

울무 이삭마름 증상에서 분리한 *Fusarium*속 균의 다양성 및 병원성

최효원^{1*} · 홍성기¹ · 김완규² · 이영기¹

¹농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과, ²농촌진흥청 국립농업과학원 농업미생물팀

Diversity and Pathogenicity of *Fusarium* Species Associated with Head Blight of Job's Tears

Hyo Won Choi^{1*}, Sung Kee Hong¹, Wan Gyu Kim² and Young Kee Lee¹

¹Crop Protection Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

²Agricultural Microbiology Team, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

(Received 16, November 2011., Accepted 21, November 2011)

ABSTRACT: Job's tears (*Coix lacryma-jobi*) is native to East Asia, and grains of the plant are used as health food and medicinal material. Head blight symptoms of the plant were frequently observed during disease surveys in Korea from 2006 to 2008. The symptoms were characterized as discoloration of husks, and subsequently inside of mature grains were shriveled or emptied. One hundred fifty nine isolates of *Fusarium* species were obtained from the disease symptoms of the plant collected from several locations in the country. Out of the isolates, the most frequently isolated *Fusarium* species were *F. graminearum* (34%), *F. proliferatum* (14.5%), *F. verticillioides* (10.1%), *F. equiseti* (6.9%), and *F. fujikuroi* (6.3%). Other *Fusarium* species isolated were *F. subglutinans*, *F. semitectum*, *F. poae*, and *F. sporodochioides*. Elongation factor 1 alpha gene sequences of the isolates were used for phylogenetic analysis. Analyses of the sequences revealed that the isolates were confirmed to be identical with each reference species of NCBI GenBank. Pathogenicity tests showed that *F. graminearum*, *F. proliferatum* and *F. verticillioides* were strongly virulent to grains of Job's tears. The present study is the first report of head blight of Job's tears caused by *Fusarium* species in Korea.

KEYWORDS : *Fusarium* species, Head blight, Identification, Job's tears

서 론

울무(*Coix lacryma-jobi* var. *mayuen* (Roman.) Stapf)는 화분과에 속하는 1년생 초본식물로 한국, 중국, 일본을 비롯한 아시아 지역에서 주로 재배되고 있다(김 등 1997). 울무쌀은 울무의 종실을 도정한 것으로 여러 가지 약효성분들이 함유되어 있어 과거부터 환자식으로 많이 이용하여 왔으며, 근래에는 건강식품이나 울무차 등으로 소비되고 있는 추세이다(류 등, 2002).

국내에서 보고된 울무 병해로는 *Bipolaris coicis*에 의한 잎마름병, *Septoria* sp.에 의한 잎마름병, *Ustilago coicis*에 의한 갸부기병이 있다(한국식물병리학회, 2009). 특히 생육 중에는 잎마름병으로 인하여 불임립과 미숙립이 많이 생기고, 수량 감소에 영향을 미치는 것으로 보고 된 바 있다(김과 이, 1998). 또한 일본에서는 *Pyricularia oryzae*에 의한 도열병, *U. coicis*에 의한 갸부기병, *Pseudocochliobolus nisikadoi*에 의한 잎마름병이 보고되어 있으며(岸, 2006), 태국에서는 *U. coicis*에 의한 갸부기병이 보고된 바 있다(Titatum et al.,

1983). 그러나 국내에서 울무에 발생하는 병으로 잎마름병과 갸부기병 외에는 보고된 바 없고, 최근 발생하는 병에 대한 조사도 부족한 실정이다.

울무에 발생하는 병을 조사하기 위하여 2006년부터 2008년까지 울무 재배 포장을 조사한 결과, 이삭이 하얗게 마르고 불임립이 발생하는 증상을 관찰하였고, 이를 채집하여 병원균을 분리한 결과 *Fusarium*균이 다수 분리되었다.

따라서 본 연구에서는 이삭마름증상이 있는 울무를 채집하고, *Fusarium*속균을 분리하여 균학적 특성을 조사하였고, 분리된 균주의 염기서열을 분석하여 국내의 울무 이삭마름증상에 관여하는 *Fusarium*균을 동정하였으며, 이들의 병원성을 확인하였다.

재료 및 방법

병원균 분리

전국의 울무 재배포장에서 이삭마름증상이 있는 울무 종실을 채집하여 병원균을 분리하였다. 부생균 오염을 막기 위하여 겉껍질을 제거하고, 내부의 종실을 1% 차아염소산나트륨을 사용하여 표면소독한 후, 살균수로 3회 세척하여

*Corresponding author <E-mail : hyon338@korea.kr>

물한천배지(water agar)에 치상하였다. 치상 5~7일 후, 자라난 균총으로부터 *Fusarium*균을 단포자 분리하여 PDA(potato dextrose agar)와 SNA(synthetic low nutrient agar) 사면배지에 옮겨 배양하였고, 이들 균주를 10°C에 보관하면서 실험에 사용하였다.

균학적 특성조사

분리한 *Fusarium*균의 균학적 특성은 PDA배지와 CLA(carnation leaf agar)배지 및 SNA배지에 균을 배양하여 조사하였다. 조사방법은 다른 연구자들(Gerlach and Nirenberg, 1982; Leslie and Summerell, 2006)의 기준에 따라 실시하였다. 배양적 특성을 조사하기 위하여 균주를 직경 5 mm의 cork borer로 잘라 PDA배지 중앙에 접종한 후, 5~7일간 25°C에서 배양한 후 생장율, 균총의 모양과 색, 배지로 확산된 색소 형성의 유무 등을 조사하였다. CLA배지는 Fisher 등(1982)의 방법으로 조제하였고, SNA배지의 구성성분은 KH_2PO_4 1.0 g, KNO_3 1.0 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 g, KCl 0.5 g, glucose 0.2 g, sucrose 0.2 g, agar 23 g, 1N NaOH 0.6 mL, DW 1000 mL이며, pH를 8~10으로 조정하고 멸균하여 조제하였다. 준비된 배지에 5 mm cork borer로 자른 균총을 치상하여 NUV(near ultra violet) 조명이 12시간/1일의 조건인 20°C의 배양기에 배양한 후, 2주후부터 대형분생포자의 모양과 크기, 소형분생포자의 형성 유무, 모양 및 크기, 경자(phialide)의 형태, 후막포자의 형성 유무 등의 형태적 특성을 조사하였다.

분리균주의 DNA 추출 및 염기서열 분석

높은 빈도로 분리된 5개 균주를 대상으로 genomic DNA를 추출하기 위해서 각 균주를 PDB(potato dextrose broth) 배지에 접종하고, 25°C에서 5~7일간 정치배양하였다. 배양된 균사체를 miracloth로 수거하고 동결건조하여 곱게 마쇄한 후 최 등(2009)의 방법인 CTAB-phenol/chloroform 추출법으로 genomic DNA를 추출하고, -20°C에 보관하면서 실험에 사용하였다.

Translation elongation factor 1- α (EF-1 α) 유전자의 염기서열 분석을 위하여 O'Donnell 등(1998)의 방법을 참고하여, EF-1(5'-ATGGGTAAGGAAGACAAGAC-3')과 EF-2(5'-GGAAGTACCAGTGATCATGTT-3') 프라이머를 사용하여 PCR 분석을 수행하였다. PCR 반응액은 100 ng/ μ L의 template DNA를 포함하여 10 $\times$ Taq buffer, 2 mM dNTPs, 10 pmole/ μ L의 양방향 primer쌍, 0.5 unit의 Taq DNA polymerase를 총량 50 μ L로 제조하였다. PCR 증폭은 94°C 30초, 50°C 30초, 72°C 90초를 35회 반복하였고, 최종적으로 72°C에서 7분간 충분히 post extension을 실시하였다. 1.0% agarose gel에 전기영동한 후 ethidium bromide로 염색하여 관찰하였다. 증폭된 band를 Wizard SV Gel & PCR Clean-Up System(Promega) kit를 사용하여 정제한 후 pGEM-T easy vector와 ligation하고, heat shock방법으로 형질전환시켜

blue-white screening법으로 형질전환체를 선별하였다. 선별된 형질전환체로부터 Wizard Plus SV Minipreps(Promega)를 이용하여 plasmid를 추출하였고, ABI 3730 DNA analyzer(Applied Biosystems)로 sequencing을 실시하였다. 분석된 염기서열은 Clustal W 소프트웨어(Thompson *et al.*, 1994)를 이용하여 정렬하였고, 여기서 nucleotide의 유사도를 계산하였다. 계통수는 MEGA 4.0 프로그램을 이용하여 neighbor-joining법에 의해 작성하였다.

병원성 검정

높은 빈도로 분리된 5개 균주를 선별하여 울무(품종 : 상강 울무)를 대상으로 병원성 검정을 수행하였다. 개화기에 포자현탁액을 분무접종하기 위하여 직경 20 cm의 플라스틱 포트에 울무 종자를 파종하여 온실에서 8주간 재배하였다. 각각의 균주를 PDA 배지에 6일간 배양한 후, 멸균수를 사용하여 포자를 긁어 2겹의 miracloth로 걸러내었다. Heamacytometer를 이용하여 포자현탁액의 농도를 10^6 spores/mL로 조정하여 울무 꽃이 개화하였을 때 50 mL의 포자현탁액을 분무 접종하였다. 접종 후, 비닐을 48시간동안 씌어 습도를 유지하였고, 접종한 부위를 표시하였다. 한 균주당 5개의 식물체를 접종하였으며, 실험은 2회 반복하여 수행하였다. 약 4~5주 후 종자를 수확하여 이병 종자율을 조사하였고, 유의성 검정은 통계프로그램인 R version 2.13.1을 이용하여 Duncan의 다중검정법으로 비교 분석 하였다.

결과 및 고찰

*Fusarium*속균의 분리

2006년부터 2008년까지 전국의 울무 재배 포장에서 이삭마름 증상이 있는 울무 이삭을 채집하였다. 이삭마름의 대표적인 병징은 이삭이 하얗게 마르면서, 종실을 맺지 못하는 증상을 나타내었고, 겉껍질을 잘라 속씨를 살펴보면 완전히 성숙하지 못하고 쭈글쭈글하였으며, 발생이 심한 포장은 약 20%의 발병율을 나타내었다(Fig. 1). 채집한 시료를 물한천배지에 치상하여 *Fusarium*균의 검출율을 조사한 결과, 시료 간에 차이는 있었으나 약 50-100% 검출되었다. 총 159개의 *Fusarium*균을 분리한 결과, *F. graminearum*이 34.0%로 가장 많이 분리되었고, *F. proliferatum*, *F. verticillioides*, *F. equiseti*, *F. fujikuroi* 순으로 분리되었다(Table 1). 그 밖에 *F. semitectum*, *F. poae*, *F. sporodochioides*, *F. subglutinans* 등이 분리되었다. Duke(1983)에 따르면, 울무에 피해를 주는 병원균으로 *Curvularia coicis*, *Diplodia coicis*, *Phyllosticta coicicola*, *Puccinia operta*와 *Fsarium*속균인 *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. moniliforme*, *F. semitectum* 등을 언급하였고, 이 외에도 Leaf-gall virus와 선충도 피해를 준다고 하였다. 이는 본 연구에서 분리한 *Fusarium*균과 대부분 일치하는 결과이다. 반면, 태국에서 각종 곡물 종자로부터 진균의 분리빈도를 조사한 결과, 울무에서

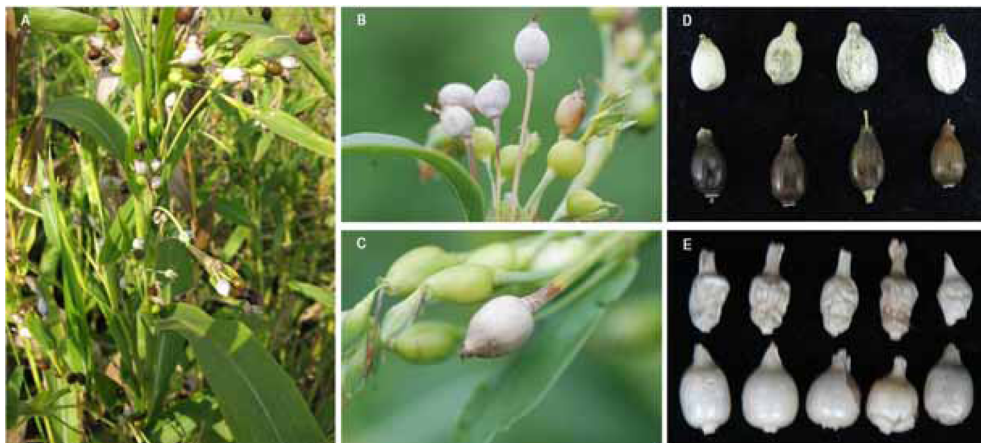


Fig. 1. Typical symptoms of head blight of Job's tears. A, symptom of whole plants in the field (Chungnam Cheonan, 2008); B and C, discoloration of husks; D and E, shelled and unshelled mature grains, respectively (upper : diseased grains, bottom : healthy grains).

Table 1. Isolation frequency(%) of *Fusarium* species from head blight on Job's tears

Species	Isolation frequency(%)			
	2006	2007	2008	Mean
<i>F. graminearum</i>	36.4	24.4	39.0	34.0
<i>F. verticillioides</i>	14.5	6.7	8.5	10.1
<i>F. proliferatum</i>	9.1	15.6	18.6	14.5
<i>F. fujikuroi</i>	3.6	8.9	6.8	6.3
<i>F. equiseti</i>	7.3	6.7	6.8	6.9
<i>F. subglutinans</i>	1.8	0.0	0.0	0.6
<i>F. semitectum</i>	5.5	4.4	5.1	5.0
<i>F. poae</i>	0.0	2.2	1.7	1.3
<i>F. sporodochioides</i>	1.8	2.2	0.0	1.3
<i>Fusarium</i> sp.	20.0	28.9	13.6	20.1
(Total isolates)	(55)	(45)	(59)	(159)

*Curvularia pallescens*가 가장 많이 분리되었으며, *F. semitectum*이 두 번째로 많이 분리되었다고 하였다(Pitt *et al.*, 1994). 이는 건전한 종자로부터 진균의 분리빈도를 조사하였고, 또한 조사된 울무 종자의 수가 적었기 때문에 부생성이 강한 *F. semitectum*만이 검출되었기 때문에 본 연구의 결과와 차이가 있는 것으로 생각된다.

균학적 특성 조사

이삭마름 증상이 있는 울무종자에서 분리한 총 159개의 *Fusarium*속 균 123개 균주를 대상으로 CLA, SNA, PDA 배지에서의 균학적 특성을 조사하여 동정하였다. 그 결과, 54개 균주가 *F. graminearum*으로 동정되었고, *F. verticillioides*가 16개, *F. proliferatum*이 23개, *F. fujikuroi*가 10개, *F.*

*equiseti*가 11개로 동정되었다(Table 2). *F. graminearum*은 밀, 보리 등 맥류에 붉은곰팡이병을 일으키며, 옥수수에는 줄기와 이삭썩음병을 일으키는 병원균이다(한국식물병리학회, 2009). 이 균은 PDA 배지에서 빨리 자라는 편이고, 기중균사를 풍부하게 형성하며, 배지에서 붉은 색소를 내는 것이 특징이다. CLA 배지에 형성된 대형포자는 5~6개의 격막을 가지고, 약간 가늘며 거의 직선 형태이며, 기부세포가 전형적인 발 모양을 나타낸다(Gerlach and Nirenberg, 1982). 소형포자는 형성하지 않으며, 후막포자는 드물거나 매우 느리게 형성된다. 형태적으로 *F. pseudograminearum*, *F. crookwellense*, *F. culmorum* 등과 비슷하여 혼동하기 쉽지만, 대형포자의 형태와 소형포자 형성의 유무 등으로 구분할 수 있다(Leslie and Summerell, 2006). *F. verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. fujikuroi*는 *Gibberella fujikuroi* (Sawada) Wollenw. 중 복합체에 속하는 균으로 소형포자가 사슬형으로 형성되고, 대형포자의 크기와 모양이 매우 비슷하여 혼동하기 쉽다(Leslie and Summerell, 2006). *F. verticillioides*는 옥수수의 이삭 및 줄기에 썩음병을 일으키는 병원균으로 단일의 경자(monophialides)에 긴 사슬형의 소형포자를 형성하는 것이 *F. proliferatum*, *F. fujikuroi*와의 차이점이다(최 등, 2009). *F. proliferatum*은 poly형태의 경자(polyphialides)에 중간 길이의 사슬형 소형포자를 형성하기 때문에 *F. verticillioides*와 구별되며, 옥수수의 줄기썩음병, 아스파라거스 뿌리썩음병 등을 일으키는 것으로 알려져 있다(한국식물병리학회, 2009). *F. fujikuroi*는 벼키다리병의 병원균이며, 형태적으로는 *F. proliferatum*과 매우 유사하여 두 종을 정확히 구분하는데는 DNA 염기서열분석이나 교배친화성 분석 등이 필요하다고 하였다(Leslie and Summerell, 2006). *F. equiseti*는 부생성이 강한 균으로 국내에서는 참외열매썩음병과 녹두뿌리썩음병을 일으킨다고 보고된 바 있다(한국식물병리학회, 2009). 대형포자의 형태가 매우 길고 가늘며, 포자의 등배면(dorsiventral)이

Table 2. Comparison of cultural and morphological characteristics between the present isolates obtained from blighted grains of Job's tears and *Fusarium* species described previously

Structure ^a		Characteristics ^b									
		<i>F. graminearum</i>		<i>F. verticillioides</i>		<i>F. proliferatum</i>		<i>F. fujikuroi</i>		<i>F. equiseti</i>	
		Present isolates	Reference	Present isolates	Reference	Present isolates	Reference	Present isolates	Reference	Present isolates	Reference
Growth rate (mm/day)		11.5	15-16	11.7	12.5-13.3	9.5	9.4-10	7.8	7-8	12.9	10-13.2
Aerial mycelium		Abundant, white	Abundant, whitish with yellow tips	Abundant, white to cream	Generally abundant, white to buff	Abundant, white to purple	Abundant, white to pinkish buff	Abundant, whitish-pale pink	Abundant, Whitish-pale pink	Abundant, whitish to brown	Abundant, whitish to peach
Microconidia	Shape	Absent	Absent	Clavate with a flattened base, oval	Clavate with a flattened base	Oval, clavate with a flattened base	Clavate with a flattened base	Clavate with a flattened base	Clavate with a flattened base	Absent	Absent
	Size (µm)	-	-	6.1-15.9 × 2.3-4.2	4-19 × 1.5-4.5	6.3-12.5 × 2.5-3.2	3-16 × 1.2-5.3	8-12.5 × 2-3	5-13 × 2.1-4.7	-	-
Macroconidia	Shape	Falcate, long and slender	Falcate, long and slender	Scarce	Slender, Slightly falcate or straight May be difficult to find	Slender, straight	Slender, straight	Slender, straight	Slender, straight	Long, dorsiventral curvature	Long, slender dorsiventral curvature
	Size (µm)	50-72.5 × 4.8-5.5	41-60 × 4.3-5.5	-	18-73 × 2-4.3	-	19-79 × 2.6-5	38-50 × 3.5-4.8	22-59 × 2.5-4.7	52.4-62.8 × 4.2-5.5	45-70 × 4-5.5
Phialides	Shape	Monophialide	Monophialide, cylindric	Always monophialide, slender	Always monophialide, slender	Polyphialides	Sometimes monophialide very often polyphialides	Mostly monophialide, sometimes polyphialide	Mostly monophialide, sometimes polyphialide	Monophialide	Monophialide, usually short
	Size (µm)	-	-	16.7-28.1 × 2.2-3.0	14-32 × 2.0-3.5	17-27 × 2.5-2.7	11-32 × 2.3-3.5	-	12-32 × 2.2-4.0	-	10-15 × 3-4
Chlamydospores		Absent	Usually rather scarce	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Abundant	Usually abundant

^aGrowth rate and aerial mycelium were investigated on PDA plates incubated in darkness at 25°C for a week. Other structures were investigated on CLA plates incubated in alternating cycles of 12 h NUV light and 12 h darkness at 22°C for 2 weeks.

^b*F. graminearum*, *F. proliferatum*, *F. verticillioides*, *F. fujikuroi* and *F. equiseti* described by Gerlach and Nirenberg(1982).

굽어있는 것이 특징이다. 소형포자는 형성하지 않고, 후막 포자가 풍부하게 형성된다(Gerlach and Nirenberg, 1982).

염기서열분석

*Fusarium*속균의 종간 구별에는 여러 가지 유전적 마커 중 translation elongation factor 1- α (TEF) 유전자가 가장 적당하다고 평가되고 있다(Geiser *et al.*, 2004). 이를 이용하여 율무 이삭마름 증상에서 분리한 *Fusarium*균을 분석한 결과, 분리한 균주 모두 NCBI에 등록된 각각의 균과 98% 이상의 상동성을 나타내었다(Fig. 2). 이와 같이 균주의 형태적 특성에 의한 동정결과와 유전자의 염기서열분석 결과가 일치하는 것으로 나타났다. 각각의 균주 *F. graminearum* CF513은 JN090159, *F. proliferatum* CF512는 JN090160, *F. fujikuroi* CF465는 JN090161, *F. equiseti* CF655는 JN090162, *F. verticillioidea* CF554는 JN090163의 accession number로 GenBank에 등록하였다.

병원성 검정

이삭마름 증상을 나타낸 율무에서 분리한 *Fusarium*균 중에서 분리빈도가 높은 *F. graminearum*, *F. verticillioidea*, *F. proliferatum*, *F. fujikuroi*, *F. equiseti* 등 5개 균주를 선발하여 2회에 걸쳐 병원성 검정을 수행한 결과, *F. graminearum*과 *F. proliferatum*이 병원성이 강한 것으로 나타났다(Table 3). *F. verticillioidea*인 CF554는 두 번의 실험에서 모두 대조구와 차이가 있어 병원성이 있는 것으로 확인되었으나, CF465(*F. fujikuroi*)와 CF655(*F. equiseti*)의 경우 두 번의

Table 3. Pathogenicity of *Fusarium* species from Job's tears by artificial inoculation

Isolate	<i>Fusarium</i> species	% of infected grains ^a			
		Experiment 1	Experiment 2	Experiment 1	Experiment 2
CF 513	<i>F. graminearum</i>	63.7	a	55.4	a
CF 512	<i>F. proliferatum</i>	58.5	a	53.1	a
CF 554	<i>F. verticillioidea</i>	29.6	b	26.5	b
CF 465	<i>F. fujikuroi</i>	28.0	b	17.2	bc
CF 655	<i>F. equiseti</i>	23.4	bc	21.4	b
Control		10.8	c	9.6	c

^aMeans followed by the same letters in the columns were not significantly different by DMRT at $P = 0.05$

실험 중 한 번은 유의차가 없는 것으로 나타났으므로 이에 대한 검토가 필요할 것으로 생각된다. 한편, 대조구의 경우에도 각각 10.8%와 9.6%의 이병증자율을 나타내었는데, 이것은 멸균수를 분무하고 비닐을 씌우는 과정에서 발생한 오염 때문인 것으로 생각된다. *F. graminearum*은 밀, 보리, 벼, 귀리 등 화곡류의 이삭마름병을 일으키는 대표적인 병원균으로 주로 고온, 다습한 지역에서 발생이 많으며 수량손실과 deoxynivalenol과 같은 독소를 생산하여 피해를 주는 균이다(Goswami and Kistler, 2005; Parry *et al.*, 1995). *F. proliferatum*은 옥수수 이삭적음병과 관련된 병원균으로 fumonisin 등의 독소를 생성하며, 아르헨티나에서 귀리의 이삭마름병을 일으키는 병원균으로 보고된 바 있다(Stenglein *et al.*, 2010). 따라서 율무에서 분리한 *Fusarium*균에 대해서도 독소 생성에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

적요

율무(*Coix lacryma-jobi*)는 동아시아에 자생하는 작물로, 종실은 주로 건강식품이나 의약용으로 사용되고 있다. 2006년부터 2008년까지 국내 율무 재배 지역에서 이삭마름 증상이 관찰되었다. 병징은 겉껍질이 변색되고, 내부의 속씨는 마르고 쭉정이가 되는 것이다. 159개의 *Fusarium*균을 분리하였고, 분리 빈도별로 *F. graminearum*(34%), *F. proliferatum*(14.5%), *F. verticillioidea*(10.1%), *F. equiseti*(6.9%), *F. fujikuroi*(6.3%) 순으로 분리되었고, 그 밖에 *F. subglutinans*, *F. semitectum*, *F. poae*, *F. sporodochioides*가 분리되었다. 분리균주의 elongation factor 1 alpha 유전자의 염기서열 분석을 통한 계통분석을 수행한 결과, NCBI GenBank에 등록된 균주와 동일한 것을 확인하였다. 분리균주의 병원성 검정을 수행한 결과, *F. graminearum*, *F. proliferatum*, *F. verticillioidea*가 병원성이 강하였다. 이 연구는 *Fusarium*균에 의해 발생한 율무 이삭마름 증상에 대한 첫 번째 보고이다.

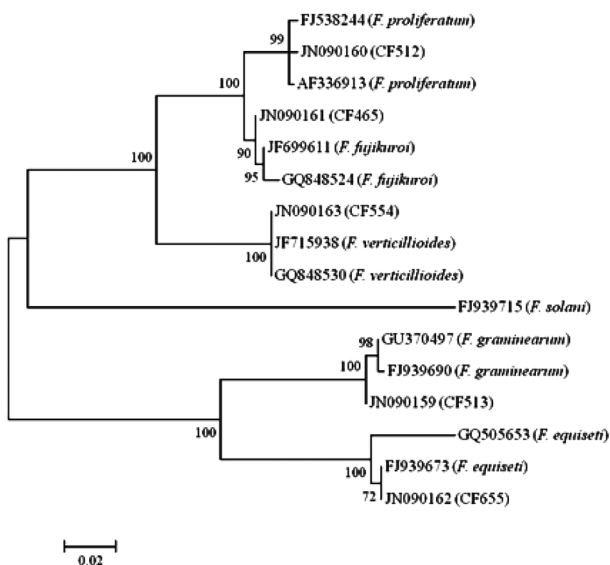


Fig. 2. A neighbor-joining tree derived from sequences of EF-1 α region of *Fusarium* species. Numbers on nodes represent bootstrap values(%) from 1000 replicates. A phylogenetic tree was conducted using MEGA 4.0 with kimura-2 parameter model. The letters in parentheses refer to *Fusarium* species or isolate numbers.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ0069422011)의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 김성기, 김기우, 홍순성, 박은우, 양장석, 김윤정. 1997. 율무 잎마름병을 일으키는 *Bipolaris coicis*의 분리 및 동정. 한국균학회지 25(4): 291-296.
- 김지수, 이두형. 1998. 율무에 잎마름 증상을 일으키는 *Bipolaris coicis*, *B. cynodontis*, *B. maydis* 및 *Curvularia lunata*의 종자 전염. 한국식물병리학회지 14(4): 287-293.
- 류수노, 이봉호, 강삼식. 2002. 자원식물학. 한국방송통신대학교출판부. 210-211.
- 岸 國平. 2006. 日本植物病害大事典. 全國農村教育協會. pp.88.
- 최효원, 김정미, 김진희, 홍성기, 김완규, 천세철. 2009. 옥수수 이삭썩음병에 관여하는 *Fusarium*속균의 동정. 한국균학회지 37(2): 121-129.
- 한국식물병리학회. 2009. 한국식물병명목록. 제5판. 한국식물병리학회. 278-279.
- Duke, J. A. 1983. Handbook of energy crops : *Coix lacryma-jobi*. Purdue University, USA.
- Fisher, N. L., Burgess, L. W., Toussoun, T. A. and Nelson, P. E. 1982. Carnation leaves as a substrate and for preserving cultures of *Fusarium* species. *Phytopathology* 72(1): 151-153.
- Geiser, D. M., Jimnez-Gasco, M. M., Kang, S., Makalowska, I., Veeraraghavan, N., Ward, T. J., Zhang, N., Kuldau, G. A., and O'Donnell, K. 2004. *Fusarium-ID v. 1.0: A DNA sequence database for identifying Fusarium*. *European Journal of Plant Pathology* 110:473-479.
- Gerlach, W. and Nirenberg, H. 1982. The genus *Fusarium* - A pictorial atlas. (*Mitteilungen aus der biologischen Bundesanstalt Fr Land - und Forstwirtschaft (Berling-Dahlem)* 209:1-405.
- Goswami, R. S. and Kistler, H. C. 2005. Heading for disaster: *Fusarium graminearum* on cereal crops. *Molecular Plant Pathology* 5:515-525.
- Leslie, J. F. and Summerell, B. A. 2006. The *Fusarium* laboratory manual. Blackwell publishing. 1-388.
- O'Donnell, K., Kistler, H. C., Cigelnik, E. and Ploetz, R. C. 1998b. Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: Concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 95:2044-2049.
- Parry, D. W., Jenkinson, P. and McLeod, L. 2007. *Fusarium* ear blight(scab) in small grain cereals. *Plant Pathology* 44:207-238.
- Pitt, J. I., Hocking, A. D., Bhudhasamai, K., Miscamble, B. F., Wheeler, K. A. and Tanboon-Ek, P. 1994. The normal mycoflora of commodities from Thailand. 2. Beans, rice, small grains and other commodities. *International Journal of Food microbiology* 23:35-53.
- Stenglein, S. A., Dinolfo, M. I., Moreno, M. V. and Galizio, R. 2010. *Fusarium proliferatum*, a new pathogen causing head blight on oat in Argentina. *Plant Dis.* 94:783.
- Titatarn, S., Chiengkul, A., Unchalasangkas, D., Chamkrachang, W., Chwe-Chin, N. and Chandrasrikul, A. 1983. Occurrence of *Ustilago coicis* on *Coix lacryma-jobi* in Thailand. *Plant Disease* 67:434-435.
- Thompson, J. D., Higgins, D. G. and Gibson, T. J. 1994. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequences alignment through sequences weighting, position specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic acids Res.* 22:4673-4680.