

Note | Open Access

## *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae*에 의한 오이 근경썩음병

한경숙\* · 이성찬 · 한유경 · 김동휘<sup>1</sup> · 김 수<sup>2</sup>

국립원예특작과학원 원예특작환경과, <sup>1</sup>국립원예특작과학원 인삼과, <sup>2</sup>국립원예특작과학원 채소과

## Crown and Foot Rot of Grafted Cucumber Caused by *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae*

Kyung-Sook Han\*, Seong-Chan Lee, You-Kyoung Han, Dong-Hwi Kim<sup>1</sup> and Sui Kim<sup>2</sup>

Horticultural & Herbal Environment Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Suwon 441-440, Korea

<sup>1</sup>Ginseng Research Division, National institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Eumseong 369-873, Korea

<sup>2</sup>Vegetable Research Division, National institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Suwon 440-706, Korea

(Received on December 7, 2011; Revised on February 5, 2012; Accepted on March 8, 2012)

In March 2010, grafted cucumber cultivated in the greenhouse showed a severe rot on crown resulting yellowing and wilting of the leaves. The symptoms of naturally infected plants showed dark brown, water-soaked lesions at the base of the stem. The fungus produced mass of white mycelium and yellow to orange spores in necrotic lesions on dead and dying plants. Fungus was isolated from rotted tissues of the crown and root. On the basis of morphological characteristics, ITS sequence and pathogenicity tests, the isolate was identified as *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae*. This is the first report of the crown and foot rot of grafted cucumber caused by *F. solani* f. sp. *cucurbitae* in Korea.

**Keywords :** Crown and Foot Rot, Cucumber, *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae*, ITS sequence

오이(*Cucumis sativus*)는 대표적인 박과작물로서 국민소득 향상과 식생활 패턴의 변화로 재배면적과 생산량이 증가추세에 있다. 오이에 발생하는 주요 토양전염성병으로는 *Erwinia tracheiphila*에 의한 세균시들음병, *Didymella bryoniae*에 의한 덩굴마름병, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*에 의한 덩굴썩김병, *Monosporascus cannonballus*에 의한 검은점뿌리썩음병, *Phytophthora*에 의한 역병 등이 보고되어 있다(The Korean Society of Plant Pathology, 2009). 특히 오이를 비롯한 대부분의 박과작물은 덩굴썩김병과 역병을 예방하기 위해 저항성 대목을 사용하여 접목재배하고 있으며, 접목된 대목 뿌리는 저온 신장성, 환경 적응성 및 흡비력 등이 강하고 이들 병에 저항성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Lee, 1989). 오이에 사용하는 대목으로는 호박(*Cucurbita moschata*), 흑종호박(*Cucurbita*

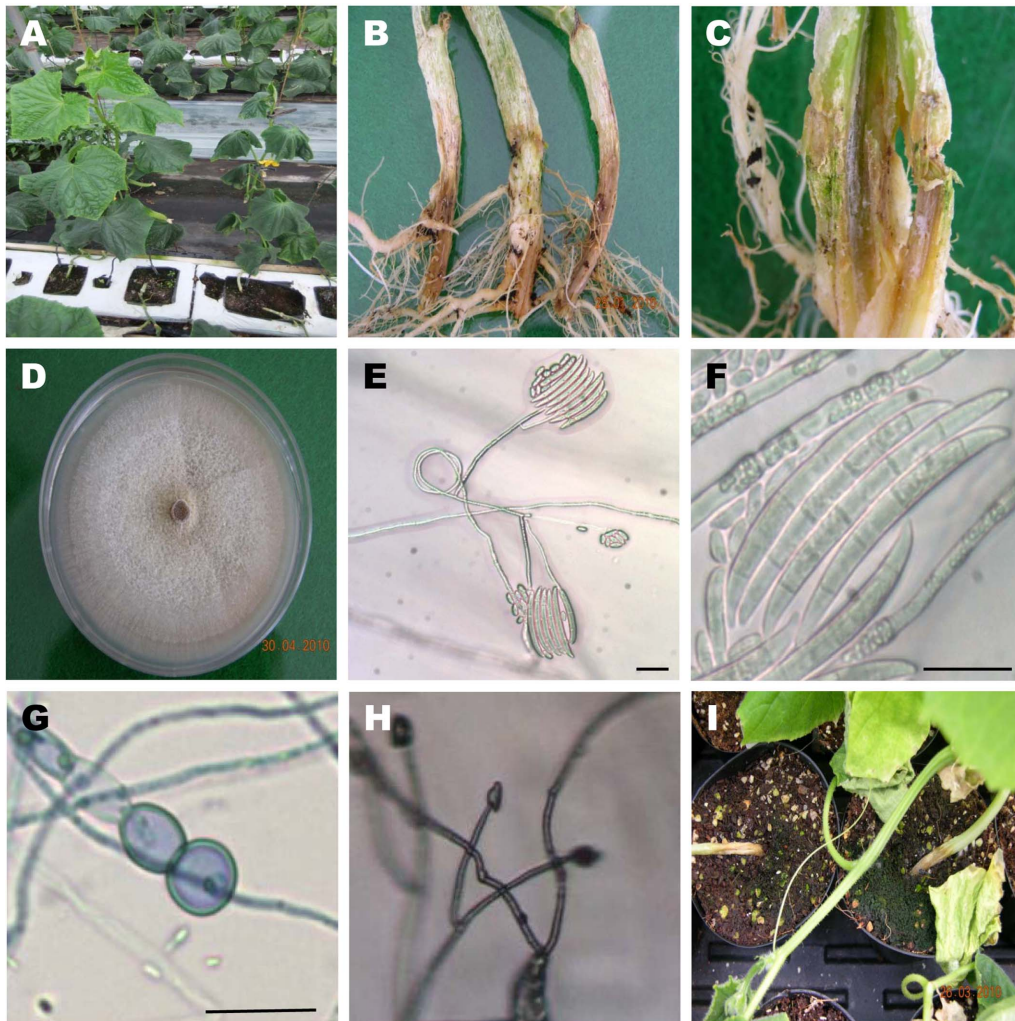
*ficifolia*), 신토좌호박(*C. maxima* x *C. moschata*)이 이용되고 있으며, 오이에 있어 접목재배는 일반화 되어 있고 실생묘 재배는 전무한 실정이다.

2010년 3월 경기도 평택시 오이 시설재배농가에서 정식 50일된 오이의 지체부 줄기가 썩으면서 시들어 죽는 증상이 발생하였다. 대목은 흑종호박을 사용하였으며, 대목줄기가 수침상으로 썩고 표면에 흰색 내지 분홍색의 곰팡이가 형성된 것을 확인할 수 있었으며, 병든 식물체 줄기에서 병원균을 분리하여 균학적 특징을 파악하고 배양적 특성을 검토한 결과 *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae*로 동정되었다. 우리나라에서는 오이에 발생하는 *Fusarium* 속의 의한 병으로는 덩굴썩김병이 보고되어 있는데 토양 전염성 병원균(*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)이 뿌리를 통해 침입한 후, 줄기의 도관을 폐쇄하여 식물체를 시들게 하고 도관부위가 파열하여 줄기가 세로로 쪼개지는 병징을 나타낸다. 그러나 *F. solani* f. sp. *cucurbitae*에 의해서는 도관부 감염을 일으키지 않고 지체부 줄기와 뿌리가 썩는 증상을 나타내었다. 따라서 본 연구에서는 우

\*Corresponding author

Phone) +82-31-290-6233, Fax) +82-31-290-6259

Email) kshan9@korea.kr



**Fig. 1.** Crown and foot rot of grafted cucumber caused by *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae*. (A) Natural symptoms on cucumber showing wilt in field, (B) Crown rot on rootstock plants, (C) Internal symptoms of the rotten stem, (D) Colony of the isolate on PDA, (E) Microconidia and septate, falcate macroconidia formed on aerial mycelium (Bar = 20  $\mu$ m), (F) Macroconidia (Bar = 20  $\mu$ m), (G) Chlamydospores (Bar = 10  $\mu$ m), (H) Monophialides, (I) Symptom on cucumbers by artificial inoculation.

리나라의 접목된 오이에서 처음 발생이 확인된 근경 썩음병의 병징, 병원균의 균학적 특징 및 박과작물 및 호박 대목에 대한 병원성 검정 결과를 보고한다.

**병징.** 2010년 3월 경기도 평택시의 오이 시설재배농가에서 정식한지 50일된 오이의 지체부 줄기가 수침상으로 썩으며 식물체 전체가 시들어 죽는 증상이 발생하였다 (Fig. 1A). 병든 식물체는 흑중호박을 대목으로 사용하여 접목한 오이였으며, 대목줄기가 열린 갈색을 띠고 약간 물러 썩었으며, 초기 병징을 보이는 뿌리를 물에 씻어 관찰한 결과 세근과 주근에는 큰 피해를 나타내지는 않았으나 지체부 아래 줄기까지 갈색으로 변색된 것을 확인할 수 있었다(Fig. 1B). 병이 더 진행되면 감염된 식물체는 말라죽었으며 오래된 병반에서는 지체부와 뿌리까지

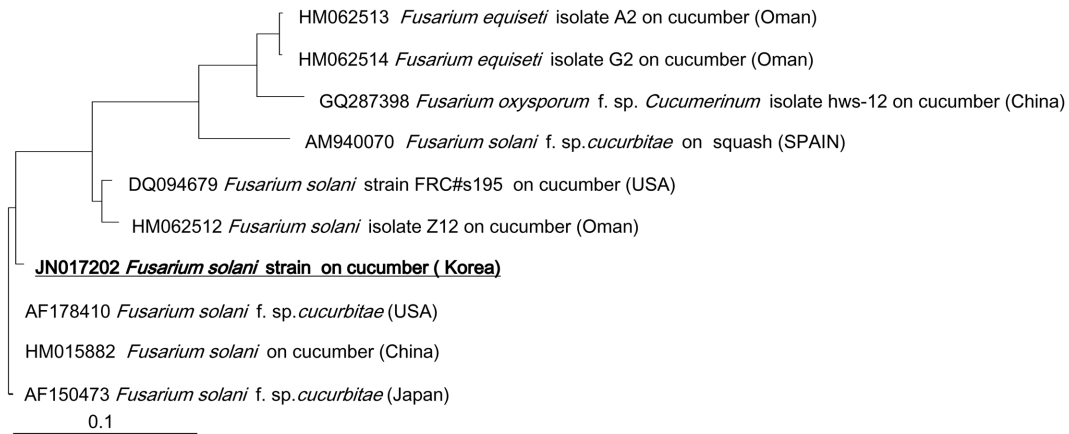
갈색으로 변색된 것을 확인할 수 있었다. 오래된 병반에서는 줄기 표면 뿐 아니라 줄기 속까지도 흰색 곰팡이 균사와 함께 주황색의 분생포자 덩어리가 형성된 것이 관찰되었다(Fig. 1C).

**병원균 분리 및 특성.** 병든 식물체로부터 병원균을 분리하기 위하여 줄기에 형성된 병든 조직을 잘라 1% 차아염소산나트륨(NaOCl) 용액에 표면 살균하고 살균수로 3회 세척한 후 멸균된 여과지에서 물기를 말린 다음 물한천배지(WA) 위에 치상하였다. 병원균은 26°C 항온기에서 3일간 배양 후 균사 선단부를 떼어내 감자한천배지(PDA, Difco)와 CLA(Carnation leaf agar) 배지에서 배양하면서 배양적, 형태적 특징을 조사하였다(Table 1). 분리한 병원균의 생육적온은 25–30°C에서 PDA에 배양할 경

**Table 1.** Comparison of morphological characteristics of *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* isolated from crown and foot rot of grafted cucumber and described

Structure	Division	Present isolate	<i>F. solani</i> <sup>a</sup>
Conidiophores	Shape	long monophialide	long monophialide
Microconidia	Shape	hyaline, ellipsoid to ovoid	ovoid
	Size (mm)	7–18×2–3	8–16×2–4
	Septum	0–1	0
Macroconidia	Shape	cylindrical, falcate	cylindrical, falcate
	Size (mm)	22–63×3–5	20–68×3–6
	Septum	3–6	3–6
Chlamydospore	Shape	globose to oval	globose to oval
	Size (mm)	6–11×5–9	9–12×8–10
	Number	single or pair	single or pair
Colony		pionote, colour cream	–
Optimum growth temperature		25–30°C	25–28°C

<sup>a</sup>Booth (1971)



**Fig. 2.** Phylogenetic relationship between *Fusarium solani* isolate and some reference isolates retrieved from GenBank, inferred by neighbor-joining method using the ITS rDNA region. Bootstrap values based on 1000 replications are indicated above the branches and the scale bar represents 0.5 nucleotide substitutions per site.

우 균사 생장이 가장 왕성하였으며, 기중균사를 형성하고 배지에서의 색깔은 갈색 내지 크림색을 나타내었다(Fig. 1D). 소형분생포자는 난형으로 0–1개의 격벽을 보였고, 크기는 7–18×2–3 μm였다(Fig. 1E). 대형분생포자는 통통한 초승달 모양으로 뚜렷한 3–6개의 격벽을 보였고 기부 세포는 foot-shape으로 크기는 22–63×3–5 μm였다(Fig. 1F). 후막포자는 PDA에서 비교적 드물게 형성하였으며, 둥근 형태로 크기는 6–11×5–9 μm였다(Fig. 1G). 분생자경은 monophialide를 나타내었으며(Fig. 1H), 배양 중에 유성세대는 관찰되지 않았다.

**ITS 염기서열 분석.** 병원균의 유전학적 동정을 위해 ITS(internal transcribed spacer) rDNA 부분을 2개의 프라

이머 ITS1(5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3')과 ITS4(5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') 영역을 PCR(polymerase chain reaction)로 증폭시켰다. 전기영동을 통하여 PCR 산물을 확인한 후에 pGEMT Easy vector에 클로닝한 후 염기서열(총 564 bp)을 결정하여(White 등, 1990) GenBank에 등록하였다(Accession No. JN017202). 계통수는 MEGA4 프로그램을 사용하여 Li 등(2010)이 보고한 *Fusarium solani* (Accession No. HM015882) 등 ITS rDNA 염기서열을 그룹 외 표본으로 하여 계통발생을 비교 분석하였다(Fig. 2). 따라서 ITS rDNA 염기서열 비교분석한 결과 *F. solani*로 확인하였다.

**병원성 검증.** 접목한 오이의 줄기에서 분리한 *F. solani*

**Table 2.** Pathogenicity of *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* isolated from crown and foot rot of grafted cucumber on rootstocks and different *Cucurbitaceae* vegetables plants

Crops	Cultivers	Virulence of isolate <sup>a</sup>
Rootstock	Heukjong	+
	Shintozwa	+
	Bulrojangseng	-
	Dongjangkun	-
Cucumber	Joeunbakdadagi	+
	Baekmi	+
Watermelon	Sambokkul	+
	Speedkul	+
Oriental melon	Obokkul	-
	Keumnodaji	-

<sup>a</sup>Disease rating was made 15 days after inoculation.

+: Pathogenic, -: Non-pathogenic.

f. sp. *cucurbitae*의 병원성 검정을 위해 접종원은 CLA 배지에 균사 조각을 접종한 후 포자형성을 유도하였다. 26°C에서 10일 동안 배양한 배지에 멸균된 0.5% Tween 20 용액을 넣어 멸균 면봉으로 긁어낸 뒤, 멸균된 가제를 이용하여 소형 분생포자와 대형 분생포자의 포자현탁액(4×10<sup>9</sup> spores/ml)을 제조하였다. 접종을 위한 식물체 준비는 오이, 수박, 참외 각각 2품종과 호박대목 2품종, 참박대목 2품종을 직경 8 cm 검정색 비닐포트에 파종한 후 30일 동안 온실에서 키운 후 각 포트 당 지체부에 5 ml 씩 포자현탁액을 접종하였다. 접종 후 25–30°C로 유지되는 유리온실에서 재배하면서 발병 여부를 조사하였다. 접종 15일 후 지체부 줄기와 뿌리가 갈변되면서 말라죽는 증상을 조사한 결과, Table 2와 같이 대목의 종류에 따른 병원성 검정결과 호박대목에 속하는 ‘흑종호박’과 ‘신토좌’는 감수성을, 참박대목에 속하는 ‘동장군’과 ‘불로장생’은 *F. solani* f. sp. *cucurbitae*에 대해 뚜렷한 저항성을 보였다. 박과작물에 대한 병원성 검정결과에서도 오이와 수박은 뚜렷한 감수성을 나타내었으나 참외 2품종에서는 병징을 보이지 않았다(Fig. 1I).

이상과 같이 병원균의 균학적 특성을 조사한 결과 Booth(1971)과 Nelson 등(1983)에 의해 보고된 *F. solani*와 형태적, 배양적 특성과 ITS 염기서열 유사도가 일치하였다. 세계적으로는 *F. solani* f. sp. *cucurbitae*에 의한 박과작물에 대한 병 발생은 미국에서는 호박에 발생하는 것으로 보고하였으며(Castroagudin 등, 2009) 스페인에서는 슈키니호박(Gómez 등, 2008)과 접목된 수박에 발생하는 것으로 보고되었으며(Armengol 등, 2000), 오이에 발생하는 것은 중국에 보고된 바 있다(Li 등, 2010). 또한 3

종의 수박과 9종의 대목에 대한 저항성 검정에서도 서로 다른 저항성을 나타내는 것을 보고한 결과도 있다(Boughalleb 등, 2007). 따라서 본 연구에서 얻어진 결과를 가지고 이 병을 *F. solani* f. sp. *cucurbitae*에 의한 오이 근경썩음병(Crown and Foot Rot)으로 제안하고자 한다.

## 요 약

2010년 3월 경기도 평택시 오이 시설재배농가에서 오이의 지체부 줄기가 썩으면서 시들어 죽는 증상이 발생하였다. 대목은 흑종호박을 사용하였으며, 대목줄기가 수침상으로 썩고 표면에 흰색 내지 분홍색의 곰팡이가 형성된 것을 확인할 수 있었으며, 병든 식물체 줄기에서 병원균을 분리하여 균학적 특징을 파악하고 배양적 특성을 검토한 결과 *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae*로 동정되었다. 따라서 본 연구에서 얻어진 결과를 가지고 이 병을 *F. solani* f. sp. *cucurbitae*에 의한 오이 근경썩음병(Crown and Foot Rot)으로 제안하고자 한다.

## References

- Armengol, J., José, C. M., Moya, M. J., Sales, R., Vicent, A. and García-Jiménez, J. 2000. *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* race 1, a potential pathogen of grafted watermelon production in Spain. *Bulletin OEPP* 30: 179–183.
- Booth, C. 1971. The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England. No. 237.
- Boughalleb, N., Tarchoun, N., Mbarki, A. E. and Mahjoub, M. E. 2007. Resistance evaluation of nine cucurbit rootstocks and grafted watermelon (*Citrullus lanatus* L.) varieties against *Fusarium* wilt and *Fusarium* crown and root rot. *J. Plant Sci.* 2: 102–107.
- Castroagudin, V. L., Correll, J. C. and Cartwright, R. D. 2009. First report of fruit rot of pumpkin caused by *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* in Arkansas. *Plant Dis.* 93: 669.
- Gómez, J., Guerra-Sanz, J. M., Sánchez-Guerrero, M. C. and Serrano, Y. 2008. Crown rot of *Zucchini squash* caused by *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* in Almería Province, Spain. *Plant Dis.* 92: 1137.
- Lee, J. M. 1989. On the cultivation of grafted plants of *Cucurbitaceae* vegetables. *Hort. Envir. Bio.* 30: 169–179. (In Korean)
- Li, B. J., Liu, Y., Sh, Y. X. and Xie, X. W. 2010. First report of crown rot of grafted cucumber caused by *Fusarium solani* in China. *Plant Dis.* 94: 377.
- Nelson, P. E., Toussoun, T. A. and Marasas, W. F. O. 1983. *Fusarium* Species, an Illustrated Manual for Identification. pp. 146–150. The Pennsylvania State University, USA.

The Korean Society of Plant Pathology. 2009. List of Plant Diseases in Korea. 5th ed., Suwon, Korea. 853 pp. (In Korean)

White, T. J., Bruns, T., Lee, S. and Taylor, J. W. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA

genes for phylogenetics. In: PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications, ed. by M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, and T. J. White, pp. 315–322. Academic Press, Inc., New York, USA.