トウモロコシおよびテオシントから分離された キュウリモザイクウイルスについて

茫 永堅^{*,**}・山下 修一^{*}・土居 養二^{*,***}

Yong-Jian FAN^{*,**}, Shuichi YAMASHITA^{*} and Yoji DOI^{*,***} :
Some Properties of Cucumber Mosaic Virus (CMV) from Maize
and Teosinte in Gramineous Plants

Abstract

Cucumber mosaic virus (CMV) occurred widely in maize (*Zea mays*) and also rarely in teosinte (*Euchlaena mexicana*) in Kanto area, Japan. Isolates from maize plants were classified into two types (I and II) on their biological and serological properties. Isolate II, but not isolate I, infected to barley and wheat plants by sap inoculation. It suggested that the isolate I is closely to leguminous strain, but isolate II (tentatively named maize strain) may be a previously undescribed strain, on their host range and symptomatology. Isolates from teosinte plants appeared to be related to yellow (Y) strain on tobacco symptoms. We propose to designate teosinte necrotic mosaic for the disease.

Key words: cucumber mosaic virus (CMV), maize, teosinte, gramineous plants.

キュウリモザイクウイルス (cucumber mosaic virus, CMV) は各国に分布し、寄主範囲が極めて広いことから、双子葉植物を中心にその被害は甚大である⁴⁾。イネ科植物に発生する CMV はトウモロコシ (*Zea mays*) においてアメリカ合衆国⁷⁾ やわが国^{6,8)} などで知られているが、それらの詳細は明らかでない。著者らは先にイネ科植物のウイルスについて関東地方を中心に探索し、トウモロコシには CMV が広範に発生していることを明らかにし、それらの一部を既に報告した^{2,3)}。また、さらにトウモロコシに近縁なテオシント (*Euchlaena mexicana*) で CMV による新病害を見出したので、これをテオシントえそモザイク病 (teosinte necrotic mosaic) としたい。本報告はこれらの成果を取りまとめたものである。

ウイルスの探索 関東各地のトウモロコシでモザイクないし黄色条斑症状を示す株が多数見られ、これらについて病徴、DN 法、汁液接種で病原ウイルスを調べた。その結果、既報のサトウキビモザイクウイルス (sugarcane mosaic virus, SuMV) とともに径約 30 nm の CMV が広く検出された。CMV による病徴は主にモザイク症状であったがそれらは様々で、また分離株間で寄生性にも差が見られ、系統の存在が示唆された。そこで、本研究では 2 分離株、即ち千葉市の農家圃場より得たモザイクを示すトウモロコシ

からの株 (以下、分離株 I) (Fig. 1 a), および田無市の東京大学多摩農場より得た明瞭な黄色条斑、紡錘状輪紋のモザイクを示すトウモロコシからの株 (以下、分離株 II) (Fig. 1 b) についてさらに調べた。一方、田無市の東京大学多摩農場において葉にえそを伴ったモザイクを示すテオシント (Fig. 1 c) が認められ、これからも CMV (以下、テオシント分離株) が分離された。なお、千葉、埼玉でモザイクを示すテオシントからは CMV は検出されず、これらからは SuMV が認められた。

ウイルスの寄生性 トウモロコシ分離株 I, II およびテオシント分離株について、汁液接種し寄主範囲とそれらの反応を調べた。トウモロコシ分離株 I と II については、10 科 34 種に汁液接種したところともに広い寄生性が示された (Table 1)。しかし、一部の検定植物では感染の有無、局部・全身感染、病徴に差が見られた。特に、マメ科 (ササゲ、インゲンマメ、ソラマメ、フジマメ) やイネ科 (オオムギ、コムギ) において、分離株 I は全身感染と非感染、分離株 II は局部感染と感染を各々示した。一方、テオシント分離株は 9 科 24 種に汁液接種したところその広い寄生性が知られたが、トウモロコシ分離株とは一部異なった。また、テオシントで原株と同様なえそモザイクを生じた。トウモロコシ分離株 II はイネ科のオオムギおよびコム

* 東京大学農学部 Faculty of Agriculture, University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

** 現在: 中国江蘇省農業科学院 Present address: Academy of Agricultural Sciences, Nanjing, Jiangsu 210014, The Peoples Republic of China

*** 現在: 玉川大学農学部 Present address: Faculty of Agriculture, Tamagawa University, Machida, Tokyo 194, Japan

Table 1. Results of sap-inoculation tests of cucumber mosaic virus (CMV) from maize and teosinte plants

Inoculated plant	Isolate ^{a)}			Inoculated plant	Isolate ^{a)}		
	Maize I	Maize II	Teosinte		Maize I	Maize II	Teosinte
<i>Capiscum annuum</i>				<i>C. sativus</i>			
Junkouwase	S : M ^{b)}			Kagaaokubi-fushinari	S : M, RS		
<i>Lycopersicon esculentum</i>				Suuyou	S : M, RS	S : M, RS	S : M, CS
Sekaiichi	S : M	S : M, D	S : M	<i>Cucurbita maxima</i> × <i>C. moschata</i>			
Ponterosa	S : M	S : M, D		Ebisu	S : M	S : M, D	S : M
<i>Nicotiana glutinosa</i>	S : M, D	S : M, D, NS	L : CS S : M	<i>C. moschata</i>			
<i>N. tabacum</i>				Turunashi-yatsuko	S : M		
Samsun	S : M	S : m, (LP)	S : M	<i>Luffa cylindrica</i>	—		
Xanthi	S : M	S : M	L : CS S : M	<i>Brassica campestris</i>			
White Burley		S : YM	L : CS S : M, CS	Komatsuna	—	—	—
<i>Petunia hybrida</i>	S : M	S : M, N		Hakusai	—	—	—
<i>Solanum melongena</i>				Tasai	—	—	—
Kurowashi	—	S : M	—	<i>Raphanus sativus</i>			
<i>Arachis hypogaea</i>			—	Taibyousoufutori	—		
<i>Canavalia gladiata</i>	—	—		Wase	—		—
<i>Dolichos lablab</i>				<i>Beta vulgaris</i>			
Shiobana	L : CS S : M	L : CS	L : NS	Chard	—	L : NS	L : NS
<i>Glycine max</i>				Suger beet	L : NS		
Shiroshishi-edamame	—	—		<i>Chenopodium amaranticolor</i>	L : NS	L : NS	L : NS
<i>Phaseolus vulgaris</i>				<i>C. quinoa</i>	L : NS	L : NS	L : NS
Shakugosun	L : N S : M	L : N	—	<i>Spinacia oleracea</i>			
Masterpeace	L : NS	L : N	—	TG-1	—	S : N	—
Morocco	S : M		—	<i>Lactuca sativa</i>	—	—	—
<i>Vicia faba</i>				<i>Zinnia elegans</i>	S : M	S : M	S : M
Wase	L : NS S : NS	L : NS	—	<i>Gomphrena globosa</i>	S : M	S : M, D	
Sanukinagasaya	L : NS S : NS	L : NS	L : NS	<i>Lochnera rosea</i>	S : M	S : M, N	L : NS S : M
<i>Vigna sesquipedalis</i>				<i>Tetragonia expansa</i>	L : CS, (S)	L : CS	L : CS
Kurodanesanjaku	L : Y S : M, N	L : NS	L : NS	<i>Euchlaena mexicana</i>	S : M	S : M, St	S : M, N
Daruma	L : Y S : M, N	L : NS		<i>Hordeum vulgare</i>	—	S : M, St, D	—
<i>Benincasa hispida</i>	—			<i>Triticum aestivum</i>	—	S : M, St	—
<i>Citrullus lanatus</i>				<i>Zea mays</i>			
Zuishou	—			Delicious bantam	S : M	S : M, St, N	S : YM, N, CS
<i>Cucumis melo</i>				Yellow hop	S : M	S : M, St, N	S : YM, N, CS
Supermelon	—						

a) Isolates from maize I, II and teosinte.

b) L : Local symptom, S : Systemic symptom.

CS : chlorotic spot, D : distortion, LP : line pattern, M : mosaic, m : mottle or mild mosaic, N : necrosis, NS : necrotic spot, RS : ring spot, St : stripe, Y : yellowing, YM : yellow mosaic, () : rare infection.

ギに感染する特徴ある性状が知られた。そこで、これらムギ類に対する反応をさらに調べたところ、分離株 II はオオムギ (*Hordeum vulgare*)、カトリムギ (*H. agriocrithon*)、コムギ (*Triticum aestivum*)、クラブコムギ (*T. compactum*) に感染 (10% 前後) し、いずれもモザイク症状を生じた (Table 2)。なお、同表でオオムギおよびコムギで品種未詳としたものは東京大学多摩農場で採種したがその特定はできなかった。

ウイルスの理化学的性状と血清学的性状 トウモロコシ分離株 I, II およびテオシント分離株については、それらの汁液接種感染タバコ (White Burley) 葉より常法でウイルスを純化したところ、いずれもショ糖密度勾配遠心で単一

バンドとして純化され、核蛋白質特有の紫外外部吸収、沈降係数 (約 96 S)、浮遊密度 (約 1.35 g/cm³) が得られた。また、3 分離株については構造蛋白質とゲノム核酸をポリアクリルアミドゲル電気泳動で調べたところ、いずれも外被蛋白質は約 27.5 kd、核酸 (1 本鎖 RNA) は約 1.26, 1.11, 0.78, 0.38 Md の 4 成分を示し、サテライト RNA は認められなかった (データ略)。これらは既往の値⁴⁾ と概ね一致し、各分離株間で差は特に認められなかった。

トウモロコシ分離株 II とテオシント分離株については、家兎より常法で抗血清 (力価 : 寒天ゲル内拡散法でいずれも 512 倍) を作製した。また、本試験には CMV-黄斑系 (CMV-Y) 抗血清も供試した。寒天ゲル内拡散法によると、

Fig. 1. Symptoms of leaves of maize (a and b) and teosinte (c) naturally infected with cucumber mosaic virus (CMV). a : Mild mosaic by maize isolate I from Chiba. b : Obvious mosaic by maize isolate II from Tanashi. c : Necrotic and striped mosaic of teosinte from Tanashi.

Fig. 2. Serological agar gel diffusion tests of CMV isolates from maize and teosinte. Antiserum : MIIA (a) ; maize isolate II, Y (b) ; CMV-Y strain. Antigen : MI ; purified maize isolate I, MII ; purified maize isolate II, Te ; purified teosinte isolate.

Table 2. Results of sap-inoculation tests of maize CMV isolate II to barley and wheat plants

Inoculated plant ^{a)}	No. of infected/No. of inoculated		DN method ^{c)}	Back inoculation ^{d)}
	25/20°C ^{b)}	30/25°C ^{b)}		
<i>Hordeum vulgare</i>				
Unknown cultivar ^{e)}	5/32	5/41	+	+
Kashima mugi	—	—	—	—
Katori mugi	—	—	—	—
Shinsei	3/31	2/29	+	+
Seijou 17	—	—	—	—
Doriru mugi	—	—	—	—
Amagi 2 jou	—	—	—	—
<i>H. agriocrithon</i>	—	—	—	—
<i>Triticum aestivum</i>	—	—	—	—
Unknown cultivar ^{e)}	4/34	4/35	+	+
Nourin 26	5/41	4/38	+	+
Nourin 61	—	—	—	—
<i>T. compactum</i>	2/21	3/23	+	+
<i>T. durum</i>	—	—	—	—
<i>T. spelta</i>	—	—	—	—

a) Inoculum source : systemically infected tobacco (White Burley) leaves. Inoculated plant : 3 foliar aged seedlings of 20–50 plants per one cultivar.

(—) shows no infection in all tested plants.

b) Temperature of day/night (each 12 hr) in growth chamber. Numbers show only the positive results.

c) Electron microscopic observation by DN method.

d) Local lesion assay on leaves of *Chenopodium amaranticolor*.

e) Not-identified cultivars collected from Tanashi fields.

トウモロコシ分離株 II 抗血清は同 II およびテオシント分離株とは強く反応したが、トウモロコシ分離株 I とは弱かった (Fig. 2 a)。また、テオシント分離株抗血清は 3 分離株と明瞭に反応した。CMV-Y 抗血清とは 3 分離株とも明瞭に反応し、血清学的差異は認められなかった (Fig. 2 b)。

ウイルスの細胞内所在 ウイルスの細胞内所在様式を自然感染のトウモロコシ、テオシント、および汁液接種で感染したタバコ (White Burley) について電顕観察したところ、各分離株とも同様な所在様式を示し、各種細胞の細胞質、液胞あるいは時に核内に散在、集塊して観察され、これらは既往の CMV の所見を示した。

イネ科植物の CMV はトウモロコシで最初に報告されたが、それらの性状、あるいはその他のイネ科植物での発生などについては未詳な点が多い。本研究では、CMV が関東地方においてトウモロコシに広く発生し、またテオシントで新たに病害を見出した。後者については病名は未記載なのでここにテオシントえそモザイク病 (teosinte necrotic mosaic) と新称したい。

トウモロコシでは、産地、病徴の異なる病株から得た 2 種の分離株 I および II は寄生性に差が見られ、また分離株 II の抗血清に対して分離株 I の反応は弱く、両者は異なる系統と思われた。本邦における CMV の系統については、都

丸ら⁹⁾はタバコからの分離株, 小室⁵⁾は各種植物からの分離株について検討しているが, イネ科植物の CMV については全く言及されていない。ここで述べた分離株 I は主にマメ科植物の反応よりマメ科系統, またテオシント分離株はタバコの White Burley に特徴的な黄色斑のモザイクを生じ, これは都丸らの黄斑系に近縁のものと各々思われた。一方, トウモロコシ分離株 II は汁液接種でオオムギ, コムギに低率ながら感染したが, 従来両者に感染する CMV は知られておらず, 分離株 II は CMV の新系統と推定された。今後, CMV-トウモロコシ系統 (CMV-maize strain) と称してさらに調べたい。なお, Douine らによるとアメリカ合衆国ではコムギに CMV が自然発生するとしている¹⁾がその詳細は不明である。なお, トウモロコシ分離株 II が分離された東京大学多摩農場で栽培されていたオオムギ, コムギについて CMV の分離を試みたがこれまでその自然発生は確認できていない。

なお, 本研究にあたり難波成任博士には大変お世話になった。ここに記して, 深謝の意を表する。

引用文献

1. Douine, L., Quiot, J.B., Marchoux, G. and Archange, P. (1979). Recensement des espèces végétales sensibles au virus de la mosaïque du concombre (CMV) étude bibliographique. Ann. Phytopathol. 11: 439-475.
2. 范 永堅・難波成任・山下修一・土居養二 (1984). トウモロコシより分離されたキュウリモザイクウイルス (CMV) の理化学的性状について. 日植病報 50: 438-439 (講要).
3. 范 永堅・難波成任・山下修一・土居養二 (1985). オオムギとコムギに感染する CMV の一系統について. 日植病報 51: 352 (講要).
4. Francki, R.I.B., Mossop, D.D. and Hatta, T. (1979). Cucumber mosaic virus. CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses. No. 213: 1-4.
5. 小室康雄 (1972). TMV および CMV の系統と判別法. 植物防疫 26: 293-298.
6. 小室康雄・明日山秀文 (1955). キウリ・モザイク病ウイルスに関する研究. II. 東京付近における各種植物のモザイク病株からの分離. 日植病報 20: 77-82.
7. McGee, D.C. (1988). Maize Diseases, APS Press, Minnesota, p. 121.
8. 田杉平司・向 秀夫 (1948). 玉蜀黍のウイルス病に関する研究. 日植病報 13: 61 (講要).
9. 都丸敬一・宇田川晃 (1972). わが国のタバコに発生するウイルスの種類, 系統と判別法. 植物防疫 26: 251-256.

(平成 5 年 12 月 7 日受付; 平成 6 年 3 月 8 日受理)