

Fusarium spp.에 의한 호접란과 풍란류에 발생하는 뿌리 및 줄기부식증병

김진원* · 천세철¹

서울시립대학교 환경원예학과, ¹건국대학교 분자생물학과

Root and Basal Stem Rot of Moth Orchid (*Phalaenopsis* spp.), Pung-nan (*Neofinetia falcata*) and Nadopung-nan (*Aerides japonicum*) Caused by *Fusarium* spp.

Jin-Won Kim* and Se-Chul Chun¹

Department of Environmental Horticulture, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

¹Department of Molecular Biotechnology, College of Life and Environmental Sciences,

Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

(Received on March 2, 2007)

Root and basal stem rot disease occurred on moth orchid (*Phalaenopsis* spp.), Pung-nan (*Neofinetia falcata*) and Nadopung-nan (*Aerides japonicum*) grown in the farmers' greenhouses located in Namyangju Kyonggi province, Korea during 2005 to 2006. Wilting symptoms occurred on these orchard plants at initial stage and the infected plant leaves turned yellow to red. The discolored leaves were fallen down to lead to eventual death of the entire plant. A total of 59 isolates of *Fusarium* spp. was obtained from roots and leaf bases of the diseased plants. The cultural and morphological characteristics of isolated *Fusarium* spp. were identified as *Fusarium oxysporum*, *F. proliferatum* and *F. solani*. *F. oxysporum* and *F. proliferatum* were isolated from all these orchard plants but *F. solani* was isolated only from *Phalaenopsis* spp. Pathogenicity of the three *Fusarium* spp. was confirmed by artificial inoculation. Although *F. oxysporum*, *F. proliferatum* and *F. solani* causing root rot disease in *Phalaenopsis* spp. have been reported in Korea, the pathogens in *N. falcata* and *A. japonicum* were not reported yet. Therefore, this is the first report on the root and stem rot of *N. falcata* and *A. japonicum* caused by *F. oxysporum* and *F. proliferatum* in Korea.

Keywords : *Fusarium* spp., Moth orchid (*Phalaenopsis* spp.), Nadopung-nan (*Aerides japonicum*), Pung-nan (*Neofinetia falcata*), Root and basal stem rot

난은 난초과(*Orchidiaceae*) 단자엽식물로 전 세계적으로 약 100속(genus) 35,000종(species)이 분포하고 있으며, 국내에는 110여종이 자생하는 것으로 알려져 있다(Lee, 2002). 이 중에서 상업적으로 널리 이용되고 있는 것으로는 동양란인 춘란(*Cymbidium goeringii*), 한란(*C. kanran*), 석곡(*Dendrobium* spp.), 풍란(*Neofinetia* spp.)이, 양란으로는 심비디움(*Cymbidium* spp.), 호접란(*Phalaenopsis* spp.) 등이 있다(강, 1992). 호접란과 풍란류(풍란, 나도풍란)은 주로 조직배양 묘에 의해 상품성을 갖는 상태로 생육하기

에는 오랜 시간이 걸리고, 주로 시설내에서 재배됨으로 인해 재배중에 다양한 병원균으로부터 피해를 받고 있다.

미국의 경우 호접란에 대해서는 *Glomerella cingulata*에 의한 탄저병, *Nectria bulbicola*에 의한 마름썩음병(dry rot)이 수입되는 개체에서 보고되어 있고, 그밖에 *Alternaria* sp., *Curvularia lunata*, *Volutella albo-pila*, *Phyllosticta captalensis*, *Septoria selenophomoides*에 의한 잎점무늬병(leaf spot), *Botrytis cinerea*에 의한 잿빛곰팡이병(gray mold), *Fusarium oxysporum* f. sp. *cattleyae*에 의한 구경 및 뿌리썩음병(bulb and root rot), *Rhizoctonia solani*에 의한 뿌리·줄기썩음병(root and stem rot), *Sclerotium rolfsii*에 의한 기부썩음병(basal rot) 등이 보고되어 있다(Farr 등, 1989). 일본의 경우 호접란에 대하여 *Erwinia carotovora*

*Corresponding author

Phone) +82-2-2210-2664, Fax) +82-2-2210-2838

E-mail) jwkim@uos.ac.kr

에 의한 세균성 무름병(soft rot) *F. oxysporum* f. sp. *cattleyae*에 의한 부패병(腐敗病), *Collectotrichum gloeosporioides*에 의한 탄저병, *B. cinerea*에 의한 잿빛곰팡이병 등이 보고되어 있다(일본식물병리학회, 2000). 풍란류의 병에 대한 보고는 미국과 일본에서는 알려져 있지 않다.

우리나라의 경우 호접란에 발생하는 병은 *Cucumber mosaic virus*(CMV), *Odontoglossum ringspot virus*(ORSV), *Orchid fleck virus*(OFV)에 의한 괴저점무늬병(Necrotic spot)이, *Erwinia chrysanthemi*에 의한 세균성 무름병(soft rot)이, 진균에 의한 피해는 *C. gloeosporioides*에 의한 탄저병(anthrachnose), *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani*에 의한 뿌리썩음병(root rot)이 보고되어 있다. 나도풍란에 의한 병은 CMV, ORSV에 의한 바이러스병 만이 보고되어 있다(식물병리학회, 2004). 최근에는 풍란과 나도풍란에 *Sclerotium rolfsii*에 의한 균핵병(Kim 등, 2004)과 나도풍란 잿빛곰팡이병(권 등, 2006)이 보고되었다.

본 연구는 경기도 남양주시 관내의 농가에서 시들음 증상을 나타내는 호접란과 풍란류의 뿌리와 줄기부로부터 분리된 *Fusarium* spp.을 동정하고 병원성을 조사하였다.

재료 및 방법

병원균의 분리 및 동정. 남양주시 관내에 위치한 호접란과 풍란 및 나도풍란을 재배하고 있는 12개 농가(Table 1)를 주기적으로 방문하여 시들음 증상을 나타내는 호접란과 풍란개체를 수집하였다. 병원균의 분리를 위하여 줄기부 및 뿌리썩음 증상을 나타내는 조직을 잘라 75% EtOH와 NaOCl(유효 Cl 농도 1%) 용액으로 표면 살균하고 살균수로 3회 세척 후 살균된 여과지에서 물기를 말린 후 물한천배지(water agar, WA)에 치상하였다. 25°C 항

Table 1. Investigation areas and farms of the moth orchid (*Phalaenopsis* spp.), Pung-nan (*Neofinetia falcata*) and Nadopungnan (*Aerides japonicum*) fusarium disease surveyed during 2004 to 2005 at Namyangju, Kyonggi province in Korea

Plants	Investigation areas of Namyangju	No. of investigation farms
<i>Phalaenopsis</i> spp.	Beayang-ri, Jinkeon-eup	6
	Songneun-ri, Jinkeon-eup	1
	Jinkaun-ri, Jinkeon-eup	1
<i>Neofinetia falcata</i> and <i>Aerides japonicum</i>	Saneung-ri, Jingen-eup	1
	Dokoek-ri, Wabu-eup	1
	Ipea-dong	2
Total		12

온기에서 3일간 배양 후 형성된 균사의 선단부를 채취하여 감자한천배지(potato dextrose agar, PDA; Difco)에 옮겨 균을 순수·분리하였다. 분리된 *Fusarium*균을 PDA 배지에서 3일간 배양 후 카네이션잎한천배지(carnation leaf agar, CLA)(Fisher 등, 1982)와 PDA 배지에 치상하여, 25°C, 12시간의 광조사의 조건 하에서 CLA 배지에서는 15일 배양한 후에 생성된 균체의 분생포자경의 형태 및 대형분생포자의 모양, 크기, 격벽수, 소형분생포자의 유무, 후벽포자의 유무와 형태를 관찰하였고, PDA 배지상에서 배양하면서 균사의 성장속도, 균총의 색과 배지뒤틀면의 색소형성 등의 특성을 조사하였다. 이들 결과를 Burgess 등(1994)과 Nelson 등(1983)의 기준에 따라 동정하였다.

병원성 검정. 호접란의 줄기부 및 뿌리썩음증상으로부터 순수분리한 *F. oxysporum*(균주번호, PF4), *F. proliferatum*(균주번호, PF2), *F. solani*(균주번호, PF8) 3종의 *Fusarium* 균을 사용하여 병원성 검정을 실시하였다. 접종원의 조제는 *F. oxysporum* PF4, *F. solani* PF8, *F. proliferatum* PF2 등 3종의 *Fusarium*균을 CLA 배지에서 14일 동안 25°C에서 배양한 petri-dish에 멸균된 0.5% Tween 20 용액을 넣어 멸균 면봉으로 긁어낸 뒤, 멸균 가재를 이용하여 균사체를 걸러내고 포자현탁액(각각 2.6×10^6 , 3.4×10^6 , 1.0×10^6 spores/ml)을 만들어 처리구의 각 포트 당 5 ml씩 접종하였다. 각각 호접란, 풍란, 나도풍란에 접종한 후 25°C의 습실상(dew chamber)에서 48시간 처리 후 서울시립대학교 벤로온실 내 재배용 배지에서 재배하면서 건전구와 비교하여 발병 여부를 조사하였다. 발병정도는 4단계의 발병지수(0=무발병, 1=하엽시들음증상, 2=하엽이 고사되거나 낙엽, 3=전체식물의 고사)로 조사하였다. 본 시험에 사용한 풍란과 나도풍란은 조직배양실에서 배양된 후 순화되어 나온 지 1년된 유묘이며, 호접란은 조직배양된 유묘를 사용하였다. 관리방법으로 관수는 일반농가에서 관리하는 방식과 동일하게 두상관수를 실시하였으며, 비배관리는 재배농가에서 사용하는 피터스(20-20-20)를 2주 간격으로 물에 3,000배 희석하여 관수하였다. 처리구별 시험묘 배치는 트레이에 호접란, 풍란, 나도풍란을 3분씩 3반복으로 배치하였고, 동일한 트레이에 호접란, 풍란, 나도풍란을 3분씩 따로 배치하였다. 본 실험은 2006년 5월부터 8월에 걸쳐 수행하였다.

결 과

병징. *Fusarium* spp.에 의해 호접란에 나타나는 특징적인 병징은 초기에는 그 증상을 뚜렷하게 볼 수는 없었으나 건전 개체에 비해 활력이 떨어지고 다소 시들음 증

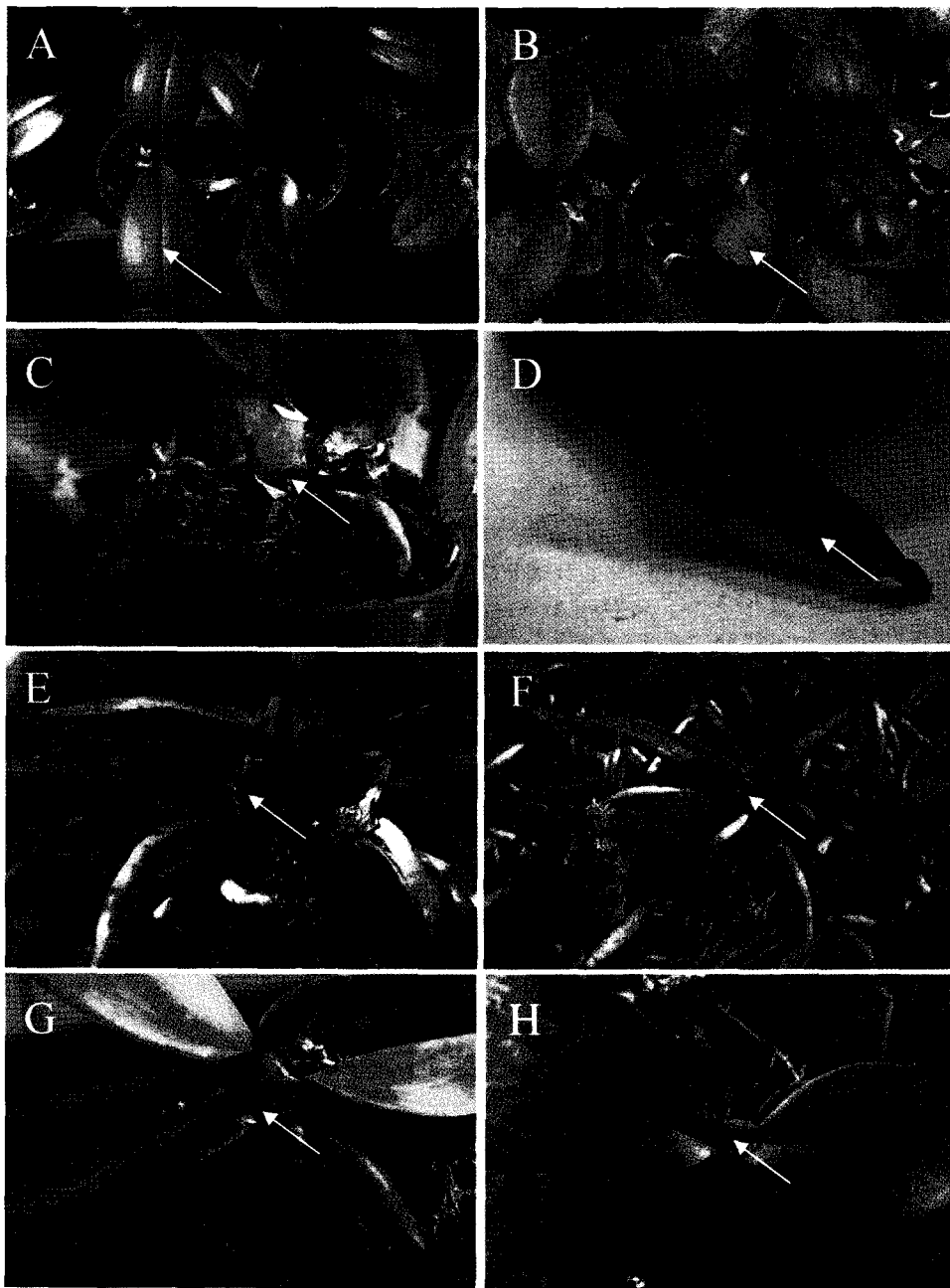


Fig. 1. Root and basal stem rot symptoms caused by *Fusarium* spp. on moth orchid (*Phalaenopsis* spp.), *Neofinetia falcata* and *Aerides japonicum*. (A-B) wilting symptoms and discolored lesion on basal leaf (arrow), (C) basal rot and (D) discolored lesion on vascular bundle of *Phalaenopsis* spp.; (E) basal rot and (F) shoot die of *N. falcata*; (G) basal rot and (H) shoot die of *A. japonicum*.

상이 나타나며, 특히 신초의 발달이 뚜렷하게 저하되었다 (Fig. 1A). 품종에 따라서는 피해 받은 개체의 하엽이 붉어지면서 뚜렷한 시들음 증상을 나타내기도 하였다 (Fig. 1B). 특히, 줄기 기부의 뿌리(기근)가 생성되는 자연적인 상처부위가 갈변되고 이 부위의 잎이 쉽게 떨어진다 (Fig. 1C). 이들 증상을 나타내는 개체를 수직으로 잘라 보면 지체부 부위의 도관부가 갈변되어 있었다 (Fig. 1D). 풍란

에 나타나는 병징은 지체부가 갈변하고 (Fig. 1E), 특히 신초가 말라죽으며 (Fig. 1F), 쉽게 뽑히고 그 기부는 썩어 있었다. 나도풍란의 경우에도 줄기 기부가 갈변하고 (Fig. 1G) 신초가 말라죽고, 쉽게 뽑히며 그 기부는 갈변되어 더 이상의 신초형성이 이루어지지 않았다 (Fig. 1H).

***Fusarium* spp.의 분리 및 동정.** 2004년과 2005년도에 걸쳐 호접란과 풍란의 줄기 지체부 및 뿌리썩음 증상으로

Table 2. Isolation of *Fusarium* spp. from diseased plants of moth orchid (*Phalaenopsis* spp.), *Neofinetia falcata* and *Aerides japonicum* from 2004 to 2005 at Namyangju, Kyonggi province

Host plant	Infection part of plant	Location	No. of isolates
<i>Phalaenopsis</i> spp.	Crown	Jinkeun-eup, Namyangju	18
	Root		15
<i>Neofinetiafalcata</i> and <i>Aerides japonicum</i>	Crown	Ipea-dong, Namyangju	22
	Root		4
Total			59

Table 3. Isolation of *Fusarium* spp. from diseased plants of moth orchid (*Phalaenopsis* spp.) from 2004 to 2005 at Jinkeon-eup, Namyangju, Kyonggi province

<i>Fusarium</i> spp.	Isolated plant part		No. of isolates	% of isolation
	Crown	Root		
<i>F. oxysporum</i>	3	1	4	12
<i>F. proliferatum</i>	4	1	5	15
<i>F. solani</i>	11	13	24	73
Total	18	15	33	100

부터 59개의 *Fusarium* spp.가 분리되었다(Table 2). *Fusarium* spp.는 호접란이 주로 재배되고 있는 진건읍 일대와 풍란 및 나도풍란이 주로 재배되고 있는 이패동 일대의 시들음 증상의 개체로부터 주로 분리되었다. 시들음 증상을 나타내는 호접란 잎의 도관부 갈변부위 조직과 썩음 증상을 나타내는 뿌리로부터 모두 33개의 *Fusarium* spp.가 분리되었으며(Table 3), 주로 분리된 *Fusarium* spp.을 동정한 결과 *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani* 3종으로 확인되었다. 이 중 *F. solani*가 상대적으로 분리빈도가 높았다(Table 3, 4). 시들음 증상을 나타내는 풍란과 나도풍란의 도관부 갈변부위 조직과 썩음 증상을 나타내는 뿌리로부터 모두 26개의 *Fusarium* spp.가 분리되었으며(Table 5), 주로 분리된 *Fusarium* spp.을 동정한 결과 *F. oxysporum*, *F. proliferatum* 2종으로 확인되었다. 상대적으로 *F. oxysporum*의 분리빈도가 높았다(Table 5, 6).

이들 3종의 *Fusarium* spp.들의 중요한 배양적, 형태적 특징은 *F. oxysporum*과 *F. solani*는 오래된 균사에 후벽포자를 형성하나 *F. proliferatum*는 형성하지 않아 구별되고, *F. oxysporum*과 *F. solani*는 균사로부터 monophialide에서 소형분생포자가 생성되나 *F. proliferatum*는 mono- 또는 polyphialide에서 생성되어 구별된다(Table 7). 풍란의 경우 *F. oxysporum*, *F. proliferatum* 2종으로 동정되었다. *F. solani*(유성세대; *Nectria haematococca*)의 경우 CLA 배지상에서 형성된 자낭각으로부터 자낭포자의 형성이 관찰되었다(Table 8).

Table 4. List of thirty-three isolates of *Fusarium* spp. from diseased plants of moth orchid (*Phalaenopsis* spp.)

Isolation No.	Location	<i>Fusarium</i> spp.	Infection part
PF1-1	Jinkeon-eup	<i>F. proliferatum</i>	C
PF1-2	Jinkeon-eup	<i>F. proliferatum</i>	C
PF2	Jinkeon-eup	<i>F. proliferatum</i>	C
PF3-1	Jinkeon-eup	<i>F. proliferatum</i>	C
PF3-2	Jinkeon-eup	<i>F. oxysporum</i>	C
PF4	Jinkeon-eup	<i>F. oxysporum</i>	C
PF7	Jinkeon-eup	<i>F. oxysporum</i>	C
PF8-1	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	R
PF8-2	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	R
PF13-1	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	R
PF13-2	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	C
PF13-3	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	C
PF14-1	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	R
PF14-2	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	C
PF14-3	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	R
PF14-4	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	R
PF14-5	Jinkeon-eup	<i>F. oxysporum</i>	R
PF17-2	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	R
PF21-5	Jinkeon-eup	<i>F. proliferatum</i>	R
PF22-1	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	R
PF22-2	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	C
PF26-2	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	C
PF27-1	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	R
PF29-1	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	C
PF29-2	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	C
PF29-3	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	R
PF32-1	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	C
PF33-1	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	R
PF33-3	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	C
PF36-1	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	R
PF36-2	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	R
PF36-3	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	C
PF37	Jinkeon-eup	<i>F. solani</i>	R

^aC: crown, R: root.

Table 5. Isolation of *Fusarium* spp. from diseased plants of *Neofinetia falcata* and *Aerides japonicum* from 2004 to 2005 at Namyangju, Kyonggi province

<i>Fusarium</i> spp.	Infection part of plant		No. of isolates	% of isolation
	Crown	Root		
<i>F. oxysporum</i>	21	4	25	96
<i>F. proliferatum</i>	1	-	1	4
Total	22	4	26	100

***Fusarium oxysporum*.** PDA 배지에서 균사생장이 빠르고, 기중균사의 형성이 적었으며, 균총의 색깔은 처음

Table 6. List of twenty-two isolates of *Fusarium* spp. from diseased plants of *Neofinetia falcata* and *Aerides japonicum*

Isolation No.	Location	<i>Fusarium</i> spp.	Infection part ^a
AP1	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP5-1	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP5-2	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP6	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP7-1	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP7-2	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP8-1	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP8-2	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP13	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP14-1	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP14-2	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP15	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	R
AP16	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	R
AP17	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	R
AP19	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	R
AP20-1	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP20-2	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP20-3	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP21	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP22	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP23-1	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP23-2	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP26	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP27	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP28	Ipe-dong	<i>F. oxysporum</i>	C
AP29	Ipe-dong	<i>F. proliferatum</i>	R

^aC: crown, R: root.

에는 흰색이나 배양함에 따라 점차 보라색으로 변하였다 (Fig. 2A). 분생자좌(sporodochia)는 크림색에서 오렌지색을 띠며, 배지 밑면의 색은 다양하여, 색이 없거나 짙은 보라색을 나타내었다. 소형분생포자(microconidia)는 매우 풍부하게 형성되었고 한 개의 세포로 되어 있으며, 난형(oval), 강남콩모양(kidney-shape)의 형태를 보이고 크기는 (3.6-) 4.8~8.4(-9.6)×(2.4-)2.9~3.6(-4.1)μm였다. 대형분생포자(macroconidia)(Fig. 2B)는 풍부하며, 약간 굽은 모양

Table 8. Comparison of mycological characteristics between the present isolates from root and basal stem rot of moth orchid (*Phalaenopsis* spp.) with *Nectria haematococca* (*Fusarium solani*) described previously

Structure	Present isolate ^a	<i>Nectria haematococca</i> ^b
Conidia		
Microconidia (μm)	(6.0-)7.2~19.2(-21.6) × (2.9-)3.6~4.8(-5.3)	11.0 × 3.5
Macroconidia (μm)	3~5 septa (26.4-)36~60(-66) × (4.1-)4.3~5.8	3~5 septate 43~60.6 × 4.0~6.6
Chlamydospores (μm)	present and formed singly and in pairs	6.6~11.6 × 6.0~8.6
Perithecia (μm)	-	337.1 × 283.7
Asci (Length) (μm)	62.4~84.0(av. 71.6)	ca. 80
Ascospore (μm)	9.6~13.4 × 4.8~7.2 (11.7 × 5.5)	8.0~11.8 × 4.2~6.6 (10.4 × 5.2)

^aMeasurement was made after 20~30 days of cultivation on PDA and CLA medium.^bDescribed by Morita *et al.* (1992).**Table 7.** Mycological characteristics of *Fusarium* spp. isolated from moth orchid (*Phalaenopsis* spp.), *Neofinetia falcata* and *Aerides japonicum*

Structure	Mycological characteristics ^a		
	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. proliferatum</i>	<i>F. solani</i>
Conidia			
Microconidia	abundant, generally single-celled	formed abundantly in chains from polyphialides	abundant, generally single-celled
shape	oval to kidney-shaped	oval to club-shaped with a flattened base	oval to kidney-shaped
size(μm)	(3.6-)4.8~8.4(-9.6) × (2.4-)2.9~3.6(-4.1)	(4.5-)7.0~10.0(-12.0) × 2.5~3.5	(6.0-)7.2~19.2(-21.6) × (2.9-)3.6~4.8(-5.3)
Macroconidia	abundant		
shape	sickle-shaped, with an attenuated apical cell and a foot-shaped basal cell, 3(-5) septa	slightly sickle-shaped to almost straight, 3~5(-6) septa	tick-walled, and generally cylindrical, apical cell is blunt and basal cell is round, 3~5 septa
size(μm)	(18.0-)26.4~36.0(-37.2) × 3.6~4.8	(28-)43.0~65.0 × 2.4~4.8	(26.4-)36~60(-66) × (4.1-)4.3~5.8
Conidiophores	monophialide	mono- and polyphialide and monophialide on branched conidiophores in the sporodochia	monophialide
Chlamydospores	present and formed singly and in pairs	absent	present and formed singly and in pairs

^aMeasurement was made after 20~30 days of cultivation on PDA and CLA medium.

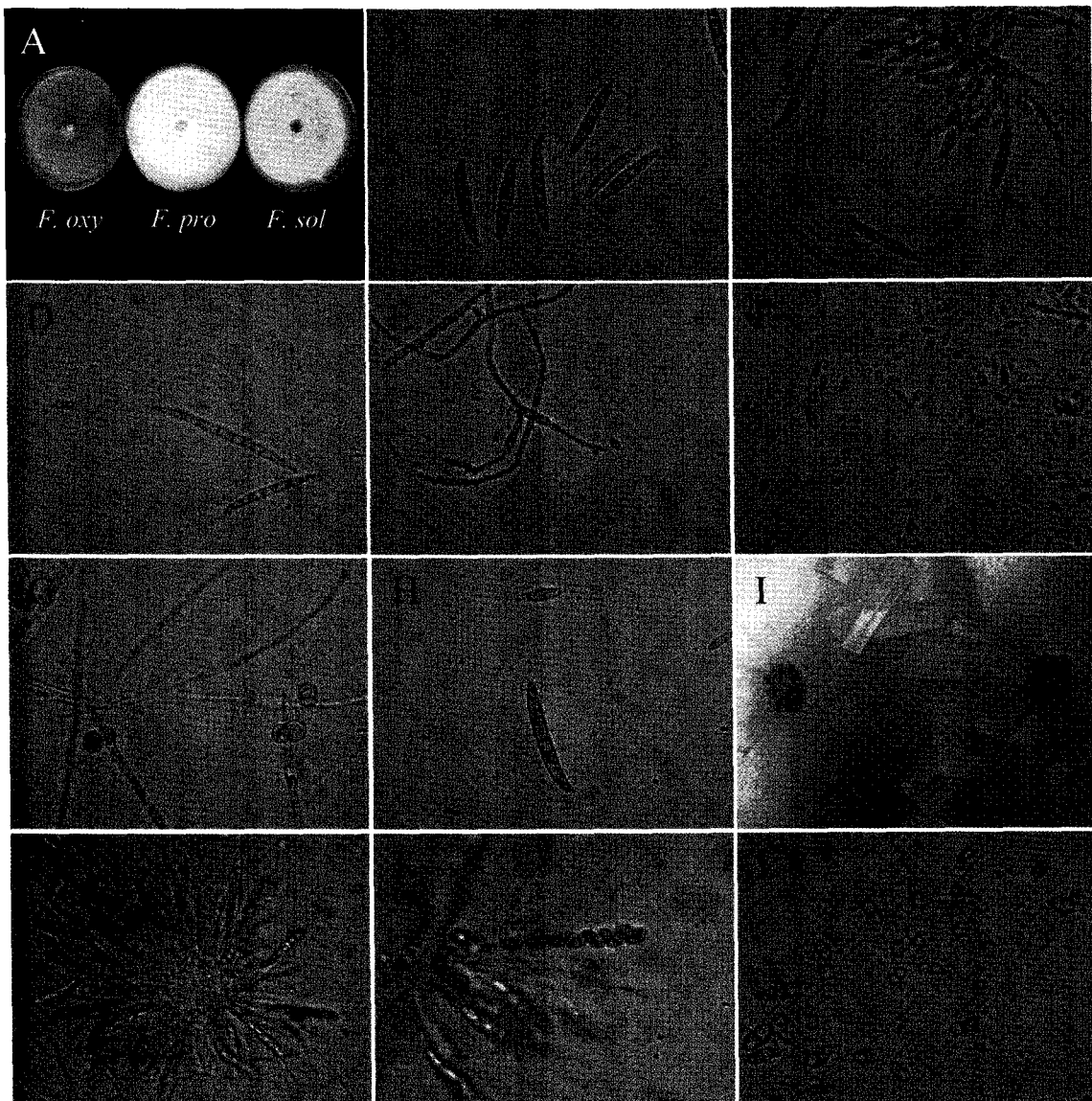


Fig. 2. Mycological characteristics of *Fusarium* spp. (A) pigmentation on PDA medium of *F. oxysporum* (*F. oxy*), *F. proliferatum* (*F. pro*) and *F. solani* (*F. sol*); (B) macroconidia formed on aerial mycelium of *F. oxysporum*; (C) macroconidia produced abundantly from monophialides on breached conidiophores in the sporodochia, (D) macroconidia, (E) diphalidic conidiogenesis and (F) microconidia formed on aerial mycelium of *F. proliferatum*; (G) chlamydospores, (H) macroconidia formed on aerial mycelium, (I) perithecia (arrow) formed on CLA medium, (J-K) asci and (L) ascospores of *F. solani* (teleomorph; *Nectria haematococca*).

(sickle-shaped)이고 뚜렷한 3(-5)개의 격벽을 보였으며, 정부세포(apical cell)는 가늘고, 기부 세포(basal cell)는 foot-shaped이고 크기는 (18.0-)26.4~36.0(-37.2)×3.6~4.8 μm였다. 분생포자경은 단생(monophialides)이며, 후벽포자가 존재하였다(Table 7).

Fusarium proliferatum. PDA 배지에 4일간 배양한 결과 일일 평균 균사생장속도는 25°C에서 5.0~7.0 mm(av. 5.7 mm)로 빠르며, 조밀한 기중균사는 처음에는 흰색이나 배양함에 따라 보라색으로 변하였다(Fig. 2A). 분생자좌(sporodochia)는 오렌지색을 띠며, 배지 밑면의 색은 다양

하여, 색이 없거나 짙은 보라색을 나타내었다. 소형분생포자(Fig. 2F)는 매우 풍부하게 형성되었고 한 개의 세포로 되어있으며, 난형(oval), 곤봉형(club-shape)의 형태를 갖고 매우 드물게 배형(pear-shaped)을 나타냈으며, 다양한 길이의 연쇄상으로 형성되고 크기는 (4.5-)7.0~10.0(-12.0)×2.5~3.5 μm였다. 대형분생포자(Fig. 2C, D)는 풍부하며, 약간 굽은 모양(sickle-shaped) 또는 직선형에 가깝고, 등면(dorsal surface)과 배면(ventral surface)이 거의 평행의 상태를 이루었으며, 뚜렷한 3~6개의 격벽을 보였으며, 정부세포(apical cell)는 hook이고, 기부 세포(basal

cell)는 foot-shaped으로 크기는 (28-)43.0-65.0×2.4-4.8 μm였다. 분생포자경은 단생과 총생하는 monophialides와 poliphialides(Fig. 2E)이며, 후벽포자는 존재하지 않았다(Table 7).

***Fusarium solani*.** PDA 배지에서 균사생장이 빠르고 기중균사의 형성이 많았다. 배지 밑면의 색은 다양하여, 색이 없거나 짙은 어두운 갈색을 나타냈다(Fig. 2A). 소형분생포자는 매우 풍부하게 형성되었고 한 개의 세포로 되어있으며, 난형(oval), 강낭콩 모양(kidney-shape)의 형태이고 크기는 (6.0-)7.2-19.2(-21.6)×(2.9-)3.6-4.8(-5.3)μm였다. 대형분생포자(Fig. 2H)는 풍부하며, 통통한 모양(stout and cylindrical)으로 뚜렷한 3-5개의 격벽을 보였으며, 정부세포(apical cell)는 끝이 무디고 둥글다(blunt and rounded) 기부 세포(basal cell)는 foot-shaped으로 크기는 (26.4-)36-60(-66)×(4.1-)4.3-5.8 μm였다. 분생포자경은 단생(monophialides)이며, 후벽포자는 존재하고, 특히 쌍을 이루어 형성되었다(Fig. 2G)(Table 7). 또한 CLA 배지 내에서 형성된 자낭각(Fig. 2I), 자낭(Fig. 2J, K), 및 자낭포자(Fig. 2L)를 관찰하여 *F. solani*의 유성세대인 *Nectria haematococca*를 확인하였다(Table 8).

병원성. *Fusarium spp.*를 포자점종 후 3주부터 호접란은 하엽이 황화되는 증상이 나타나기 시작하였다. 처음에는 점종주와 정상주간에 차이가 별로 나타나지 않았으나 점차 하엽부터 시들고 전체적으로 노랗게 되어 결국에는 낙엽 되었다. 뿌리의 경우에는 부분부분 갈변되는 증상을 볼 수 있었다. 풍란은 호접란 보다 10일 가량 더 늦게 하엽이 황화되는 증상이 나타났으며 처음에는 노랗게 되었다가 점차 붉은 색을 띠며 고사되어 낙엽되었다. 그리고 잎의 기부 부위가 갈변되는 증상이 나타났다. 나도풍란도 풍란과 비슷한 시기에 하엽이 황화되는 현상이 나타나기도 하였으나 진전속도가 느려 걸음으로 보았을 때는 건전 개체와 구별이 잘 안되었으며 일부 처리구에서는 황화 증상없이 시들음 증상이 먼저 나타났다. 병원성 실험결과(Table 9), 무처리구에서는 병의 발생이 관찰되지 않았으나 *F. oxysporum*은 호접란과, 풍란류에 대해 1.5 이상의

발병지수를 나타냈고, *F. solani*과 *F. proliferatum*에 대해서는 상대적으로 낮은 발병지수를 나타냈다.

고 찰

우리나라에서 *Fusarium spp.*에 의한 난의 병에는 *F. moniliforme*에 의한 덴파레(*Dendrobium phalaenopsis*) 검은점무늬병(이 등, 2003), *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani*에 의한 심비디움(*Cymbidium spp.*) 마름썩음병(Lee 등, 2002) 그리고 호접란 뿌리썩음병(Kim 등, 2002)이 보고되어 있다. Kim 등(2002)은 이들 병원성 *Fusarium spp.* 중에서 *F. solani*의 분리빈도가 가장 높다고 하였다. 2004년과 2005년도에 걸쳐 수행된 본 연구에서도 호접란의 경우에서는 *F. solani*의 분리빈도가 상대적으로 높았으며(Table 3), 이 경우는 최근 압면을 이용한 호접란 수경재배 농가의 뿌리썩음 증상으로부터 주로 분리되었다. 풍란과 나도풍란에서는 전반적으로 *F. oxysporum*의 분리빈도가 상대적으로 높았다(Table 5). 남양주시 관내에 위치한 호접란과 풍란 및 나도풍란을 재배하고 있는 12개 농가를 주기적으로 방문하여 시기별 병의 발생을 조사한 결과 호접란의 경우 *Fusarium spp.*에 의한 줄기기부 및 뿌리썩음병이 연중 발생하였고, 특히 상대적으로 재배환경이 불량한 농가에서 피해가 계속 발생하였다. 나도풍란의 경우 *Fusarium spp.*에 의한 줄기기부 및 뿌리썩음병이 연중 발생하였으나 피해는 크지 않았다.

*Fusarium spp.*에 의한 피해는 주로 뿌리의 상처나 결뿌리가 나온 틈새로 침입하여 도관(vascular)에 도달한 후 급격히 증식하여 도관을 막고 독소를 분비하여 조직을 파괴하기 때문에 식물체는 양수분의 이동이 방해되어 시들음증상을 나타내고 결국 말라죽는 것으로 알려져 있으며, 따라서 *Fusarium*에 의한 병해를 도관병(vascular disease)이라 하고 작물에 따라서 생육시기나 재배환경에 따라 다양한 증상을 나타낸다(Agrios, 2005). 호접란에서 *F. oxysporum*은 주로 뿌리의 상처나 결뿌리가 나온 틈새로 침입하여 도관(vascular)에 도달한 후 급격히 증식하여

Table 9. Pathogenicity of 3 species of *Fusarium* isolated from moth orchid (*Phalaenopsis spp.*) against *Phalaenopsis spp.*, *Neofinetia falcata* and *Aerides japonicum*

Treatment	Disease severity index ^a								
	<i>Phalaenopsis spp.</i>			<i>Neofinetia falcata</i>			<i>Aerides japonicum</i>		
	<i>F. oxy</i>	<i>F. pro</i>	<i>F. sol</i>	<i>F. oxy</i>	<i>F. pro</i>	<i>F. sol</i>	<i>F. oxy</i>	<i>F. pro</i>	<i>F. sol</i>
Spore inoculation	1.6 ^b	0.8	0.5	1.5	1.0	1.0	1.8	1.0	1.0
Control (uninoculated)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

^aDisease severity index was based on a scale from 0 to 3: 0=no symptoms, 1=lower leaves wilting, 2=plants showing curled yellow leaves and lower leaves dead and drop, 3=dead plant. Disease index assayed 12 weeks after inoculation.

^bValues are the mean of 3 replications.

도관을 막고 독소를 분비하여 조직을 파괴하기 때문에 식물체는 양수분의 이동이 방해되어 시들음증상을 나타내고 결국 하엽이 지는 증상이 나타나는 것으로 생각된다.

국내에서는 *Fusarium* spp. 특히, *F. oxysporum*에 의한 대부분의 병을 시들음병(*Fusarium wilt*)으로 하고 있으나, 지 등(2003)은 춘란에 나타나는 증상은 주로 구경이 썩는 증상에 의해 식물체가 고사되므로 병명을 '춘란 구경썩음병'이라고 하는 것이 바람직하다고 제안하였다. 미국에서는 *F. oxysporum*에 의한 구경 및 뿌리썩음병(*bulb and root rot*)이 보고된 바 있다. 그러나 호접란과 풍란에서는 구경의 존재가 없어 병명을 줄기기부 및 뿌리썩음병(*basal stem and root rot*)이라고 해야 할 것으로 생각된다. 본 연구에서 조사된 바에 의하면 호접란과 풍란류를 재배하고 있는 농민들 사이에서는 본 병을 흔히 근부병(*root rot*, 根腐病)이나 부패병 혹은 잎마름병(葉枯病)이라고 부르고 심지어 무름병(*soft rot*, 軟腐病)이라고 부르기도 있어 병명에 대한 정확한 정립이 필요하다.

호접란에 있어서 *F. solani*에 의한 병이 이미 보고된 바 있다(Morita 등, 1992). Lee 등(2002)과 Kim 등(2002)에 의하면 심비디움 마름병과 호접란 뿌리썩음병에서 분리한 *Fusarium* spp.의 병원성과 관련하여 *F. oxysporum*, *F. solani* 그리고 *F. proliferatum*의 병원성이 인정된다고 하였다. 또한 심비디움의 leaf spot과 관련되어 *F. subglutinosa*와 *F. proliferatum*의 병원성이 보고된 바 있다(Ichikawa와 Aoki, 2000). 본 실험에서도 호접란에서 분리한 *F. oxysporum*, *F. proliferatum* 그리고 *F. solani*를 대상으로 호접란과 풍란류(풍란, 나도풍란)에 대한 병원성을 조사한 결과 *F. oxysporum*이 가장 병원성이 높았으며, 상대적으로 *F. proliferatum*과 *F. solani*의 병원성은 낮았다(Table 9). 따라서 호접란에서의 *F. solani*의 분리빈도는 높으나 fusarium 시들음병관련 주요 병원균은 *F. oxysporum*이라고 판단된다. 현재까지 *Fusarium* spp.에 의한 풍란이나 나도풍란에서의 피해는 보고된 바 없다.

본 연구에서는 제시하지 않았으나 상처 또는 무상처로 잎 표면에 균사가 형성된 agar 절편(4 mm 직경) 접종(leaf disk assay)한 경우 잎이 갈변되는 이병 증상을 7일 이내의 빠른 기간에 확인할 수 있어 병원성 검정에 유용하게 이용될 수 있다고 판단된다. 그러나, 본 연구에서 사용한 포자접종법으로 병원성을 시험할 경우에는 전형적인 병징인 시들음이나 하엽의 고사증상이 매우 천천히 진행되었다. 특히, 호접란은 다육식물로 도관부의 감염에 의한 초기 병징인 시들음증상이 나타나는 시간이 오래 걸린다. 이는 농가에서 시들음증상이나 하엽의 고사현상이 관찰되는 시점은 이미 *Fusarium* spp.에 의한 피해가 많이

진전되었음을 보여주는 것으로 조기진단의 어려움이 있다.

*Fusarium*균은 토양전염성 균으로 약제방제의 효과가 낮고, 병이 심하게 진전되어야 외부로 병징이 나타나기 때문에 발병된 후에는 방제가 거의 불가능하다. 따라서 본 병의 방제를 위해서는 보다 신속한 진단법의 개발과 예방적인 방제프로그램이 필요하다. Fukaya와 Miyagawa(1985)는 benomyl을 사용해 난구경썩음병에 대한 예방효과를 보고한 바 있고, 국내에서는 최근에 지 등(2003)이 prochloraz와 tubiconazole을 이용한 춘란(*Cymbidium goeringii*) 구경썩음병 방제효과 시험을 실시하여 우수한 방제효과를 나타냈다고 보고하였고, Kim 등(2005)도 호접란에 대한 약제방제 효과에 대하여 보고하였다. 그러나 이들 약제가 국내에서는 난류의 *Fusarium* 병해 방제용 전문약제로 등록되어 있지 않고 작물에 대한 약해 유무가 판명되지 못하여 사용상 어려운 점이 있다. 또한 호접란이나 풍란류에 대한 효과에 대해서는 아직 규명된 바 없다. 따라서 *Fusarium* 병해 방제를 위한 기타 우수약제의 선발·등록이 시급하고, 아울러 재배적, 생물학적 방제 등 다양한 방제법의 개발이 시급히 요구된다.

요 약

2005년과 2006년에 걸쳐 경기도 남양주의 호접란(*Phalaenopsis* spp.), 풍란(*Neofinetia falcata*), 나도풍란(*Aerides japonicum*)을 재배하고 있는 온실재배농가에서 뿌리 및 줄기기부 썩음 증상이 발생되었다. 이들 난은 초기에는 시들음 증상을 나타내고 병든 개체의 잎들은 황화되거나 붉게 변하며 낙엽되고 결국 고사하였다. 병든 개체의 뿌리 및 하엽으로부터 59개 *Fusarium* spp.를 분리하여 동정한 결과 *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani* 3종으로 동정되었다. 이 중 *F. oxysporum*, *F. proliferatum*은 호접란과 풍란류에서 모두 분리되었고, *F. solani*는 호접란에서만 분리되었다. 병원성실험 결과 이들 3종 모두 병원성이 인정되었다. 비록 *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani*은 호접란에 대하여 뿌리썩음병원균으로 보고되어 있으나 풍란과 나도풍란에 대해서는 아직 보고된 바 없다. 따라서 본 연구를 통해 *F. oxysporum*, *F. proliferatum*에 의한 풍란과 나도풍란의 뿌리 및 줄기썩음병을 처음 보고하는 바이다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 서울시립대학교 학술연구조성비에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Agrios, G. N. 2005. *Plant Pathology*, 5th ed. Academic press. 922 pp.
- Burgess, L. W., Summerell, B. A., Bullock, S., Gott, K. P. and Backhouse, D. 1994. *Laboratory Manual for Fusarium Research*. 3rd ed. Univ. of Sydney. 133 pp.
- Farr, D. F., Bills, G. F., Chamuris, G. P. and Rossman, A. Y. 1989. *Fungi on Plants and Plant Products in the United States*. APS Press. 1252 pp.
- 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: 151-153.
- Fukaya, M. and Miyagawa, T. 1985. Protective effect of benomyl on *Cymbidium* grown in various growth media from bulb rot caused by *Fusarium oxysporum*. *Research Bulletin of the Aichi-ken Agricultural Reserch Center*. 17: 306-311.
- 한국식물병리학회. 2004. 한국식물병목록. 제 4판. 779 pp.
- Ichikawa, K. and Aoki, T. 2000. New leaf spot disease of *Cymbidium* species caused by *Fusarium subglutinans* and *Fusarium proliferatum*. *J. Gen. Plant Pathol.* 66: 213-218.
- 일본식물병리학회. 2000. 일본식물병목록. 일본식물병리학회. 857 pp.
- 지형진, 이선미, 조원대. 2003. Prochloraz와 Tebuconazole의 *Fusarium oxysporum*에 의한 춘란(*Cymbidium goeringii*) 구경썩음병 방제효과. *식물병연구* 9: 72-78.
- 강법선. 1992. 난과 식물의 분류방법. *난과생활사* 179 pp.
- Kim, J. H., Shm, J. B., Kim, J. W. and Chun, S. C. 2005. Selection of fungicide for the control of wilt disease of *Phalaenopsis* spp. caused by *Fusarium oxysporum* KS04-3R. *Mycobiology* 33: 265. (Abstr.)
- Kim, J. W., Kim, S. Y., Sim, J. B. and Chun, S. C. 2004. Occurrence of Sclerotium disease of *Neofinetia falcata* (Pung-nan) and *Aerides japonicum* (Nado Pung-nan). *Plant Pathol. J.* 20: 356. (Abstr.)
- Kim, W. G., Lee, B. D., Kim, W. S. and Cho, W. D. 2002. Root rot of moth orchid caused by *Fusarium* spp. *Plant Pathol. J.* 18: 225-227.
- 권진혁, 지형진, 윤재길. 2006. *Botrytis cinerea*에 의한 나도풍란 젓빛곰팡이병 발생. *식물병연구* 12: 287-289.
- Lee, B. D., Kim, W. G., Cho W. D. and Sung, J. M. 2002. Occurrence of dry rot on *Cymbidium* orchids caused by *Fusarium* spp. in Korea. *Plant Pathol. J.* 18: 156-160.
- 이동현, 허재선, 고영진. 2003. *Fusarium moniliforme*에 의한 덴파레 검은점무늬병. *식물병연구* 9: 149-152.
- Lee, D. H., Kim, J. H., Lee, J. H., Hur, J.-S. and Koh, Y. J. 1999. Bacterial soft rot of *Dendrobium phalaenopsis* and *Phalaenopsis* species by *Erwinia chrydanthemi*. *Plant Pathol. J.* 15: 302-307.
- Morita, Y., Arie, T., Kawarabayashi, S., Suyama, K., Namba, K., Yamashita, S. and Tsuchizaki, T. 1992. A new disease of *Phalaenopsis* and *Doritaenopsis* caused by *Nectria haematococca*. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 58: 452-455.
- Nelson, P. E., Toussoun, T. A. and Marasas, W. F. O. 1983. *Fusarium* species an illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press. 193 pp.