

## 국내에서 분리한 토마토 시들음병균(*Fusarium oxysporum*)의 분화형 및 Race

유성준\* · 이명선 · 유승현  
충남대학교 농과대학 농생물학과

### Forma Specialis and Races of *Fusarium oxysporum* Isolates from Tomato in Korea

Sung Joon Yoo\*, Myong Seon Lee and Seung Hun Yu  
Department of Agricultural Biology, College of Agriculture,  
Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea

**ABSTRACT** : Severe *Fusarium* wilt of tomato was observed in greenhouses in Sedo, Chungnam and Sandae, Kyeongbuk from March to May, 1993. Among the 20 isolates of *Fusarium oxysporum* isolated from wilted tomato plants and their rhizoplane or rhizosphere, 18 isolates were pathogenic to tomato. All of the pathogenic isolates were identified as *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*; they were pathogenic only to tomato and not pathogenic to red pepper, potato and egg-plant. The isolates of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* used in this study could be divided into 2 races according to their pathogenicity to eight differential varieties of tomato. Of 10 isolates tested, 6 were classified as race 1, while 4, as race 2.

**Key words** : forma specialis, race, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, tomato.

토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill.)는 가지과의 중요한 과채류 작물로서 대부분 시설재배에 의존하고 있는데 불량한 환경조건과 오랜 기간의 연작으로 인하여 각종 병의 피해가 점차 증가하고 있다. 이 중 *Fusarium oxysporum*에 의한 토마토 시들음병은 대표적인 토양전염성 병으로 식물전체가 시들어 말라죽는 전신성 병해이기 때문에 토마토 재배시에 피해가 매우 크다 (12, 14).

토마토 시들음병은 1923년 Clayton(6)이 *Fusarium lycopersici*로 미국에서 처음 보고한 이래 일본에서는 1925년에 村田가 기술하였으며(11), 우리나라에서도 오래 전부터 발생되었을 것으로 생각되나 1958년 朴(15)에 의하여 처음으로 보고되었다(6, 11, 15). 그 후 Snyder와 Hansen의 분류체계에 따라 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*로 표기하여 사용되고 있고 (4, 13, 16), 토마토 품종에 따른 병원성의 차이에 의하여 race로 세분하고 있다(4, 16). 외국의 경우 토마토 시들음병에 대한 연구가 오래 전부터 이루어져, 이미 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 1, 2, 3이 보고되어

있으나(5, 7, 8, 10, 11, 17, 18, 19), 국내에서는 토마토 시들음병을 일으키는 *F. oxysporum*의 분화형과 race에 관한 보고가 전혀 없는 실정이다.

국내의 대단위 토마토 시설 재배단지인 충남 부여군 세도면과 경북 경주군 산대면 안강리에서 시들음병의 발생과 피해가 점차 확대되고 있어 방제대책의 수립이 시급한 과제로 대두되고 있다. 본 연구는 토마토 시들음병을 효과적으로 방제하기 위한 기초연구로서 시들음 증상을 나타내는 이병조직 및 토양으로부터 분리된 *F. oxysporum* 균들의 밀도와 가지과 작물 및 토마토 시들음병 판별품종에 대한 병원성 검정을 통하여 국내에서 발생한 토마토 시들음병 병원균의 분화형 및 race를 조사하기 위하여 수행하였다.

### 재료 및 방법

병원균의 분리. 1993년 3~5월까지 충남 부여군 세도면 일대와 경북 경주군 산대면 안강리에서 4회에 걸쳐 토마토 시들음 증상을 보이는 이병 식물체의 줄기와 뿌리 그리고 근권토양 및 근면토양을 채집하여 병원균을 분리하였다(Table 1). 이병주의 조직은 멸균수

\*Corresponding author.

로 2회 세척한 다음 0.5% NaOCl로 5분간 표면살균 하였으며, 줄기와 뿌리를 0.5 cm 정도의 크기로 절단 하여 이들을 각각 *Fusarium* 선택배지인 peptone-PCNB agar(FPPA)에 올려놓고, 25°C의 항온기에서 3일간 배양한 후 해부현미경하에서 이병조직에서부터 자란 균사를 potato dextrose agar(PDA)에 옮겨 배양하였다. 토양시료는 토양 회석평판배양법을 이용하여 토양 1 g당 10<sup>4</sup>배로 회석한 후 0.3 ml를 취하여 FPPA에 올려놓고 유리봉으로 도말하여 형성된 균층의 선단균사를 PDA에 떼어 놓아 분리하였다.

***Fusarium*균의 동정 및 배양.** 분리된 균주를 PDA와 carnation leaf agar(CLA)에서 5일간 배양한 후 광학현미경 400배 하에서 균사의 옆방향으로 뻗어나온 짧은 monophialide 위에 형성되는 소형분생포자와 후막포자의 형태를 관찰하였으며, CLA에 재접종하여 5일간 배양한 후 대형분생포자의 형태와 크기를 비교하고 포자형성 유무를 확인하여 Snyder & Hansen의 분류체계에 따라 종을 동정하였다(4, 16). 대조 균주로 일본의 東日本學園大學에서 분양받은 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* SUF119(race 1), Tomato V(race 1), JFL NO-1(race 2), IFO31213 (race 2) 균주와 미국 Florida 대학에서 분양받은 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* AFL626(race 1), AFL548(race 2), AFL7400-1(race 3) 및 AFL8174(race 3)균주를 사용하였다(Table 1).

**병원성, 분화형 및 race검정.** 분리균들은 Czapek broth(CB)[trace elements solution 0.02% 첨가(citric acid 5 g, Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O 0.25 g, MnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O 50 mg, NaMoO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O 50 mg, H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub> 50 mg, distilled water 95 ml)]에 진탕배양(110 rpm, 25°C, 72시간)하여 배양액을 원심분리(6,000 g, 10 min)한 후 침전된 포자만을 멸균수에 수세, 재원심 후 회수하였다. 얻어진 포자는 멸균수에 회석하여 1 × 10<sup>6</sup> spores/ml로 조정된 후 접종원으로 사용하였다. 분화형 조사는 토마토와 가지, 고추, 감자를 대상으로 실시하였고 토마토 시들음병균의 race검정을 위한 race 1 판별품종으로는 Oogatahukuzyu(大型福壽), Ponderosa, race 2 판별품종으로는 Momotarou(桃太郎), Zuikou(瑞光)102 그리고 race 3 판별품종으로는 T-108, Momotarou(桃太郎) 8을 사용하였다(11). 토마토, 가지, 고추 종자를 살균된 토양(밭토양 : vermiculite : peat moss : perlite=7 : 1 : 1 : 1, 100°C, 50분간)이 담긴 연결 포트에서 10일간 발아시켜 1주일 생육시킨 후 어린 묘묘를 살균된 토양이 담긴 9 × 12 cm의 비닐 pot에 이식하여 4주간 생육시킨 다음 실험에 사용하였다. 감자는 충남 농촌진흥원에서 분양받은 씨감자를 15일간 발아시킨 후

**Table 1.** *Fusarium* isolates used in this study

Isolate	Tomato cultivar	Source	Location
CF7	Minicarol	Rhizoplane	Sedo
CF11	Kwangbok 44	Rhizoplane	Sedo
CF16	Kwangbok 44	Inner root	Sedo
CF19	Kwangbok 44	Rhizoplane	Sedo
CF20	Kwangbok 44	Rhizoplane	Sedo
CF24	Seokwang 102	Rhizoplane	Sedo
CF26	Seokwang 102	Rhizosphere	Sedo
CF30	Seokwang 114	Rhizoplane	Sedo
CF31	Seokwang 114	Rhizosphere	Sedo
CF39	Seokwang 114	Inner root	Sedo
CF46	Seokwang 102	Rhizoplane	Sedo
CF65	Flora	Rhizosphere	Angang
CF73	Flora	Root	Angang
CF74	Flora	Root	Angang
CF75	Flora	Stem	Angang
CF78	Flora	Stem	Angang
CF101	Flora	Stem	Angang
CF103	Flora	Stem	Angang
ACF1	Kwangbuk 44	Rhizosphere	Sedo
ACF2	Kwangbuk 44	Rhizosphere	Sedo
SUF119			Japan
Tomato V			Japan
JFL NO-1			Japan
IFO31213			Japan
AFL626			U.S.A.
AFL548			U.S.A.
AFL7400-1			U.S.A.
AFL8174			U.S.A.

25°C에서 6주간 자란 묘묘를 사용하였다. 접종방법은 묘묘의 뿌리를 수돗물에 수세하고 뿌리중 일부분의 선단부위에 상처를 낸 다음 포자현탁액에 30분간 침지한 후, 살균토양이 담긴 9 cm 비닐포트에 옮겨 심었다. 대조구는 멸균수를 사용하였다. 처리된 포트는 비닐하우스(실내온도 20~35°C)에 옮겨 재배하면서 발병 정도와 초장을 조사하였다. 발병 정도는 병원균 접종 후 3일 간격으로 30일간 조사하였으며 발병지수를 0: 건전, 1: 1~25%의 황화 및 위조, 2: 26~50% 위조, 3: 51~75% 위조, 4: 76% 이상 위조 및 고사로 정하고, 다음과 같은 식에 의하여 산출하였다.

$$\text{발병정도(\%)} = \frac{\sum f(\text{발병지수} \times \text{해당묘묘수})}{4N(\text{조사묘묘수})} \times 100$$

## 결과 및 고찰

***Fusarium*균의 분리.** 1993년 3월에서 5월에 걸쳐 토마토 시설재배단지인 세도에서 Minicarol을 비롯한 4개 품종, 안강에서는 Flora 1개 품종에서 시들음 증상

을 보이는 이병주로부터 *Fusarium*균을 분리 조사한 결과는 Table 2와 같다.

이병주와 근권토양, 근면토양 및 이병조직 중에서 *Fusarium*균의 분리율은 근면토양에서 가장 높았으며 토마토 품종별로는 서광 114에서 분리율이 가장 높았고 Minicarol, 광복44, Flora에서는 분리율이 비교적 낮았다.

토마토 시들음병원균의 형태. 분리된 *Fusarium*균을 PDA 배지 및 CLA 배지상에서 5일간 배양한 후 분생포자 및 후막포자의 크기를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 분리된 병원균들은 모두 소형분생포자, 대형분생포자 및 후막포자를 형성하였으며 *F. oxysporum*의 전형적인 특성의 하나인 monophialide를 형성하였다. 소형분생포자의 크기는  $2.5\sim 12.5 \times 2.5\sim 5.0 \mu\text{m}$ 였으며 격막이 없이 타원형이나 계란형의 모습을 하고 있었다. 대형분생포자는 1~5개의 격막을 가진 초생달의 모습을 하고 있었으며 주로 3개의 격막이 관찰되었고 5개의 격막을 띤 대형분생포자는 드물게 관찰되었다. 1개의 격막을 가진 대형분생포자의 크기는  $8.8\sim 17.5 \times 2.5\sim 5.0 \mu\text{m}$ , 3개의 격막을 지닌 대형분생포자의 크기는  $16.3\sim 32.5 \times 2.5\sim 5.0 \mu\text{m}$ 이었다.

**Table 2.** Isolation rate of *Fusarium oxysporum* from rhizosphere, rhizoplane soil and inner tissues of wilted tomatoes

Region	Cultivar	No. cfu/g sample ( $\times 10^3$ ) <sup>a</sup>		
		Rhizo-sphere	Rhizo-plane	Inner root
Sedo	Minicarol	2.0	86.0	5.2
	Kwangbok 44	13.0	13.3	8.0
	Seokwang 102	20.0	180.0	13.0
	Seokwang 114	100.0	340.0	100.0
Angang	Flora	13.0	13.0	13.0

<sup>a</sup> Isolation rate was determined on the peptone PCNB medium using dilution plate method.

후막포자는 구형 또는 타원형의 모습을 하고 있으며 그 크기는  $6.3\sim 8.8 \mu\text{m}$ 이었다. 이상의 형태적 특징을 Snyder and Hansen과 Booth의 분류체계(4, 16)에 의해 동정하였던 바 분리균들은 *F. oxysporum*으로 동정되었다.

병원성 검정. 공시균주들의 토마토에 대한 병원성을 조사하기 위하여 토마토 품종 서광을 사용하여 발병도율을 조사한 결과, 20개의 분리균 중 ACF1과 ACF2 균주를 제외한 18개 균주가 모두 토마토 유포에 병원성을 나타냈다. 병원균을 처리한 후 빠르게는 3일째부터 하엽이 황화되고 시들기 시작하여 접종 12일 이후에는 몇 균주를 제외하고 대부분 60% 이상의 발병도를 보였고 특히, CF16, CF31, CF75, CF78 균주는 90% 이상의 발병도를 보였으며 CF11, CF26 균주에서는 30%정도의 낮은 발병도를 나타냈다. ACF1과 ACF2 균주들은 토마토 유포에 병원성을 나타내지 않았다. 대조균주로 사용한 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* 일본균주 4개, 미국균주 4개 모두 국내 분리 균주들과 비슷한 수준으로 토마토에 병원성을 나타내었다(Table 4).

분화형 조사. 공시균주들의 분화형(forma specialis)을 확인하기 위하여 가지, 고추, 감자와 토마토 등의 가지과 작물에 대한 병원성을 조사한 결과는 Table 5에서 나타내었다.

공시균주 중 비병원성 균주인 ACF1과 ACF2를 제외한 전균주가 토마토에만 병원성을 나타내었고 감자, 고추 및 가지에 대하여 병원성이 없었다. 따라서 분리균주들은 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*임을 확인할 수 있었다.

Race 검정. 판별품종을 이용하여 국내에서 분리한 공시균주들의 race 검정을 실시한 결과는 Table 6과 같다. *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*의 모든 race에 대하여 감수성 품종으로 알려진 Oogatahukuzuyu(大型福壽), Ponderosa는 공시한 모든 균주에 대하여 감

**Table 3.** Size of conidia and chlamydospores of *Fusarium oxysporum* isolated from tomato

Isolate	Measurements ( $\mu\text{m}$ ) <sup>a</sup>			
	Microconidia	Macroconidia		Chlamydo-spores
		1-septate	3-septate	
ACF2	2.5~ 7.5 $\times$ 2.5~5.0	10.0~13.8 $\times$ 2.5~5.0	16.3~32.5 $\times$ 2.5~5.0	7.5~8.8
CF19	5.0~10.0 $\times$ 2.5~5.0	8.8~13.8 $\times$ 3.8~5.0	16.3~30.0 $\times$ 3.8~5.0	6.3~8.8
CF26	5.0~12.5 $\times$ 2.5~5.0	8.8~15.0 $\times$ 2.5~3.8	17.5~28.8 $\times$ 3.8~5.0	7.5~8.8
CF65	5.0~12.5 $\times$ 2.5~5.0	10.0~16.3 $\times$ 2.5~5.0	18.8~30.0 $\times$ 2.5~5.0	7.5~8.8
CF73	5.0~12.5 $\times$ 2.5~3.8	12.5~17.5 $\times$ 3.8~5.0	21.3~31.3 $\times$ 3.8~5.0	6.3~8.8

<sup>a</sup> Numbers are mean values of 20 conidia or 20 chlamydospores after 5-day culture on PDA.

**Table 4.** Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* isolates on tomato cv. Seokwang

Isolate	Disease severity <sup>a</sup>	Isolate	Disease severity <sup>a</sup>
CF7	68.7	CF75	100.0
CF11	31.3	CF78	100.0
CF16	93.8	CF101	56.3
CF19	87.5	CF103	62.8
CF20	87.5	ACF1	0.0
CF24	75.0	ACF2	0.0
CF26	36.5	SUF119	75.0
CF30	73.0	JFLNO-1	87.0
CF31	93.5	Tomato V	50.0
CF39	68.7	IF031213	58.0
CF46	87.3	AFL626	56.3
CF65	87.3	AFL7400-1	93.3
CF73	81.0	AFL548	81.0
CF74	62.3	AFL8174	68.7

<sup>a</sup> Disease severity was calculated based on the following equation

$$\text{Disease severity (\%)} = \frac{(0 \times a) + (1 \times b) + (2 \times c) + (3 \times d) + (4 \times e)}{4(a + b + c + d + e)} \times 100,$$

where 0, 1, 2, 3, and 4 indicate the infection category, 0% (healthy), 1~25%, 26~50%, 51~75%, and 76~100% wilting, respectively. And a, b, c, d, and e are the numbers of seedlings which fall into the categories of 0, 1, 2, 3, and 4, respectively.

수성을 나타내었고 race 1, 2에 저항성으로 알려진 T-108, Momotarou(桃太郎) 8 품종은 공시한 전균주에 대하여 저항성을 나타내었다. 공시균주 중 CF19, CF30, CF31, CF65 균주는 Momotarou(桃太郎)와 Zuikou(瑞光) 102 품종에도 병원성을 나타내어 대조균주인 JFL NO-1, IFO31213 및 AFL548과 같은 race 2로 판별되었고, CF24, CF26, CF29, CF54, CF73, CF75, CF78, CF101 균주는 Momotarou(桃太郎) 8과 Zuikou(瑞光) 102를 침해하지 못하여 대조균주인 SUF119, Tomato V 및 AFL626과 동일한 race 1로 판별되었다. 지역별 race 분포를 조사한 결과는 Table 6에서 보는 바와 같이 세도, 안강 두 지역에서 모두 race 1과 2가 분리되어 양 지역에 두 종의 race가 함께 존재하고 있음을 알 수 있었다.

*Fusarium oxysporum*의 분화형은 각각의 기주식물에 대한 병원성의 차이에 따라 나타나고 race는 같은 분화형 중에서 기주식물의 각각의 품종에 대한 병원성의 차이에 따라 나뉘어진다(4, 16). 현재 토마토 시들음병균(*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*)에는 3가지의 race가 보고되어 있다. Race 1과 race 2는 미국(2, 3,

**Table 5.** Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* isolated from plants in the family Solanaceae

Isolate	Pathogenicity to				
	Red pepper	Egg-plant	Potato	Tomato <sup>a</sup>	
				Pon-derosa	Seok-kwang
CF7	- <sup>b</sup>	-	-	+	+
CF11	-	-	-	+	+
CF16	-	-	-	+	+
CF19	-	-	-	+	+
CF20	-	-	-	+	+
CF24	-	-	-	+	+
CF26	-	-	-	+	+
CF30	-	-	-	+	+
CF31	-	-	-	+	+
CF39	-	-	-	+	+
CF46	-	-	-	+	+
CF65	-	-	-	+	+
CF73	-	-	-	+	+
CF74	-	-	-	+	+
CF75	-	-	-	+	+
CF78	-	-	-	+	+
CF101	-	-	-	+	+
CF103	-	-	-	+	+
SUF119	-	-	-	+	+
Tomato V	-	-	-	+	+
JFL NO-1	-	-	-	+	+
IF031213	-	-	-	+	+
AFL626	-	-	-	+	+
AFL548	-	-	-	+	+
AFL7400-1	-	-	-	+	+
AFL8174	-	-	-	+	+
ACF1	-	-	-	-	-
ACF2	-	-	-	-	-

<sup>a</sup> Tomato cultivars : Ponderosa, Seokwang.

<sup>b</sup> - : nonpathogenic, + : pathogenic.

17), 일본(11) 등 세계 여러 나라에서 발생이 보고되어 있으며 race 3은 Australia(10)와 미국(7, 19)에서 발생이 보고되어 있다. 국내에서는 토마토 시들음병의 발생에 관한 단편적인 보고(15)외에는 병원균의 분화형 및 race에 관하여는 보고된 바 없으나 본 연구의 결과 충남 세도 및 경북 안강지역에는 race 1과 race 2가 함께 존재하고 있었으며 race 3은 존재하지 않았다. 이는 일본의 race분포(11)와 같은 결과이며 공시균주를 분리한 농가의 토마토 품종이 대부분 일본에서 수입된 종자를 사용한 것임을 감안할 때 국내에 분포하는 토마토 시들음병균은 일본에서 종자를 통하여 도입되었을 가능성이 높다. 본 결과는 국내의 두 지역에서 발생한 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*에 국한되어 조사

**Table 6.** Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* isolates to differential varieties of tomato and their race classification

Isolate	Region	Pathogenicity to								Race classification
		Oogatahu-kuzu	Seo-kwang	Ponderosa	Momotarou	Zuikou 102	T-108	Mono-torou 8	Taibyousinkouyou	
CF24	Sedo	+	+	+	-	-	-	-	-	Race 1
CF26	Sedo	+	+	+	-	-	-	-	-	Race 1
CF73	Angang	+	+	+	-	-	-	-	-	Race 1
CF75	Angang	+	+	+	-	-	-	-	-	Race 1
CF78	Angang	+	+	+	-	-	-	-	-	Race 1
CF101	Angang	+	+	+	-	-	-	-	-	Race 1
CF19	Sedo	+	+	+	+	+	-	-	-	Race 2
CF30	Sedo	+	+	+	+	+	-	-	-	Race 2
CF31	Sedo	+	+	+	+	+	-	-	-	Race 2
CF65	Angang	+	+	+	+	+	-	-	-	Race 2
SUF119	Japan	+	+	+	-	-	-	-	-	Race 1
Tomato V	Japan	+	+	+	-	-	-	-	-	Race 1
AFL626	U.S.A.	+	+	+	-	-	-	-	-	Race 1
JFL NO-1	Japan	+	+	+	+	+	-	-	-	Race 2
IFO31213	Japan	+	+	+	+	+	-	-	-	Race 2
AFL548	U.S.A.	+	+	+	+	+	-	-	-	Race 2

\* - : nonpathogenic, + : pathogenic.

되었기 때문에 더 많은 지역으로부터 토마토 시들음 균주를 분리하여 추후 많은 검토가 행해져야만 할 것으로 생각된다.

## 요 약

1993년 3월부터 5월까지 토마토 시설재배단지인 충남 세도와 경북 안강에서 토마토 시들음병이 심하게 발생하였음이 관찰되었다. 이병토마토 식물체 및 토양으로부터 20개의 *Fusarium oxysporum* 균들을 분리하여 가지과 작물인 토마토, 가지, 고추 및 감자에 대한 병원성 검정 결과, 20개 공시균주 중 18개 균주는 토마토에만 병원성을 보였으며 2개 균주(ACF1과 ACF2)는 비병원성 균주였다. 또한 이 균주들은 가지, 고추 및 감자에는 병원성을 나타내지 않았으므로 이들을 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*로 동정하였다. 공시균주들의 race 검정 결과 10균주 중 6균주는 race 1로 4균주는 race 2로 동정하였다.

## 감사의 말씀

이 논문은 한국과학재단의 1992년도 국내 Post Doc. 연수 지원으로 수행된 연구의 일부임을 밝히며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Agrios, G. N. 1988. *Plant pathology* (3rd edition), pp. 408-415. Academic Press.
2. Alexander, L. J. and Toker, C. M. 1945. Physiologic specialization in the tomato wilt fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *J. Agric. Res.* 70 : 303-313.
3. Bohn, C. W. and Toker, C. M. 1939. Immunity to *Fusarium* wilt in tomato. *Science* 89 : 603-608.
4. Booth, C. 1971. *The genus Fusarium*. Commonwealth Mycol. Inst., Kew, Surrey, England. pp. 130-154.
5. Cirulli, M. and Alexander, L. G. 1966. A comparison of pathogenic isolates of *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici* and different sources of resistance in tomato. *Phytopathology* 56 : 1301-1304.
6. Clayton, E. E. 1923. The relation of temperature to the *Fusarium* wilt of the tomato. *Am. J. Bot.* 10 : 71-88.
7. Davis, R. M., Kimble, K. A. and Farrar, J. J. 1988. A third race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* identified in California. *Plant Dis.* 72 : 453.
8. Gerdemann, J. W. and Finley, A. M. 1951. The pathogenicity of races 1 and 2 of *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici*. *Phytopathology* 41 : 238-244.
9. Gordon, W. L. 1965. Pathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. *Can. J. Bot.* 43 : 1307-1318.

10. Grattidge, R. and O'Brien, R. G. 1982. Occurrence of a third race of *Fusarium* wilt of tomatoes in Queensland. *Plant Dis.* 66 : 165-166.
11. 國安克人. 1990. トマト萎ちよう性病害(1). 植物防疫 44 : 41-46.
12. 松尾卓見. 1980. 作物のフザリウム病, pp. 31-36. 全國農村教育協會. 東京.
13. Nelson, P. E., Toussoun, T. A. and Marasas, W. F. O. 1983. *Fusarium species*, pp. 142-145. The Pennsylvania State University Press.
14. 농림수산부. 1992. 작물통계연보. 농림수산부. 101 pp.
15. Park, J. S. 1958. Fungus disease of plants in Korea (I), *College of Agric., Chungnam Nat'l Univ., Bull.* 1. 62pp.
16. Snyder, W. C. and Hansen, H. N. 1940. The species concept in *Fusarium*. *American J. Bot.* 27 : 64-67
17. Stall, R. E. 1961. Development of *Fusarium* wilt on resistant varieties of tomato caused by a strain different from race 1 isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Plant Dis. Rep.* 45 : 12-15.
18. Stall, R. E. and Walter, J. M. 1969. Selection and inheritance of resistance in tomato to isolates of races 1 and 2 of the *Fusarium* wilt organism. *Phytopathology* 55 : 1213-1215.
19. Volin, R. B. and Jones, J. P. 1982. A new race of *Fusarium* wilt of tomato in Florida and sources of resistance. *Proc. Fl. State Hort. Soc.* 95 : 268-270.