한국식물병리학회지 14(5) : 463-466(1998)
Korean J. Plant Pathol. 14(5) : 463-466(1998)

접목선인장 줄기썩음병균, *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyd. & Hans.의 균학적 특성과 병원성

현익화* · 이상덕[1] · 이영희 · 허노열
농업과학기술원 해외병해충과
[1]경기도농업기술원 고양선인장시험장

Mycological Characteristics and Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyd. & Hans. Causing Stem Rot of Cactus

Ik Hwa Hyun*, Sang Dok Lee[1], Young Hee Lee and Noh Youl Heo
Overseas Pest Division, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea
[1]Koyang Cactus Experiment Station, Kyonggi Provincial Rural Development Administration, Koyang 411-450, Korea

ABSTRACT: A *Fusarium* species was isolated from stems of cactus(*Hylocereus trigonus*) showing rot symptoms at Koyang, Kyonggi province in 1997. This pathogen was identified as *Fusarium oxysporum* based on mycological characteristics. The rot symptom appeared at the soil line and roughly circular lesions, 1~3 mm in diameter, appeared on basal stems. The pathogen formed both microconidia and macroconidia. Microconidia were formed abundantly in false-heads on short monophialides, oval to kidney-shaped. Macroconidia were slightly sickle-shaped, 3~5-septated with an attenuated apical cell and a foot-shaped basal cell. Colony color on PDA was white, peach or purple. Chlamydospores were formed abundantly on PDA. The pathogen was able to cause stem rot symptoms to cactus by wound inoculation as well as non-wound inoculation.

***Key words*: cactus, *Fusarium oxysporum*, stem rot.**

우리나라에서 재배중인 선인장은 접목선인장, 기둥선인장, 구형선인장 그리고 부채선인장이 있는데 주로 접목선인장이 경제적으로 널리 재배되고 있다. 접목선인장은 삼각주 대목에 비모란, 산취 등을 접목시켜 재배하는 것으로서 국산 접목선인장은 품질이 우수하여 국제시장 점유율이 60~70%에 이른다(10). 우리나라에서 선인장에 발생하는 진균병은 *Fusarium oxysporum*에 의한 줄기썩음병, *Rhizoctonia solani*에 의한 밑둥썩음병 그리고 *Bipolaris cactivora*에 의한 Bipolaris 줄기썩음병이 기록되어 있다(3, 5). 그런데 이중 줄기썩음병과 밑둥썩음병은 화훼병해원색도감(7)의 기록에 근거한 것으로서 병의 발생과 병징, 병원균에 대한 기술이 충분하지 않고 병원성에 관한 검토가 이루어져 있지 않은 실정이다. 1997년 5월 경기도 고양시 선인장 재배 농가 포장에서 비모란을 접목시킨 삼각주 줄기에 원형의 반점이 생기고 심하면 썩게 되는 병이 발생하여 이병주율 90%의 심한 피해를 초래하였다. 본 실험에서는 줄기썩음병징을 보이는 접목선인장의 병반부에서 병원균을 분리하고 분리된 병원균의 균학적 특성과 병원성에 대한 검토를 하였다.

*Corresponding author

재료 및 방법

병원균 분리. 이병포장에서 채집한 접목선인장 줄기썩음 병징에서 병 진전부위를 약 5×5 mm 크기로 자르고 1% 차아염소산나트륨(NaOCl)용액에 30~60초간 침지하여 표면살균하고 살균수로 씻은 후 1.5% 물한천배지에 치상하여 25℃의 항온기에서 배양하였다. 배양 3일 후 균사의 선단을 떼어 카네이션잎배지(carnation leaf-piece agar, CLA)에 이식하고 카네이션잎에 형성된 분생포자좌의 대형분생포자를 Burgess 등(2)의 방법으로 단포자 분리하여 CLA 사면배지에 옮기고 25℃ 항온기에서 3일간 배양한 다음 4℃ 냉장고에 보관하고 실험에 사용하였다.

병원균 동정. 분리균의 동정에는 Nelson 등(9)과 Booth(1)의 방법을 이용하였다. 균일한 형태의 분생포자를 얻기 위하여 분리균을 CLA에 이식하고 12시간 간격으로 명암이 교차되는 항온기에서 7~10일간 배양한 후

해부현미경으로 균의 생육특성을 관찰하고, 분생포자좌와 false-head가 포함된 균체를 취하여 광학현미경으로 대형분생포자와 소형분생포자, 분생포자경의 형태를 관찰하였다. 배양 특성을 조사하기 위하여 감자한천배지(potato dextrose agar, PDA)에 균을 이식하고 25℃ 항온기에서 배양하면서 균총의 착색을 관찰하였고 아울러 후막포자의 형성 여부도 관찰하였다.

병원성 검정. 병원성 검정은 원예연구소에서 분양받

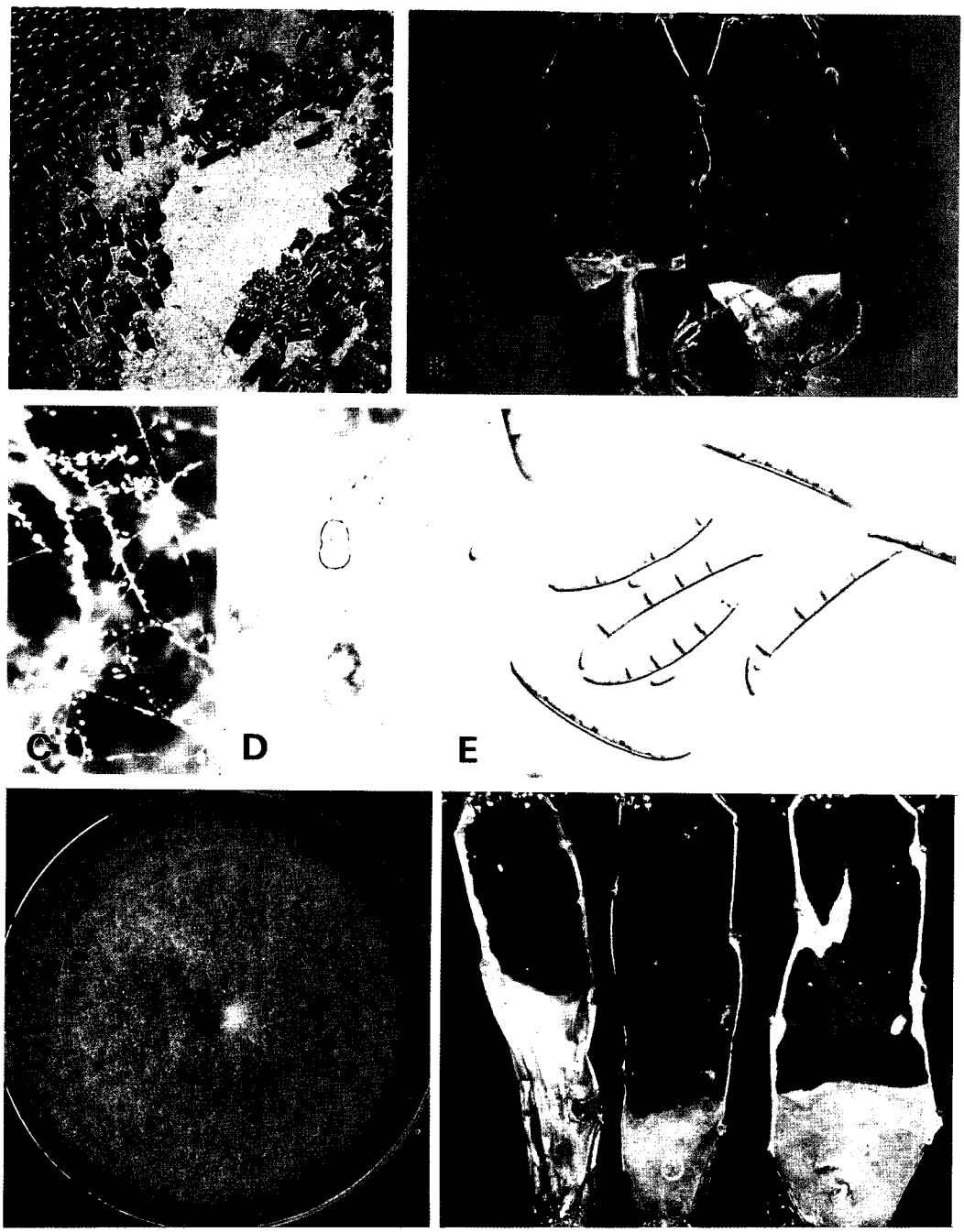

Fig. 1. Symptoms of cactus stem rot caused by *Fusarium oxysporum* and mycological characteristics of the pathogen. A : A infected field of cactus, B : Symptom of stem rot with circular lesions (right) and detached symptom of papery dried lesion except center portion of the stem (left), C : False-heads on short monophialides of hyphae (×50), D : Chlamydospores formed intercalary (×400), E : Macroconidia and microconidia (×640), F : Colony morphology on PDA producing peach color, G : Symptoms of stem rot at 21 days after wound inoculation (left, middle) and non-wound inoculation (right).

Table 1. Mycological characteristics of *Fusarium oxysporum* isolated from stem rot symptom of cactus (*Hylocereus trigonus*)

	This study	Nelson(9)	Booth(1)
Microconidia			
shape	oval to kidney-shaped	oval to kidney-shaped	oval to ellipsoid
size	6~14×2~4 μm	-	5~12×2.2~3.5 μm
Macroconidia			
shape	slightly sickle-shaped	slightly sickle-shaped	fusoid to subulate
apical cell	attenuated	attenuated	-
basal cell	foot-shaped, notched	foot-shaped	-
size	24~44×3~4 μm	-	27~60×3~5 μm
No. of septum	3~5	-	3~7
Conidiophore	monophialide	monophialide	monophialide
Chlamydospore	present	present	present
Colony on PDA	white, peach, purple tinge	white, purple tinge	white, peach, purple tinge

은 삽목 후 두달이 경과한 건전한 접목선인장(품종 : 비모란)을 이용하여, 상처와 무상처 접종을 하였다. 선인장 뿌리의 흙을 깨끗이 제거하고, 상처접종용 선인장은 줄기 밑 0.5~1 cm 지점에 살균된 침으로 1개의 상처를 만들었다. 병원균 접종은 포자농도가 2×10^5 cell/ml로 조절된 포자현탁액에 선인장 줄기 밑이 2~3 cm 정도 잠기게 하여 30분간 침지한 후 소독한 모래토양이 담겨있는 사각폿트에 심고 온실에서 3주간 재배한 다음 병발생을 조사하였다.

결 과

병징. 접목선인장의 지제부 아래 부분, 즉 토양에 심겨져 있는 부분에서 병징이 관찰되었다. 최초의 병징은 직경 1 mm 내외의 붉은색을 띠는 작은 반점으로서 이것이 커지면 직경 2~3 mm의 회색 또는 회갈색의 원형 병반이 되었다. 그리고 대부분은 반점 증상과 함께 지제부 아래부분이 수침상으로 썩는 증상을 보였다. 썩음 증상은 시일이 경과되면 마르게 되어 얇은 종이처럼 변하게 되고 중앙의 유관속 조직 부분만 남기고 탈락하기도 하였다(Fig. 1A, B). 병원균은 원형의 반점증상과 썩음증상 모두에서 분리되었다.

병원균 동정. 분리균주의 소형분생포자는 짧은 monophialide의 false-head에 대량으로 형성되었다(Fig. 1C). 대부분 격막이 없고, 난형 또는 콩팥 모양으로 크기가 6~14×2~4 μm 이었다. 대형분생포자는 옅은 오렌지색의 분생포자좌에 대량으로 형성되었다. 크기는 24~44×3~4 μm 이었고, 형태는 낫모양 또는 거의 곧은 모양으로 격막은 주로 3개인데 4개 또는 5개인 것도 관찰되었다(Fig. 1E). 대형분생포자의 정단세포는 가늘어지고 기부세포는 발모양 또는 층이 진 모양(notched shape) 이었다. 후막포자는 PDA에서 배양 2주일경에 관찰이 되었는데, 균사의 중간 또는 끝에 한개 또는 최대 6개의 세포가 체인으로 형성된 후막포자를 관찰할 수 있었다(Fig. 1D). PDA에서의 균총 색은 배양초기에는 흰색 또는 복숭아색을 띠었으며 배양 3주경에는 자주빛을 띠는 균주도 있었다(Fig. 1F). 이와 같은 특성에서 분리균주는 *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyd. & Hans.으로 동정되었다(Table 1).

Table 2. Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* isolates to cactus (*Hylocereus trigonus*) at 21 days after inoculation

Isolate	Non-wounded	Wounded	Check
CF11	7/10[a]	10/10	0/5
CF14	6/10	10/10	0/5

[a] No. of plants with lesions / No. of plants in treatment.

병원성 검정. 분리한 병원균 2균주를 접목선인장에 상처와 무상처 접종한 결과는 Table 2와 같다. 상처접종한 선인장은 접종 3일후부터 원형반점이 생기기 시작하여 10일경에는 썩음증상으로 진전되었다(Fig. 1G). 무상처 접종한 선인장은 접종 7일부터 붉은반점이 형성되고 접종 14일경부터 썩음증상이 형성되기 시작하였다. 접종에 사용한 2균주 모두 병원성이 확인되었으며, 선인장의 원형반점 병징과 썩음병징 모두에서 병원균이 재분리되었다.

고 찰

경기도 고양시 선인장 농가 포장에서 썩음증상을 일으키는 접목선인장의 병반부에서 분리한 병원균을 Nelson 등(9)과 Booth(1)의 분류체계를 이용하여 동정한 결과 *Fusarium oxysporum*으로 동정되었다. *F. oxysporum*은 균학적 특성이 *F. solani*, *F. subglutinans*와 유사하나 *F. solani*는 소형분생포자를 긴 monophialide에 형성하고 소형분생포자와 대형분생포자의 형태에 차이가 있으며 *F. subglutinans*는 polyphialide에 소형분생포자를 형성하고 후벽포자가 존재하지 않는 차이점이 있다. *F. oxysporum*은 일반적으로 도관장애에 의한 시들음병, 모잘록병, 관부

와 뿌리썩음병을 일으키는데(2), 접목선인장에는 줄기에 작은반점과 썩음병징을 나타내는 특징을 갖고 있다. 주로 줄기 아래부분에 생기는 직경 1~3 mm의 둥근 반점은 썩음증상으로 이어지기도 하지만 썩음병징 없이 반점만 형성되는 경우도 있다. 반점증상이 썩음 증상으로 진전되는 데는 토양의 과습조건과 관련이 있는 것으로 추측되나 더 검토를 필요로 한다. 접종시험결과 상처접종 뿐만 아니라 무상처 접종에서도 병징이 나타나, 상처가 병발생에 필수 불가결한 조건은 아님을 알 수 있었다. 이 병은 미국에서는 크리스마스선인장(*Zygocactus truncatus*)에 basal stem rot(4,8), 일본에서는 선인장 부패병(6)으로 보고되어 있다. *Fusarium oxysporum*에 의한 선인장 줄기썩음병은 우리나라에 발생하는 것으로 기록되어 있는데(5), 이는 화훼병해 원색도감(7)의 기록에 근거한 것으로서 병의 발생과 병징 그리고 병원균에 대한 기술이 충분하지 않으며 병원균의 병원성에 대한 언급이 안되어 있다. 우리나라 접목선인장의 대부분은 수출용이므로 줄기에 아주 작은 반점병징만 있어도 수출이 불가능하게 되어 재배농가의 커다란 경제적 손실이 된다. 그러므로 이 병의 발생생태 및 방제에 관한 연구가 이어져야 하겠다. 미국에서는 이 병의 방제를 위해 적절한 물관리와 베노밀 또는 클로로타로닐의 예방적 약제살포를 추천하고 있다(4). 저자들이 예비시험으로 밧사미드입제로 토양소독한 결과 이 병에 대해 94%의 높은 방제효과가 있었는데 앞으로 체계적인 연구가 요구된다.

요 약

1997년 경기도 고양지역의 줄기썩음증상을 보이는 접목선인장에서 병원균을 분리하고 균학적 특성을 조사한 결과 *Fusarium oxysporum*으로 동정되었다. 병징은 줄기의 지제부 아래부분에 작은 원형 반점이 형성되고 심하면 썩게 되었다. 병원균은 소형분생포자와 대형분생포자를 형성하였는데, 소형분생포자는 난형 또는 콩팥모양으로 짧은 monophialide에 형성되었고 대형분생포자는 격막이 3~5개로서 낫모양이었다. PDA에서의 균총은 흰색, 복숭아색 또는 자주빛을 띠었고 후막포자를 많이 형성하였다. 병원성 검정결과 상처접종과 무상처접종에서 모두 줄기썩음병징을 나타내었다.

참고문헌

1. Booth, C. 1971. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England. 235pp.
2. Burgess, L. W., Summerell, B. A., Bullock, S., Gott, K. P. and Backhous, D. 1994. Laboratory manual for *Fusarium* Research. University of Sydney and Royal Botanic Gardens. Sydney. 133pp.
3. Chang, M., Hyun, I. H. and Lee, Y. H. 1996. Occurrence of Bipolaris stem rot on cactus by *Bipolaris cactivora* (Petrak) Alcorn in Korea.(Abstr.) *Korean J. Plant Pathol.* 12 : 482.
4. Chase, A. R. 1992. Compendium of ornamental foliage plant diseases. APS Press, Minnesota. 92pp.
5. 한국식물병리학회. 1998. 한국식물병명목록(제 3 판). 한국식물병리학회. 436pp.
6. 岸國平. 1988. 作物病害事典. 全國農村教育協會. 東京. 943pp.
7. 이은종, 이영희, 조원대, 김완규, 유화영. 1989. 화훼병해원색도감. 농업기술연구소. pp. 123-126.
8. Moorman, G. W. and Klemmer, R. A. 1980. *Fusarium oxysporum* causes basal stem rot of *Zygocactus truncatus*. *Plant Disease* 64 : 1118-1119.
9. Nelson, P. E., Toussoun, T. A. and Marasas, W. F. O. 1983. *Fusarium* species, an illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press, University Park and London. 193pp.
10. 농림부. 1998. '97 화훼 재배 현황. 농림부. 210pp.

(Received October 2, 1998)