

Fusarium oxysporum f. sp. tanacetiiによるナツシロギク萎凋病(新称)

誌名	日本植物病理學會報 = Annals of the Phytopathological Society of Japan
ISSN	00319473
著者名	廣岡,裕吏 松本,讓 海老原,克介 植松,清次 小林,享夫 夏秋,啓子
発行元	日本植物病理學會
巻/号	74巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 7-12
発行年月	2008年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



Fusarium oxysporum f. sp. *tanacetii* によるナツシロギク萎凋病 (新称)

廣岡 裕吏^{1*}・松本 譲¹・海老原克介²・植松 清次³・小林 享夫¹・夏秋 啓子¹

ABSTRACT

HIROOKA, Y.^{1*}, MATSUMOTO, Y.¹, EBIHARA, Y.², UEMATSU, S.³, KOBAYASHI, T.¹ and NATSUAKI, K. T.¹ (2008). Occurrence of Fusarium wilt in Japan caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *tanacetii*. Jpn. J. Phytopathol. 74: 7-12.

Sudden wilt of cultivated feverfew [*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz-Bip.], observed in Chiba Prefecture in June 2001, was characterized by discoloration of the vascular bundles. A fungus having *Fusarium*-type conidia was isolated at a high rate from the discolored vascular bundles. The isolated *Fusarium* fungus from feverfew was pathogenic on potted feverfew and was reisolated from lesions on the inoculated plants. Based on morphological and molecular analyses, the fungus was identified as *Fusarium oxysporum* Schl. From the pathogenicity tests using six Asteraceae plants, a new forma specialis, *Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *tanacetii* Hirooka, Matsumoto et Tak. Kobay., is proposed here. This report is the first of feverfew disease caused by *F. oxysporum* f. sp. *tanacetii*. Therefore, a new disease name, Fusarium wilt (ichô-byô in Japanese) of feverfew is proposed.

(Received May 21, 2007; Accepted September 10, 2007)

Key words: *Fusarium oxysporum* f. sp. *tanacetii*, Fusarium wilt, new forma specialis, *Tanacetum parthenium*

緒 言

ナツシロギク [*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz-Bip.] は、初夏に径 1 ~ 2 cm の花を多数咲かせるヨーロッパ原産、キク科タナセタム属の多年性草本である。主に観賞用や切花用、薬用として用いられ、別名マトリカリア、英名 Feverfew と呼ばれる。

2001 年 6 月、千葉県旭市で施設栽培ハウスのナツシロギクに急性萎凋症状が多数観察され、罹病部から *Fusarium* 属菌が高率に分離された。これまで日本におけるナツシロギクの病害は、*Puccinia cnici-oleracei* Persoon ex Desmazières によるさび病 (Hiratsuka, 1980; 堀江ほか, 1990) の報告のみである。そこで本研究では、分離菌の病原性の確認と同定、さらに新しい分化型 (forma specialis) の可能性についても検討した。なお、ナツシロギクは *Pyrethrum* 属、*Chrysanthemum* 属、*Matricaria* 属など多くの属名が提唱されているが、本研究で

は The New Royal Horticultural Society Dictionary of Gardening (Haggerty, 1992) および日本植物病名目録 (日本植物病理学会, 2000) の記載に従い *Tanacetum* 属を用いることとした。本論文の一部は、平成 17 年度日本植物病理学会関東支部会ですでに報告を行った (松本ほか, 2006)。

材料および方法

発生状況・病徴および被害 2001 年 6 月、千葉県旭市で施設栽培ハウスのナツシロギクの苗に半身が生育不良となり、後に萎凋枯死する症状が多数観察された (Fig. 1A)。本病害は、数年連作した約 10 a (300 坪) の圃場で発生しており、そのうち 10% が被害を受けていた。萎凋した植物体からは *Fusarium* 属菌が高率に分離されたため、これを以下の実験に供試した。

供試菌の分離と培養 供試菌 (Strain No.: MAFF 240102) は、褐変した維管束部分から約 0.5 ~ 1.0 cm 角の組織片を流

¹ 東京農業大学国際農業開発学科 (〒 156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1) Department of International Agricultural Development, Tokyo University of Agriculture, 1-1-1 Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502, Japan

² 千葉県安房農林振興センター (〒 294-0045 千葉県館山市北条 402-1) Awa Agricultural Extension Center of Chiba Prefecture, 402-1 Hoyo, Tateyama, Chiba 294-0045, Japan

³ 千葉県農業総合研究センター暖地園芸研究所 (〒 294-0014 千葉県館山市山本 1762) Chiba Prefectural Agriculture Research Center, Southern Horticulture Institute, 1762 Yamamoto, Tateyama, Chiba 294-0014, Japan

* Corresponding author (E-mail: yuuri@affrc.go.jp)

* 現在: 独立行政法人農業生物資源研究所基盤研究領域ジーンバンク (〒 305-8602 茨城県つくば市観音台 2-1-2) Microorganisms Section of NIAS Genebank National Institute of Agrobiological Sciences, 2-1-2 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8602, Japan

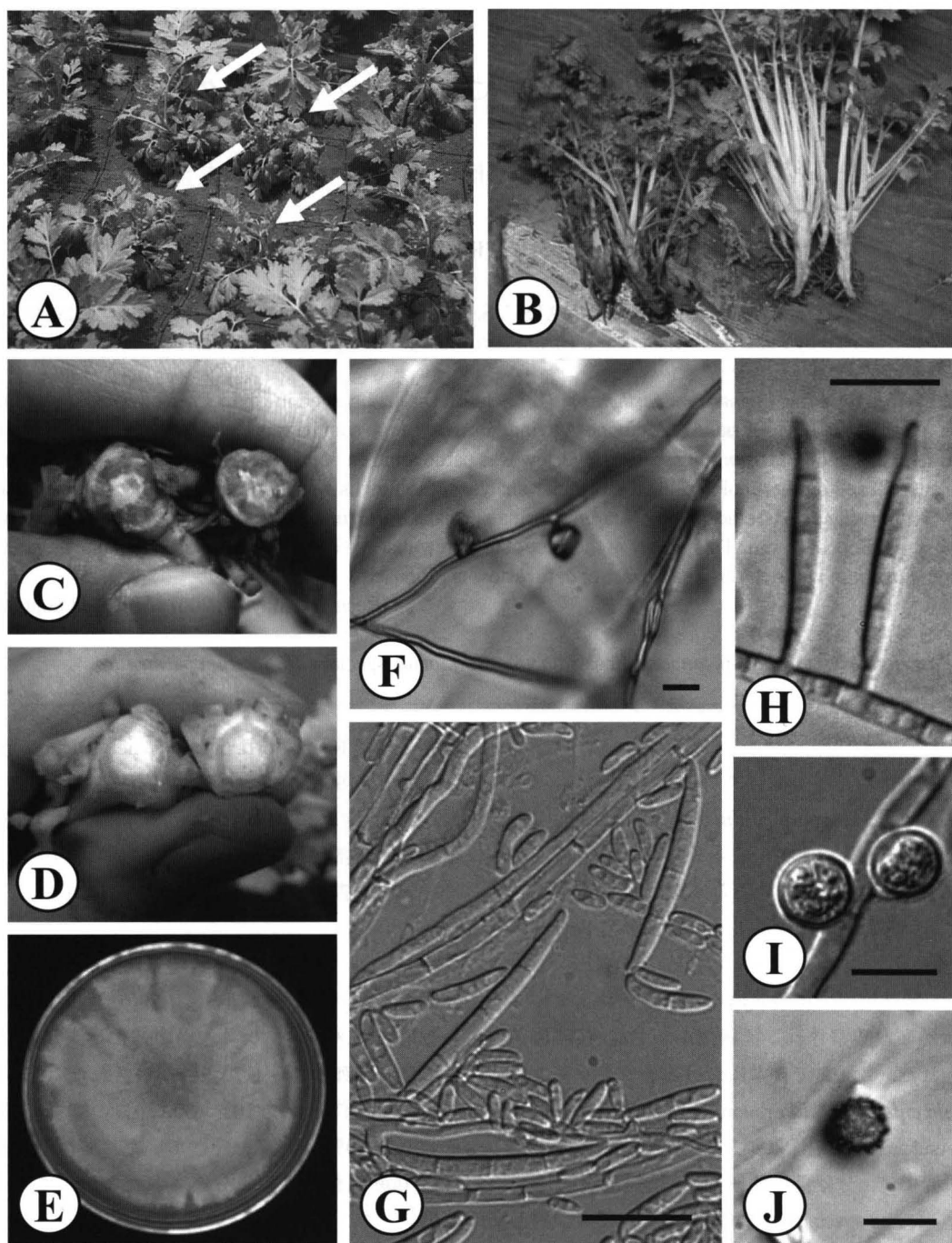


Fig. 1.

A: Damaged feverfew plants in Chiba Prefecture (arrow).

B: Comparison of vascular wilt disease (left: damaged plants, right: healthy plants).

C: Discoloration in the vascular bundles.

D: Healthy vascular bundles.

E: Colony of the feverfew isolate incubated on PDA for 17 days at 25°C.

F: Minute conidia formed on short aerial conidiophores on Synthetic low-Nutrient Agar (SNA) (scale bar: 10 μ m).

G: Minute conidia and falcate conidia on SNA (scale bar: 10 μ m).

H: Falcate conidia on short conidiophores on SNA (scale bar: 10 μ m).

I: Smooth chlamydospores on SNA (scale bar: 10 μ m).

J: Rough chlamydospore on SNA (scale bar: 10 μ m).

水下で10～20分間洗浄し、素寒天培地(WA)上に置いた後、そこから伸長した菌糸を単菌糸分離することで得た。培養にはジャガイモ・デキストロース寒天培地(PDA)、合成貧栄養培地(SNA)、オートミール寒天培地(OA)(Kirk *et al.*, 2001)および、米ぬかとふすまを1:1で混ぜ合わせたフスマ培地を用いた。

病原性の確認 病原性の確認は、滅菌した土壌とフスマ培地培養菌体(分離菌を25°Cで約1ヶ月間培養)を、容量比5:1に混ぜ合わせた保菌土壌を用いて行った。植物体は、水道水で数分間洗浄後に根を半分切断した有傷区と切断していない無傷区を設けて、生育約2ヶ月後のナツシロギクの苗を保菌土壌の入った10.5 cmポットに植え付けた。対照区には滅菌した土壌のみを用いた。なお、それぞれの区には20ポットを用意した。植付け後は25°Cの温室内で管理育成させ、2日おきに植物体の様子を観察した。

供試菌の同定 培地は、PDA、SNA、OAの3種類の平板培地を用いた。それぞれの培地上における分離菌の形態観察は、Shear液(2%酢酸ナトリウム溶液:300 ml, グリセリン120 ml, 95%エチルアルコール180 ml)を封入液としてスライド標本を作製、光学顕微鏡下で行った。気中菌糸の観察は、菌叢をメスで切り取りスライドガラス上に載せ、光学顕微鏡下で行った。また、多くのフィアライド型分生子菌類の系統分類で用いられるintronとexonを含む β -tubulinの*tub2*領域を利用して、DNA Data Bank of Japan (DDBJ)に登録されている*Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *chrysanthemi* Litt. (GenBank No.: DQ092474)との相同性比較を行った。DNAは、DNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN, Hilden, Germany)により抽出し、T1とT224のプライマー(O'Donnell and Cigelnik, 1997)を用いてPCR反応を行った。塩基配列の決定には、Applied Biosystems 3130/3130xl Genetic Analyzer (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA)を用いた。得られたDNAは、はじめMac Vector 6.5を用いてCLUSTAL WのDNA配列の整列(アライメント)を行った後、Pairwise alignmentsにより塩基配列の相同性を検討した。

菌叢の生育と温度 菌叢の最適な生育温度を確認するために、PDA平板培地上で約1ヶ月培養した菌叢をコルクボーラー(直径4 mm)で打ち抜き、新しいPDA平板培地上に移植して、菌叢の生育を検討した。なお、5°C間隔で5～40°Cに設定した恒温器内で倒置培養した菌叢の直径を5反復の平均値で計測した。

分化型(forma specialis)の検討 日本のキク科植物で*Fusarium oxysporum*による病害記録のあるキク[*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitam.] (品種名:フウシャギクおよびポットマム)、アスター[*Callistephus chinensis* (L.) Nees] (品

種名:アスター ポンポン咲およびアスター 切花大輪咲)、レタス(*Lactuca sativa* L.) (品種名:シスコ)、ゴボウ(*Arctium lappa* L.) (品種名:サラダゴぼう)とキク科植物ではあるが病害記録の無いマリーゴールド(*Tagetes patula* L.) (品種名:アメリカン・マリーゴールド)、コスモス(*Cosmos bipinnatus* Cav.) (品種名:ベルサイユ)(日本植物病理学会, 2000)へ接種試験を行い、分離菌の分化型を検討した。なお、日本でキク科植物に病害記録のある*F. oxysporum*の分化型、ゴボウ萎凋病菌の*F. oxysporum* Schl. f. sp. *arctii* Matuo, Matsuda et Kato (Matuo *et al.*, 1975)、レタス(チシャ)萎凋病菌の*F. oxysporum* Schl. f. sp. *lactucae* Matuo et Motohashi (Matuo and Motohashi, 1967)、アスター萎凋病菌の*F. oxysporum* Schl. f. sp. *callistephi* (Beach) Snyder et Hansen (松浦, 1929)、キク葉枯病菌の*F. oxysporum* Schl. f. sp. *foli* Fukutomi (福富, 1987; 福富ほか, 1987)は、現時点で株の所属が不明であったため、それぞれの相互接種試験を行うことができなかった。

さらに、ナツシロギクに対する本菌と*F. oxysporum* f. sp. *chrysanthemi*との病原性の比較を行うためAmerican Type Culture Collection (ATCC)より取得した*F. oxysporum* f. sp. *chrysanthemi* (Strain No.: ATCC 52422)の菌株を用い、ナツシロギクへの接種試験も行った。なお、今回用いた*F. oxysporum* f. sp. *chrysanthemi* (Strain No.: ATCC 52422)は、予備試験としてキク[*D. grandiflorum* (Ramat.) Kitam.] (品種名:フウシャギクおよびポットマム)への接種試験を行い、病原性の有無を確認した。これら接種試験は上記で示した病原性試験と同様の手法で行った。

結果

発生状況・病徴および被害

2001年6月、千葉県旭市で施設栽培ハウスのナツシロギクの苗に定植10日後から萎凋症状が多数観察され、甚大な被害が生じた。病徴ははじめ半身萎凋が現れ、進展すると、根の張りが悪くなり、葉色も若干色あせ、健全株に比べ生育不良となった。末期には萎凋枯死、または開花しないなどの症状を示した。なお、発病株の維管束はどれも褐変していた(Fig. 1A-D)。

病原性の確認

接種15日後から有傷、無傷に関係なく原病徴が再現され、症状の激しいものは後に枯死に至った(Table 1)。この植物体の茎や根からは接種菌と同様のコロニー性状を示す菌が再分離された。このことよりナツシロギクの萎凋枯死を起こす原因が分離・接種菌によるものと確認された。

供試菌の同定

分離菌はPDA、SNA、OAのいずれの平板培地上でも気中菌糸上の短い分生子柄から小分生子および大分生子を形成

した。特に、OA上ではスポロドキア状に大分生子を形成した。PDA上の菌叢は、褐色から紫色で、白色の気中菌糸を豊富に形成した (Fig. 1E)。いずれの培地においても、特有のにおいは感じられなかった。SNA上における分離菌の形態は、主に無色、単胞、楕円形～円筒形、大きさ $5-18 \times 2-4 \mu\text{m}$ の小分生子を短い分生子柄上に形成したが (Fig. 1F)、ときに大きさ $16-43 \times 3-4 \mu\text{m}$ 、1～5隔壁 (主に3) で末端に脚胞を有する鎌形の大分生子も形成した。分生子形成細胞は、約 $2 \times 2 \mu\text{m}$ と短いもののほかに、まれに $9-23 \times 3 \mu\text{m}$ のやや長いものも認められ、モノフィアディックに分生子を形成した (Fig. 1G, H)。なお、その場合でも分岐することにはなかった。厚壁胞子は豊富に形成され、滑面もしくは粗面、大きさは約 $9 \times 8.5 \mu\text{m}$ で、単一もしくは連鎖状に形成された (Fig. 1I, J)。これらの形態的特徴から、分離菌は *Fusarium oxysporum* Schl. (Strain No.: MAFF 240102) と同定した (Matuo and Motohashi, 1967; Booth, 1971; Matuo *et al.*, 1975; Gerlach and Nirenberg, 1982; 松尾ほか, 1982; 有江ほか, 1986; 福富,

1987; 有江, 1988; Nirenberg and O'Donnell, 1998; Schroers *et al.*, 2004)。また、日本でキク科に発生した *F. oxysporum* の4つの分化型との形態比較においてもほぼ一致した (Table 2)。さらに、DDBJに登録されている *F. oxysporum* f. sp. *chrysanthemi* (GenBank No.: DQ092474) と分離菌 (GenBank No.: AB237490) の β -tubulin の *tub2* 領域における相同性は、98%であった。このことから、形態による観察結果と同様、分離菌が *F. oxysporum* であることが強く支持された。

菌叢の生育と温度

分離菌は $10 \sim 35^\circ\text{C}$ まで生育が可能で、最適生育温度は $25 \sim 30^\circ\text{C}$ であった。また、90 mm 径シャーレ全体を覆うまで約2週間弱を要し、試験開始から約5日を過ぎると生育速度が遅くなった。

分化型 (forma specialis) の検討

分離菌を用いた6種のキク科植物に対する人工接種では、約2ヶ月間観察し続けたが供試植物すべてにおいて維管束の褐変や萎凋症状は見られなかった (Table 1)。また、*F. oxysporum*

Table 1. Results of pathogenicity tests for seven plants inoculated with the present fungus

Inoculated plant	Inoculated ^{a)}		Control		Record of known disease caused by <i>Fusarium oxysporum</i>
	Wound	Intact	Wound	Intact	
<i>Tanacetum parthenium</i>	+	+	—	—	absent
<i>Cosmos bipinnatus</i>	—	—	—	—	absent
<i>Tagetes patula</i>	—	—	—	—	absent
<i>Arctium lappa</i>	—	—	—	—	present ^{b)}
<i>Callistephus chinensis</i>	—	—	—	—	present ^{c)}
<i>Dendranthema grandiflorum</i>	—	—	—	—	Present ^{d)}
<i>Lactuca sativa</i>	—	—	—	—	present ^{e)}

a) +, pathogenic; —, not pathogenic; b) Matuo *et al.*, 1975; c) Matura, 1929; d) Arie *et al.*, 1986; Arie, 1988;

e) Matuo and Motohashi, 1967

Table 2. Morphological comparison of the present fungus and four *Fusarium oxysporum*

Trait	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>tanacetii</i> (<i>T. parthenium</i> isolate)	<i>F. oxysporum</i> (Arie, 1988)	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>arctii</i> (Matuo <i>et al.</i> , 1975)	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>folii</i> (Fukutomi, 1987)	<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lactucae</i> (Matuo and Motohashi, 1967)
Shape of minute conidium (0-septate)	Elliptic, cylindrical	—	Elliptic, long elliptic, ovoid	Elliptic, long elliptic	Elliptic, long elliptic, ovoid
Size of minute conidium (μm)	$5-11 \times 2-4$	$5-10 \times 2-4$	$5-14 \times 2-3.3$	$4.2-10.4 \times 2-3.2$	$5.5-13 \times 2.5-3.5$
Shape of falcate conidium	Falcate, slightly curved	Falcate	Falcate, slightly curved	Falcate	Falcate, slightly curved
Septum number of falcate conidium	1-5	1-3	1-5	1-4	1-5
Size of 3-septate falcate conidium (μm)	$16-43 \times 3-4$	$11.3-30 \times 3-3.5$	$25.3-39.3 \times 2.7-4$	$14.4-30.4 \times 2.4-4.4$	$26-47 \times 3-4.25$
Presence of chlamydoconidia	Present	Present	Present	Present	Present
Formation of chlamydoconidia	Single or chain	Single or chain	Single or in chain	—	Single or in chain
Color of aerial mycelium	White to light purple	White	White	Light yellow-brown to light yellow-rouge	White
Color of colony	Purple	Pale orange to pale purple	White or light brown, blue and purple	—	White or light brown, blue and purple

f. sp. *chrysanthemi* (Strain No.: ATCC 52422) を用いたナツシロギクへの接種試験においても、病原性を確認することはできなかった。なお、*F. oxysporum* f. sp. *chrysanthemi* (Strain No.: ATCC 52422) は、予備試験でキク (*D. grandiflorum*) (品種名: フウシャギクおよびポットマム) に対する病原性を確認した。

考 察

2001 年 6 月、千葉県旭市で施設栽培ハウスのナツシロギク (*Tanacetum parthenium*) の苗に半身が生育不良となり、後に萎凋枯死する症状が観察された (Fig. 1A, B)。被害根の褐変した維管束部分 (Fig. 1C) からは、*Fusarium* 属菌が高率に分離され、形態および分子生物学的特徴により *Fusarium oxysporum* であると同定した。分離菌を用いた土壌接種試験では、有傷区、無傷区に関係なく病徴が再現され、接種菌と同様のコロニー性状を示す菌が再分離された (Table 1)。したがって、ナツシロギクに対する分離菌の病原性は強いと考えられる。

現在、短い分生子柄から小分生子を擬頭状に形成し、厚壁胞子と 3 隔壁の大分生子を豊富に形成する *Fusarium* 属菌は、分化型の存在や多様な形態から *F. oxysporum* species complex (Schroers *et al.*, 2004) または *F. oxysporum* complex (Baayen *et al.*, 2000) と呼ばれている。近年では *F. oxysporum* の特徴を持ちながらポリフィアリディックの分生子形成細胞をもつ新種、*Fusarium foetens* Schroers, O'Donnell, Baayen et Hooftman が報告された (Schroers *et al.*, 2004)。本研究において分離した *F. oxysporum* は、モノフィアリディックの分生子形成細胞を持つ短い分生子柄から小分生子を擬頭状に形成し、厚壁胞子と 3 隔壁の大分生子を豊富に形成するため *F. oxysporum* と同定した (Matuo and Motohashi, 1967; Booth, 1971; Matuo *et al.*, 1975; Gerlach and Nirenberg, 1982; 松尾ほか, 1982; 有江ほか, 1986; 福富, 1987; 有江, 1988; Nirenberg and O'Donnell, 1998; Schroers *et al.*, 2004) (Fig. 1E-J) (Table 2)。さらに、多くのフィアライド型分生子菌類の系統分類で用いられる β -tubulin の *tub2* 領域を用いた相同性解析においても、形態観察結果を裏付けた。

植物病原菌として重要な *F. oxysporum* は様々な植物に特異的に病原性を示すため多数の分化型が記録されており、その分類は分子系統解析の結果からも裏付けられつつある (Booth, 1971; 松尾ほか, 1982; Kistler, 1997; Baayen *et al.*, 2000, 2001)。日本のキク科植物における *F. oxysporum* の分化型の記録はゴボウ萎凋病菌の *F. oxysporum* f. sp. *arctii* (Matuo *et al.*, 1975)、レタス (チシャ) 萎凋病菌の *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* (Matuo and Motohashi, 1967)、アスター萎凋病菌の *F. oxysporum* f. sp. *callistephi* (松浦, 1929)、キク葉枯病菌の

F. oxysporum f. sp. *foli* (福富, 1987; 福富ほか, 1987) がある。また、海外ではキク萎凋病菌、*F. oxysporum* f. sp. *chrysanthemi* (Armstrong *et al.*, 1970) の報告があるが、わが国では病害記録はあるものの分化型の決定には至っていない (有江ほか, 1986; 有江, 1988)。そこで本研究では、ナツシロギク分離菌である *F. oxysporum* の分化型を決定するためキク科植物である 6 種の植物 (キク、アスター、レタス、ゴボウ、マリーゴールド、コスモス) に接種を試みた。その結果、すべての供試植物に病徴を示さなかったため、新たな分化型である可能性が考えられた (Table 1)。さらに、American Type Culture Collection (ATCC) から取り寄せた *F. oxysporum* f. sp. *chrysanthemi* (Strain No.: ATCC 52422) も接種試験においてナツシロギクに病原性が確認されなかったため、本研究で分離した *F. oxysporum* はナツシロギクのみに特異的に病原性を起こすことが明らかとなった。なお、キク科植物に病原性のある *F. oxysporum* (有江, 1988)、*F. oxysporum* f. sp. *arctii* (Matuo *et al.*, 1975)、*F. oxysporum* f. sp. *foli* (福富, 1987)、*F. oxysporum* f. sp. *lactucae* (Matuo and Motohashi, 1967) と本菌との形態比較ではそれぞれを区別することはできなかった (Table 2)。

Bremaer and Humphries (1993) によると、キク科植物における分類体系においてナツシロギク (*Tanacetum parthenium*) とキク (*Dendranthema grandiflorum*) は、属レベルよりも上位分類群である亜族 (亜連) で異なるという報告がある。これは、*F. oxysporum* f. sp. *chrysanthemi* とナツシロギク分離菌を用いた相互接種試験における病原性の違いを裏づけることができる。また、ゴボウ萎凋病菌 (*F. oxysporum* f. sp. *arctii*)、レタス (チシャ) 萎凋病菌 (*F. oxysporum* f. sp. *lactucae*)、アスター萎凋病菌 (*F. oxysporum* f. sp. *callistephi*)、キク葉枯病菌 (*F. oxysporum* f. sp. *foli*) を用いた接種はできなかったが、キク科植物における分類体系から、おそらくそれらの病原菌においてもナツシロギクへの病原性は無いと考えられる。

以上の結果から、ナツシロギク分離菌を宿主の属名を用いた新分化型、*Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *tanacetii* Hirooka, Matsumoto et Tak. Kobay. (Strain No.: MAFF 240102; GenBank No.: AB237490) とし、病名をナツシロギク萎凋病 (英名: *Fusarium wilt*) と命名したい。

摘 要

2001 年 6 月、千葉県旭市で施設栽培ハウスのナツシロギク [*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz-Bip.] の苗に、半身が生育不良となり、後に萎凋枯死する病害が多数観察された。発病株の地際部および根の維管束には褐変が認められ *Fusarium* 属菌が高率に分離された。また、分離菌を用いた接種試験では、病徴が再現され分離菌が再分離された。本菌は 3 隔壁の

大分生子が多く観察されることや厚壁胞子が粗面であること、菌叢が紫色を呈することなどの形態的特徴より *F. oxysporum* Schl. と同定した。さらに、 β -tubulin の *tub2* 領域を用いた DNA 解析からも同定を裏付ける結果を得た。6 種のキク科植物（キク、アスター、レタス、ゴボウ、マリーゴールド、コスモス）を用いた宿主範囲の検討では、全ての植物において茎内部の褐変などはみられず、病原性は確認できなかった。また、American Type Culture Collection (ATCC) から取り寄せた *F. oxysporum* Schl. f. sp. *chrysanthemi* Litt. (Strain No.: ATCC 52422) において、ナツシロギクへの接種試験における病原性は確認されなかった。そこで、ナツシロギク分離菌を新分化型と考え、*Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *tanacetii* Hirooka, Matsumoto et Tak. Kobay. (Strain No.: MAFF 240102; GenBank No.: AB237490) とすることを提案し、本病をナツシロギク萎凋病（英名：Fusarium wilt）と命名したい。

謝 辞

圃場調査においては、千葉県海匝農林振興センター榎 晋介氏、伊東直美氏、ならびに千葉県山武農林振興センター若松真由美氏に多くのご助力を頂いた。また、文献等を提供して頂いた東京農工大学有江 力先生に心よりお礼申し上げます。

引用文献

- 有江 力・難波成任・山下修一・土居養二・木嶋利男 (1986). *Fusarium oxysporum* によるキク萎凋病およびオカヒジキ萎凋病 (各新称) について. 日本植物病理学会報 52: 100 (講要).
- 有江 力 (1988). 野菜および花卉類の土壌伝染性菌類に関する研究. pp. 30–38, 東京大学博士論文, 東京.
- Armstrong, G. M., Armstrong, J. K. and Littrell, R. H. (1970). Wilt of chrysanthemum caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *chrysanthemi*, forma specialis nov. Phytopathology 60: 496–498.
- Baayen, R. P., O'Donnell, K., Bonants, P. J. M., Cigelnik, E., Kroon, L. P. N. M. Roebroek, E. J. A. and Waalwijk, C. (2000). Gene genealogies and AFLP analyses in the *Fusarium oxysporum* complex identify monophyletic and nonmonophyletic formae speciales causing wilt and rot disease. Phytopathology 90: 891–900.
- Baayen, R. P., O'Donnell, K., Breeuwsma, S., Geiser, D. M. and Waalwijk, C. (2001). Molecular relationships of fungi within the *Fusarium redolens*—*F. hostae* Clade. Phytopathology 91: 1037–1044.
- Booth, C. (1971). The genus *Fusarium*. International Mycological Institute Kew, Surrey, England, 237 p.
- Bremer, K. and Humphries, C. J. (1993). Generic monograph of the Asteraceae-Anthemideae. Bull. Nat. Hist. Mus. London (Bot.) 23: 71–177.
- 福富雅夫 (1987). キク葉枯病 (新称) の病原菌の同定. 日本植物病理学会報 53: 377 (講要).
- 福富雅夫・松代平治・田知本正夫 (1987). キク葉枯病 (新称) について. 日本植物病理学会報 53: 103 (講要).
- Gerlach, W. and Nirenberg, H. I. (1982). The genus *Fusarium*—a pictorial atlas. Mitt Biol Bun desanst Land-Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem 209: 1–406.
- Haggerty, V. (Editor-in-Chief) (1992). The New Royal Horticultural Society Dictionary of Gardening. 3353 p., in four volumes, The Stockton Press, New York.
- Hiratsuka, N. (1980). A taxonomic revision of the autoecious species of *Puccinia* parasitic on the Compositae in the Japanese Archipelago. Contributions to the rust-flora of Eastern Asia XIII. Rept. Tottori Mycol. Inst. (Japan) 18: 1–52.
- 堀江博通・阿部善三郎・飯島 勉・肥土邦彦 (1990). 東京都におけるナツシロギクさび病の発生とその宿主範囲. 関東東山病虫害研究年報 37: 129–130.
- Kirk, P. M., Cannon, P. F., David, J. C. and Stalper, J. A. (eds) (2001). Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi, 9th ed. CAB International, Wallingford.
- Kistler, H. C. (1997). Genetic diversity in the plant-pathogenic fungus *Fusarium oxysporum*. Phytopathology 87: 474–479.
- 松本 譲・海老原克介・植松清次・小林享夫・夏秋啓子・廣岡裕吏 (2006). *Fusarium oxysporum* によるナツシロギク萎凋病 (新称). 日本植物病理学会報 72: 47 (講要).
- 松尾卓見・駒田 旦・松田 明編 (1982). 作物のフザリウム病. pp. 502, 全国農村教育協会, 東京.
- Matuo, T., Matsuda, A., Ozaki, K. and Kato, K. (1975). *Fusarium oxysporum* f. sp. *arctii* n. f. causing wilt of great burdock. Ann. Phytopath. Soc. Jpn. 41: 77–80.
- Matuo, T. and Motohashi, S. (1967). On *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* n. f. causing rot of lettuce. Trans. Mycol. Soc. Jpn. 8: 13–15.
- 松浦 勇 (1929). アスターの萎凋病と其の防除に就て. 實際園藝 6: 617–621.
- Nirenberg, H. I. and O'Donnell, K. (1998). New *Fusarium* species and combinations within the *Gibberella fujikuroi* species complex. Mycologia 90: 434–458.
- 日本植物病理学会編 (2000). 日本植物病名目録. pp. 857, 日本植物防疫協会, 東京.
- O'Donnell, K. and Cigelnik, E. (1997). Two divergent intragenomic rDNA ITS2 types within a monophyletic lineage of the fungus *Fusarium* are nonorthologous. Mol. Phyl. Evol. 7: 103–116.
- Schroers, H. J., Baayen, R. P., Meffert, J. P., Gruyter, J. de, Hooftman, M. and O'Donnell, K. (2004). *Fusarium foetens*, a new species pathogenic to Begonia elatior hybrids (*Begonia* × *hiemalis*) and the sister taxon of the *Fusarium oxysporum* species complex. Mycologia 96: 393–406.