に行ったところ、激しい病徴のある株からは SPFMV のみが検出された。ただし、無病徴株から SPFMV が検出される場合もあった。C-2も一部で検出されたが、その他の3種ウイルスは検出されなかった。(Table 3)。

考 察

ペルーの調査でC-4と呼んだウイルスは、接木接種によるサツマイモ、アサガオ、*I. setosa*の病徴が既知のウイルスとは異なること、汁液伝染しないこと、アブラムシ伝染性の小球形粒子であることなどから、サツマイモで未報告のウイルスと考えられる。サツマイモの葉に小斑点が生じることから、sweet potato leaf speckling virusと仮称し、さらに性状の解明を行い同定したい。特にアブラムシ伝染性については持続伝染と考えられる結果であり、ルテオウイルスグループに属する可能性もある。しかし伝染率が低く、より好適な伝搬条件を見だしさらに詳細な試験を行う必要がある。なお現地調査中、ペルーのTrujilloの1圃場ではチューリップヒゲナガアブラムシの多発生が認められたが、これが本病の分布と関係があることも考えられる。一方CIPの遺伝資源圃場での本病の発生率が必ずしも高くないことは、媒介アブラムシの密度が低い上に伝搬効率が低いことによると考えられる。本ウイルスは宿主での濃度が低く、純化法が確立されていないため、血清関係、核酸性状などの解析は今後の問題である。

SPFMVはいずれの国の調査でも検出された。ペルー以外の調査では検出率は高くないが、これはこれまでも報告されているように^{4,11)}、SPFMVを血清によりサツマイモから直接検定することが必ずしも確実ではないことによると考えられた。そこでペルーの調査については、より確実と考えられる接木による病徴観察と、発症部位の血清検定により判定した。しかし、RCB35-ITから分離されたSPFMVのようにウイルスの系統によっては*I. setosa*の病徴の明瞭な部位からでも検出が難しい場合があった。ウエスタンプロット法によりSPFMVのコートプロテインの分子量が通常の38K以外により大きなものが検出される場合があることはいくつか報告されており^{12,15)}、C-1系統やわが国の重症系統¹⁶⁾のようにRC系統との血清関係が弱いSPFMVもある。以上のようにSPFMVには血清による検出が難しい上に多様性があると考えられることから、血清検定の際には注意を要する。

C-2はわが国で報告されているSPSV抗血清と反応するためこの1系統と考えられる。ペルーのほかインドネシア、フィリピンでも検出されたがメキシコ、ドミニカ共和国では検出できなかった。中国での発生も認められている⁸⁾ので、さらに広範囲の調査が必要だが、

アジアに広く分布しているウイルスである可能性もある。C-4と同様CIPの遺伝資源圃場でも見いだされるもののSPFMVのように圃場全体には広がっていないことから、媒介様式の解明や品種の抵抗性などについて検討する必要がある。なお、CIPでは本ウイルスをsweet potato chlorotic fleck virusと呼んでいる。

インドネシアでは、SPMMVが検出されたが、これはアジアでは初めてのことである。今回の検定は血清検定のみで行ったので接種試験、電子顕微鏡観察などでさらに確認する必要がある。SPMMVはアフリカで発生が認められるウイルスで、コナジラミ伝染性であるため熱帯地域では特に注意が必要である。インドネシアはCIPのアジア地域の遺伝資源センターとなることから、無病化、感染回避対策、検定システムの確立などが重要であると考えられた。

フィリピンで認められた激しい症状の病株からはSPFMVのみが検出されたが、通常のSPFMVでは激しい萎縮症状は生じない。フィリピンのSPFMVはこれまで報告されているSPFMVとは異なる系統であるか、あるいはこの症状がSPFMV単独ではなく、アフリカで報告されているsweet potato virus disease complex¹³⁾と同様にコナジラミ伝染性病原など他の未同定ウイルスとの重複感染による可能性も考えられるので、さらに詳細な検討が必要である。

引用文献

- 1) Atkey, P.T. and Brunt, A.A. (1987). Electron microscopy of an isometric caulimo-like virus from sweet potato (*Ipomoea batatas*). J. Phytopathol. 118 : 370-376.
- 2) Cali, B. B. and Moyer, J. W. (1981). Purification and serology and particle morphology of two russet crack strains of sweet potato feathery mottle virus. Phytopathology 71 : 302-305.
- 3) Chung, M.L. et al. (1986). Virus diseases of sweet potato in Taiwan. FFTC book series 33 : 84-90 (Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region, Taipei, Taiwan, Republic of China).
- 4) Esbenshade, P.R. and Moyer, J.W. (1982). Indexing system for sweet potato feathery mottle virus in sweet potato using enzyme-linked immunosorbent assay. Plant Disease 66 : 911-913.

- 5) Hollings, M. et al. (1976). Purification and properties of sweet potato mild mottle, a white-fly borne virus from sweet potato (*Ipomoea batatas*) in East Africa. *Ann. Appl. Biol.* 82 : 511-528.
- 6) International Potato Center (1988). Control of virus and virus-like diseases. Annual Report CIP 1988. 79-91. Lima, Peru.
- 7) International Potato Center (1989). Control of virus and virus-like diseases. Annual Report CIP 1989. 51-63. Lima, Peru.
- 8) International Potato Center (1991). Control of virus and virus-like diseases. Annual Report CIP 1991. 51-61. Lima, Peru.
- 9) Laemmli, U.K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227 : 680-685.
- 10) Moyer, J.W. and Salazar, L.F. (1989) Viruses and virus-like diseases of sweet potato. *Plant Disease* 73 : 451-455.
- 11) 中野正明ら (1984). Sweet potato feathery mottle virus の健全葉汁液吸収抗血清を用いた ELISA, 九病虫研究会報 30 : 30-32.
- 12) 中島一雄ら (1990). サツマイモのウイルスの多様性 (1) 沖縄のサツマイモに見いだされたひも状ウイルス, 日植病報 56 : 153-154 (講要).
- 13) Schaefer, G.A. and Terry, E.R. (1976). Insect transmission of sweet potato disease agents in Nigeria. *Phytopathology* 66 : 642-645.
- 14) Usugi, T. et al. (1991). Three filamentous viruses isolated from sweet potato in Japan. *Ann. Phytopath. Soc. Japan.* 57 : 512-521.
- 15) 宇杉富雄ら (1992). サツマイモ斑紋モザイクウイルス強毒系統 (SPFMV-S) の純化と血清学的性質, 日植病報 58 : 615-616 (講要).
- 16) Usugi, T. et al. (投稿中) A distinct strain of sweet potato feathery mottle virus which causes obizyo-sohi disease on fleshy roots of sweet potato in Japan. *Ann. phytopath. Soc. Japan.*