

국내에서 분리한 토마토 시들음병균(*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*)의 체세포 화합성군

유성준* · 김홍기 · 유승현
충남대학교 농과대학 농생물학과

Vegetative Compatibility Grouping of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Isolated from Korea

Sung Joon Yoo*, Hong Gi Kim and Seung Hun Yu
Department of Agricultural Biology, College of Agriculture,
Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea

ABSTRACT : Forty-six isolates of *Fusarium oxysporum* collected from infected tomato plants and soils in greenhouses in Sedo, Chungnam and Angang, Kyeongbuk and 8 isolates of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* from Japan and USA were used to determine vegetative compatibility groups (VCGs). Vegetative compatibility was assessed on the basis of heterokaryon formation among nitrate nonutilizing mutants. All Korean isolates of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* used in this study belonged to the same type of VCG (003) regardless of their geographic origin, cultivar and race, but they were incompatible with the foreign isolates of VCG 0030, 0031, 0032 and 0033. Based on the results, the Korean isolates of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* were classified as a new VCG 003.

Key words : vegetative compatibility group (VCG), nit mutant, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

작물의 *Fusarium* 시들음병균인 *Fusarium oxysporum*은 각종 작물에 대한 병원성의 차이에 따라 여러 개의 분화형으로 나뉘어져 있다(1, 2, 11, 17, 21). *F. oxysporum*의 분화형(forma specialis) 및 race를 판별하기 위해서는 많은 종류의 작물과 품종에 대한 점종실험을 통해 병원성의 유무를 조사할 필요가 있어서, 많은 시간과 노력이 요구된다.

최근 Puhalla(19)는 다양한 forma specialis에 속하는 *F. oxysporum*에서 nitrate nonutilizing mutant를 유기하여 이를 marker로 체세포화합성(vegetative compatibility)을 조사하고 VCG(vegetative compatibility group)와 forma specialis가 고도로 일치함을 보고하였다.

질산염 비이용 돌연변이주(nit mutant)에 관한 연구는 *Aspergillus nidulans*(6), *Neurospora crassa*(16), *Fusarium moniliforme* (14) 등에서 수행되었다. *Fusarium oxysporum*의 VCG에 관한 연구를 수행한 Elmer와 Stephen(10)은 *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* 균주 중에서 체세포화합성군과 화합성을 나타내지 않는 sin-

gle VCG의 존재를 보고하였고, Ploetz(18)는 f. sp. *cubense* 중의 한 개의 VCG 중에 여러 개의 race가 존재함을 보고하였다. 한편 f. sp. *niveum*(15)과 f. sp. *melonis*(12)의 경우에는 한 개의 race 중에 여러 개의 VCG가 존재함이 보고되어 있다. Katan 등(13)은 *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*에서 한 개의 VCG를 subgroup으로 세분하였다. Klittich 등(14)은 *F. moniliforme*의 nit mutant를 유전적으로 분석하여 nit 1, nit 3, nit M의 표현형으로 분류하였으며 Correll 등(4)도 이 방법에 의하여 *F. oxysporum*의 nit mutant를 3종류의 표현형(nit 1, nit 3, Nit M)으로 보고하였다.

본 연구는 1993년도부터 1994년까지에 충남 세도면과 경북 안강리의 대단위 토마토 시설재배단지외와 5개 토마토 재배지역에서 발생하여 큰 문제가 되었던 토마토 시들음병의 병원체인 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*를 병반부와 토양에서 분리하고 이미 보고된 병원성검정법을 통해 확인된 균주들을 체세포화합성군(VCG)으로 유별하여 지역과 품종이 다른 토마토 시들음병균 균주들간의 병원성의 일치여부를 확인하고 이것을 토대로 저항성 품종 육성 및 생물학적 방제법의

*Corresponding author.

기초자료를 제공하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

공시균주. 1993년 3월부터 5월까지 우리나라 대단 위 토마토 시설 재배 단지인 충남 부여군 세도면 일대와 경북 경주군 산대면 안강리에서 4회에 걸쳐 토마토 시들음 증상을 보이는 식물체의 이병조직과 근권토양에서 분리한 *Fusarium oxysporum* 46개 균주를 공시균주로 사용하였다.

대조 균주로는 일본의 東日本學園大學에서 분양받은 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* SUF119(race 1, VCG 0030), TomatoV(race 1, VCG 0031), JFL NO-1(race 2, VCG 0033), IFO31213 (race 2, VCG 0031) 균주와 미국 Florida 대학에서 분양받은 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* AFL626(race 1, VCG 003-), AFL 548(race 2, VCG 0030), AFL7400-1 (race 3, VCG 0030) 및 AFL8174(race 3, VCG 0032) 균주를 사용하였다(Table 1).

nit mutant의 선발. Nitrate nonutilizing (*nit*) mutant의 선발은 Puhalla(19)와 Correll(4)이 사용한 방법에 따라 행하였다. 공시배지로는 기본배지 [sucrose 30 g, KH_2PO_4 1 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 g, KCl 0.5 g, trace elements solution(citric acid 5 g, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 5 g, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 4.75 g, $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 1.0 g, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 50 mg, $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 50 mg, H_3BO_3 50 mg, distilled water 95 ml) 0.2 ml, agar 20 g, distilled water 1 L]에 질산염(NaNO_3 2 g)을 첨가한 최소배지(minimal media)를 조제한 후 mutagen으로 1.5~2.5%의 KClO_3 를 첨가한 chlorate 배지를 직경 9 cm의 Petri dish상에 분주한 후 공시균주들을 접종하였다. 25°C에서 3일간 배양한 후 chlorate resistant sector가 형성된 균주의 선단 균사를 떼어 다시 최소배지에 옮겨 공중균사를 형성하지 않는 균주를 *nit* mutant로 선발하였다.

nit mutant의 표현형의 동정. 선발된 *nit* mutant들의 phenotype은 Correll 등의 방법(4)에 따라 기본배지에 첨가된 nitrate, nitrite, hypoxanthine의 3가지 질소원의 이용능을 기준으로 phenotype을 결정하였다. *Nit* mutant는 nitrate가 첨가된 배지에서 모두 공중균사를 형성하지 않으면서, hypoxanthine과 nitrite가 첨가된 배지상에서 모두 wild type형태의 균사생장을 나타내면 *nit* 1, nitrite가 첨가된 배지에서 공중균사를 형성하지 않으면 *nit* 3 그리고 hypoxanthine이 첨가된 배지상에서 옅은 생장을 하면 *nit* M으로 결정하였다.

균주 및 분화형내의 자가상보성 시험. 야생형의 모균주로부터 3종류의 표현형의 *nit* mutant를 10~50균주를 분리해, 최소배지 위에 이 표현형의 *nit* mutant균주들을 조합하여 대치배양하여 25°C에서 5~30일간 배양하였다. 상보성이 있는 *nit* mutant간에는 균들의 접촉부위에 heterokaryon을 형성하여 wild type인 기중균사를 형성하였다. 이와 같은 체세포 화합성을 조사하여 heterokaryon형성이 가장 좋은 Nit M, *nit* 1 균주를 각각 선발하여 각 균주의 *nit* tester로 결정하였다. 각 균의 *nit* tester로 결정된 *nit* mutant를 이용하여 같은 분화형내에 속하는 균간의 체세포 화합성을 조사하여 체세포화합성군(vegetative compatibility groups)을 결정하였다.

결 과

Nit mutant의 선발 및 phenotype 결정. Mutagen인 KClO_3 의 처리농도에 따른 공시균주들의 *nit* mutant 분리율을 조사한 결과, 1.5%의 KClO_3 가 첨가된 최소배지상에서의 *nit* mutant 분리율이 40~60%로서 KClO_3 를 2.0%와 2.5% 첨가된 배지에서 보다 높았다. 46개의 공시균주로부터 분리된 *nit* mutant의 phenotype을 결정한 결과 *nit* 1은 38균주에서(83%), *nit* M은 32균주에서(70%), *nit* 3는 22균주에서(48%) 출현하였다(Table 2).

균주내 및 분화형내의 화합성. *Nit* mutant간의 phenotype별로 체세포화합성을 조사한 결과, *nit* M의 경우에는 *nit* 1, *nit* 3, *nit* M과 높은 결합능을 보였으며, *nit* 3의 경우엔 *nit* 1과는 다소 상보성을 보였으나 *nit* 3과 접촉되는 부위에서는 기중균사가 전혀 형성되지 않았다.

한 균주내에 선발된 *nit* tester를 이용하여 6개의 지역, 7품종에서 분리한 46균주의 토마토 시들음병균(*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*)들간의 체세포화합성군을 조사한 결과, 분리균주들 모두가 race, 분리지역 및 품종에 관계없이 하나의 체세포화합성군을 나타냈으며 이 화합성군은 1985년 Puhalla가 사용한 VCG code number의 003에 속하였고 같은 VC003 Group인 0030, 0031, 0032, 0033, 003-균주들과는 화합성을 나타내지 않으므로 새로운 VC003 Group에 속하였다. 이들 각균주들의 *nit* tester 중 heterokaryon 형성이 좋은 CF19-1, CF24-10, CF73-13 균주가 국내에서 분리한 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*의 체세포화합성 조사에 사용할 대표균주인 *nit* tester로 선발되었다(Table 3, Fig. 1).

Table 1. Isolates of *Fusarium oxysporum* isolated from infected tomato plants and soils

Isolate	Tomato cultivar	Source	Location
CF 5	Minicarol	Rhizoplane	Sedo-Puyeo-gun, Chungnam
CF 7	Minicarol	Rhizoplane	Sedo-Puyeo-gun, Chungnam
CF11	Kwangbok 44	Rhizoplane	Sedo-Puyeo-gun, Chungnam
CF15	Kwangbok 44	Inner root	Sedo-Puyeo-gun, Chungnam
CF16	Kwangbok 44	Inner root	Sedo-Puyeo-gun, Chungnam
CF17	Kwangbok 44	Inner root	Sedo-Puyeo-gun, Chungnam
CF19	Kwangbok 44	Rhizoplane	Sedo-Puyeo-gun, Chungnam
CF20	Kwangbok 44	Rhizoplane	Sedo-Puyeo-gun, Chungnam
CF21	Kwangbok 44	inner root	Sedo-Puyeo-gun, Chungnam
CF24	Seokwang 102	Rhizoplane	Sedo-Puyeo-gun, Chungnam
CF26	Seokwang 102	Rhizosphere	Sedo-Puyeo-gun, Chungnam
CF30	Seokwang 114	Rhizoplane	Sedo-Puyeo-gun, Chungnam
CF31	Seokwang 114	Rhizosphere	Sedo-Puyeo-gun, Chungnam
CF65	Flora	Rhizosphere	Angang, Keongju-gun, Kyeongbuk
CF73	Flora	Root	Angang, Keongju-gun, Kyeongbuk
CF74	Flora	Root	Angang, Keongju-gun, Kyeongbuk
CF75	Flora	Stem	Angang, Keongju-gun, Kyeongbuk
CF78	Flora	Stem	Angang, Keongju-gun, Kyeongbuk
CF101	Flora	Stem	Angang, Keongju-gun, Kyeongbuk
CF103	Flora	Stem	Angang, Keongju-gun, Kyeongbuk
FL301	Seokwang	Root	Cheongwon-gun, Chungbuk
FL302	Seokwang	Root	Cheongwon-gun, Chungbuk
FL303		Root	Cheongwon-gun, Chungbuk
FL306		Root	Cheongwon-gun, Chungbuk
FL401		Root	Puyeo-gun, Chungnam
FL402		Root	Puyeo-gun, Chungnam
FL403		Root	Puyeo-gun, Chungnam
FL404		Root	Puyeo-gun, Chungnam
FL417	Minicarol	Root	Puyeo-gun, Chungnam
FL418	Minicarol	Root	Puyeo-gun, Chungnam
FL419	Minicarol	Root	Puyeo-gun, Chungnam
FL420	Minicarol	Root	Puyeo-gun, Chungnam
FL421	Minicarol	Root	Puyeo-gun, Chungnam
FL502		Root	Weulseong-gun, Kyeongbuk
FL504		Root	Weulseong-gun, Kyeongbuk
FL505		Root	Weulseong-gun, Kyeongbuk
FL506	Flora	Root	Weulseong-gun, Kyeongbuk
FL507	Flora	Root	Weulseong-gun, Kyeongbuk
FL508	Flora	Root	Weulseong-gun, Kyeongbuk
FL509	Momotaro	Root	Dalseong-guk, Kyeongbuk
FL511	Monotaro	Root	Dalseong-guk, Kyeongbuk
FL513		Root	Taegu-city, Kyeongbuk
FL514		Root	Taegu-city, Kyeongbuk
FL515		Root	Taegu-city, Kyeongbuk
FL602		Root	Pusan-city, Kyeongnam
FL606		Root	Pusan-city, Kyeongnam
SUF119			Japan
Tomato V			Japan
JFL No-1			Japan
IF031213			Japan
AFL626			U.S.A.
AFL548			U.S.A.
AFL7400-1			U.S.A.
AFL8174			U.S.A.

Table 2. Frequency and phenotype of nitrate nonutilizing (*nit*) mutants of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* recovered from MMC media

Isolate	% nit mutants at different conc. (%) of KClO ₃			Number of nit mutants ^a		
	1.5	2.0	2.5	<i>nit</i> 1	<i>nit</i> 3	<i>nit</i> M
CF5	7	—	—	2	2	—
CF7	6	—	—	3	1	—
CF11	20	7	—	3	2	1
CF15	17	—	—	7	—	—
CF16	50	23	3	5	1	9
CF17	20	—	—	4	1	2
CF19	47	13	3	7	7	—
CF20	57	37	7	15	—	5
CF21	6	—	—	3	1	1
CF24	30	13	3	5	2	4
CF26	37	17	7	11	3	5
CF30	13	—	—	6	2	—
CF31	3	3	—	—	—	2
CF65	20	3	—	5	—	3
CF73	53	23	10	24	—	16
CF74	83	38	13	11	11	15
CF75	30	13	3	8	—	14
CF78	60	26	6	—	21	16
CF101	23	—	—	9	1	4
CF103	25	—	—	10	2	3
FL301	20	—	—	—	—	1
FL302	80	—	—	5	—	—
FL303	80	—	—	—	4	1
FL306	80	—	—	4	—	1
FL401	95	—	—	4	—	1
FL402	40	—	—	1	—	1
FL403	80	—	—	1	5	—
FL404	80	—	—	2	—	3
FL417	80	—	—	—	5	—
FL418	80	—	—	4	—	1
FL419	80	—	—	—	2	3
FL420	80	—	—	4	—	1
FL421	70	—	—	4	—	1
FL502	70	—	—	6	—	—
FL504	40	—	—	2	—	3
FL505	70	—	—	5	—	—
FL506	80	—	—	3	—	2
FL507	80	—	—	1	3	1
FL508	70	—	—	5	—	—
FL509	60	—	—	4	1	—
FL511	70	—	—	5	—	1
FL513	80	—	—	—	5	—
FL514	50	—	—	1	3	1
FL515	80	—	—	5	—	—
FL602	70	—	—	—	—	4
FL606	40	—	—	1	—	3

^a *nit* mutant phenotypes were determined according to growth on basal medium amended with different nitrogen sources.

Table 3. Comparison of races and vegetative compatibility groups of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* isolated from different cultivars of tomato

Isolate	Race	VCG ^a	Cultivar	Geographic origin
CF5	—	0034	Minicarol	Sedo, Puyo-gun, Chungnam
CF7	—	0034	Minicarol	Sedo, Puyo-gun, Chungnam
CF11	1	0034	Kwangbok 44	Sedo, Puyo-gun, Chungnam
CF15	—	0034	Kwangbok 44	Sedo, Puyo-gun, Chungnam
CF16	2	0034	Kwangbok 44	Sedo, Puyo-gun, Chungnam
CF17	—	0034	Kwangbok 44	Sedo, Puyo-gun, Chungnam
CF19	2	0034	Kwangbok 44	Sedo, Puyo-gun, Chungnam
CF20	2	0034	Kwangbok 44	Sedo, Puyo-gun, Chungnam
CF21	—	0034	Kwangbok 44	Sedo, Puyo-gun, Chungnam
CF24	1	0034	Zuikou 102	Sedo, Puyo-gun, Chungnam
CF26	1	0034	Zuikou 102	Sedo, Puyo-gun, Chungnam
CF30	2	0034	Zuikou 114	Sedo, Puyo-gun, Chungnam
CF31	2	0034	Zuikou 114	Sedo, Puyo-gun, Chungnam
CF65	2	0034	Flora	Angang, Kyeongju-gun, Kyeongbuk
CF73	1	0034	Flora	Angang, Kyeongju-gun, Kyeongbuk
CF74	2	0034	Flora	Angang, Kyeongju-gun, Kyeongbuk
CF75	1	0034	Flora	Angang, Kyeongju-gun, Kyeongbuk
CF78	1	0034	Flora	Angang, Kyeongju-gun, Kyeongbuk
CF101	1	0034	Flora	Angang, Kyeongju-gun, Kyeongbuk
CF103	—	0034	Flora	Angang, Kyeongju-gun, Kyeongbuk
FL301	—	0034	Seokwang	Cheongwon-gun, Chungbuk
FL302	—	0034	Seokwang	Cheongwon-gun, Chungbuk
FL303	—	0034		Cheongwon-gun, Chungbuk
FL306	—	0034		Cheongwon-gun, Chungbuk
FL401	—	0034		Puyo-gun, Chungnam
FL402	—	0034		Puyo-gun, Chungnam
FL403	—	0034		Puyo-gun, Chungnam
FL404	—	0034		Puyo-gun, Chungnam
FL417	—	0034	Minicarol	Puyo-gun, Chungnam
FL418	—	0034	Minicarol	Puyo-gun, Chungnam
FL419	—	0034	Minicarol	Puyo-gun, Chungnam
FL420	—	0034	Minicarol	Puyo-gun, Chungnam
FL421	—	0034	Minicarol	Puyo-gun, Chungnam
FL502	—	0034		Weulseong-gun, Kyeongbuk
FL504	—	0034		Weulseong-gun, Kyeongbuk
FL505	—	0034		Weulseong-gun, Kyeongbuk
FL506	—	0034	Flora	Weulseong-gun, Kyeongbuk
FL507	—	0034	Flora	Weulseong-gun, Kyeongbuk
FL508	—	0034	Flora	Weulseong-gun, Kyeongbuk
FL509	—	0034	Momotaro	Dalseong-gun, Kyeongbuk
FL511	—	0034	Momotaro	Dalseong-gun, Kyeongbuk
FL513	—	0034		Taegu-city, Kyeongbuk
FL514	—	0034		Taegu-city, Kyeongbuk
FL515	—	0034		Taegu-city, Kyeongbuk
FL602	—	0034		Pusan-city, Kyeongnam
FL606	—	0034		Pusan-city, Kyeongnam
SUF119	1	0030		Japan
AFL548	2	0030		U.S.A.
AFL7400-1	3	0030		U.S.A.
Tomato V	1	0031		Japan
IF031213	2	0031		Japan
AFL8174	3	0032		U.S.A.
JFL-No. 1	2	0033		Japan
AFL626	1	003—		U.S.A.

^a The code follows that of Puhalla (1985). First three numbers refer to the forma specialis to which the strain belongs, and the fourth refers to the VCG within the forma specialis.

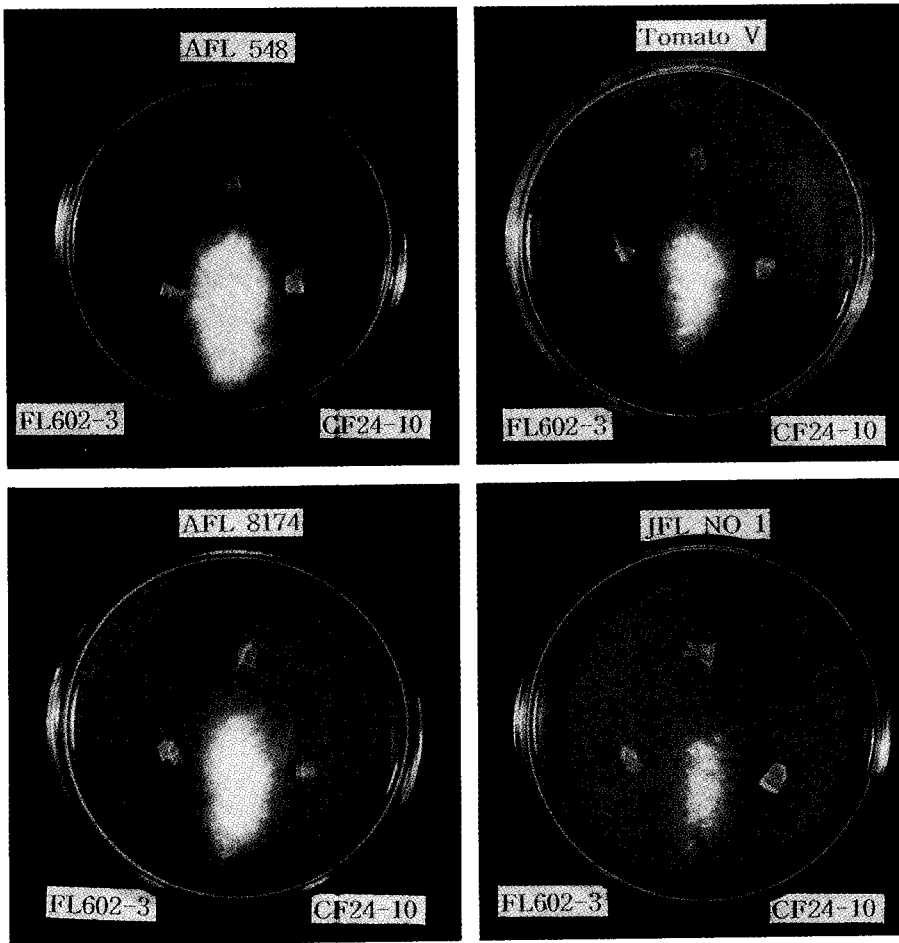


Fig. 1. Vegetative compatibility grouping (VCG) tests between *nit* mutants of VCG 0030 (AFL548), 0031 (Tomato V), 0032 (AFL 8174) and 0033 (JFL NO. 1) and two Korean isolates (FL602-3 and CF24-10) of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Two Korean isolates (FL602-3 and CF24-10) formed visible heterokaryons (VCG reaction : +), whereas the other isolates, VCG 0030, 0031, 0032 and 0033, failed to form such heterokaryon (VCG reaction : -).

고 찰

진균의 유전 및 분류에 관한 연구에서 nitrate non-utilizing mutant를 이용한 연구는 *Aspergillus nidulans* (5), *Neurospora crassa*(16), *F. moniliforme*(14, 20), *F. oxysporum*(7, 8, 9) 등에서 실시되었다. Puhalla는 Cove(6) 방법을 도입하여 *F. oxysporum*에서 nitrate non-utilizing(*nit*) mutant를 선발하여 분화형에 대한 분류를 시도하였고, Correll(4)은 질소원의 이용능에 따라 *nit* 1(nitrate reductase structural loci), *nit* 3(nitrate assimilation pathway-specific regulatory locus), *nit* M (molybdenum-containing cofactor necessary for nitrate

reductase activity)의 phenotype을 결정한 후 Puhalla의 방법을 재시도하였다. 최근 *nit* mutant를 이용하여 체세포화합성을 조사하는 VCG에 관한 연구가 활발히 수행되고 있다(5, 10, 12, 13, 14, 18, 19, 22).

토마토 시들음병균 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*의 체세포화합성군은 1985년 Puhalla가 VCG code number를 VCG 003으로 명명하였고, 같은 VCG 003 내에는 현재까지 VCG 0030, VCG 0031, VCG 0032, VCG 0033의 4 Group이 보고되어 있다. 우리나라의 7지역 46균주 모두가 하나의 체세포화합성군(VCG 003)으로 외국의 VCG 003의 4 군들과는 화합성을 보이지 않았으므로 새로운 VC 003 Group에 속하였고, 최근까지

보고된 4 Group 이외의 새로운 VCG 003의 보고가 없다면 한국에서 발생한 토마토 시들음병균의 체세포화합성군은 VCG 0034로 명명하려고 한다. 이 연구결과는 Bournival 등(3)의 race 1, 2, 3이 하나의 VCG에 속한다는 보고와 Elias 등(8, 9)의 체세포화합성군과 지역간, race간의 비교에 대한 연구에서 다양한 지역에 분포하고 있는 race 1, 2, 3이 하나의 체세포화합성군에 속한다는 보고와 일치하는 것이다. 즉, 본 연구에서 공시한 균주들은 분리지역, 품종 및 race에 관계없이 모두 하나의 화합성군에 속하는 것으로 보아 토마토에 시들음병을 일으키는 병원성에 관해서 서로 유전적으로 근연관계에 놓여 있음을 알 수 있었다. 앞으로 본 연구에서 공시한 균주들의 분리지역 외의 강원, 경기, 전남북 등 다른 지역에서 더 많은 품종으로부터 많은 균주를 분리하여 *nit* tester CF19-1, CF24-10, CF73-13균주와 화합성을 검토할 필요가 있다고 생각하며, 이 tester들과 불화합성을 나타내는 *F. oxysporum* 균주들을 선발하여 생물학적 방제법의 개발 및 병 저항성 품종의 육성에 응용할 수 있다고 생각한다.

요 약

토마토 시설재배단지인 충남 세도, 경북 안강, 충북 및 경남에서 발생한 토마토 시들음병 이병주로부터 분리한 47개의 *F. oxysporum* 균주들과 외국으로부터 분양받은 8개 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* 균주들을 이용하여 체세포 화합성군을 조사하였다. 체세포 화합성은 *nit* mutant들간의 heterokaryon형성에 의해 평가하였다. 국내에서 분리된 균주들은 분리지역, 품종 및 race에 관계없이 모두 하나의 체세포화합성군을 나타냈다. 또한 외국으로부터 분양받은 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*의 VCG 0030, 0031, 0032, 0033, 0034와는 전혀 화합성을 보이지 않았다. 따라서 한국에서 발생한 토마토 시들음병균의 체세포화합성군은 새로운 VCG 003에 속하였다.

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). A-

cademic Press. pp. 408-415.

2. Booth, C. 1971. *The genus Fusarium*. Commonwealth Mycol. Inst., Kew, Surrey, England. pp. 130-154.
3. Bournival, B. L. 1988. Vegetative compatibility among races 1, 2 and 3 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Fusarium Notes International Newsletter*. Vol. 7. p. 5.
4. Correll, J. C., Klittich, C. J. R. and Leslie, J. F. 1987. Nitrate nonutilizing mutants of *Fusarium oxysporum* and their use in vegetative compatibility tests. *Phytopathology* 77 : 1640-1646.
5. Correll, J. C. 1991. The relationship between forma speciales, races, and vegetative compatibility groups in *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology* 81 : 1061-1064.
6. Cove, D. J. 1976. Chlorate toxicity in *Aspergillus nidulans*: The selection and characterization of chlorate resistant. *Heredity* 36 : 191-203.
7. Elias, K. L. and Schneider, R. W. 1988. Isozyme analysis of races and vegetative compatibility groups of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Phytopathology* 73 : 1543.
8. Elias, K. S. and Schneider, R. W. 1991. Vegetative compatibility groups in *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Phytopathology* 81 : 159-162.
9. Elias, K. S. and Schneider, R. W. 1992. Genetic diversity within and among races and vegetative compatibility groups of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* as determined by isozyme analysis. *Phytopathology* 82 : 1421-1427.
10. Elmer, W. H. and Stephens, C. T. 1989. Classification of *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* into vegetatively compatible groups. *Phytopathology* 79 : 88-93.
11. Gordon, W. L. 1965. Pathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. *Can. J. Bot.* 43 : 1307-1318.
12. Jacobson, D. J. and Gordon, T. R. 1990. Further investigations of vegetative compatibility within *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. *Can. J. Bot.* 68 : 1245-1248.
13. Katan, T., D. Zamir, M. Sarfatti. and J. Katan. 1991. Vegetative compatibility groups and subgroups in *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *Phytopathology* 81 : 155-162.
14. Klittich, C. J. R., Leslie, J. F. and Wilson, J. D. 1986. Spontaneous chlorate resistant mutant of *Gibberella fujikuroi* (*Fusarium moniliforme*). *Phytopathology* 76 : 1142 (Abstr.).
15. Larkin, R. P., Hopkins, D. L. and Martin, F. N. 1990. Vegetative compatibility within *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* and its relationship to virulence, aggressiveness and race. *Can. J. Microbiol.* 36

- : 352-358.
16. Marzluf, G. A. 1981. Regulation of nitrogen metabolism and gene expression in fungi. *Microbiol. Rev.* 45 : 437-461.
 17. 松尾卓見. 1980. 作物のフザリウム病. 全国農村教育協会. 東京. pp. 31-36
 18. Ploetz, R. C. 1990. Variability in *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Can. J. Bot.* 68 : 1357-1363.
 19. Puhalla, J. E. 1985. Classification of strains of *Fusarium oxysporum* on the basis of vegetative compatibility. *Can. J. Bot.* 63 : 179-183.
 20. Puhalla, J. E. and Spieth, P. T. 1985. A comparison of heterokaryosis and vegetative incompatibility among varieties of *Gibberella fujikuroi* (*Fusarium moniliforme*). *Exp. Mycol.* 9 : 39-47.
 21. Snyder W. C. and Hansen, H. N. 1940. The species concept in *Fusarium*. *American J. of Bot.* 27 : 64-67.
 22. 兪晟濬, 度邊英樹, 小林喜六, 生越明, 兒玉不二雄. 1993. ユリ科植物に病原性を示す *Fusarium oxysporum* 分化型の體細胞和合性群(vegetative compatibility group). 日本植物病理學會志 59(1) : 3-9.