

백합 저장중 구근부패에 관여하는 병원균의 동정과 종구 소독효과

함수상 · 오소영¹ · 이은모 · 유승헌^{1*}

충남농업기술원 태안백합시험장, ¹충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과

Identification of Pathogens Associated with Bulb Rot of Lily during Storage and Effects of Bulb Disinfection on Development of Lily Bulb Rot

Soo Sang Hahm, So Young Oh¹, Eun Mo Lee and Seung Hun Yu^{1*}

Taeon Lily Experiment Station, Chungnam Agricultural Research and Extension Services, Taeon 357-952, Korea

¹Department of Applied Biology, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

(Received on February 8, 2006)

Several pathogens associated with bulb rot of lilies in storage house were identified with respect to rot types. Rot patterns were grouped into four different types; brown rot of bottoms, brown rot of shoots, water-soaked rot and blue mold. Brown rot of bottoms was the highest in frequency with 72.5%, and brown rot of shoots the least with 23.0%. Dominant pathogens were differed with rot patterns, brown rot of bottoms by *Fusarium oxysporum*, blue mold and brown rot of shoots by *Penicillium brevicompactum* and *P. fellutanum*. In wound-inoculation tests, *Penicillium* and *Fusarium* isolates caused severe rot on the bulbs. Bulb disinfection before storage by captan showed the most prominent control value of 95.2% followed by thiophanate-methyl with 85.6%.

Keywords : Bulb rot, *Fusarium oxysporum*, Lily, *Penicillium* spp.

우리나라의 백합 재배면적(2004년)은 약 230.6 ha로 구근류 가운데 1위를 차지하고 있다(농림부, 2005). 국내에서 백합에 발생하는 병은 13종이 보고되어 있고(한국식물병리학회, 2004), 저장중 구근부패에 관여하는 병원균으로 *Penicillium* sp.와 *Fusarium oxysporum*이 보고되어 있다(Loffler와 Rumine, 1991). 국내에서도 백합의 저장중에 발생하는 구근 부패로 인한 피해가 상당히 크에도 불구하고, 이에 대한 보고가 거의 없다. *Penicillium*은 백합 뿐만 아니라 많은 작물의 수송, 저장중 발생하는 각종 부패병에 관여하는 병원균으로 기주 범위가 넓은 다범성이며 독성(毒性)을 가지고 있는 병원균으로 알려져 있다. *Penicillium*은 백합 구근의 인편조직의 상처부위를 통하여 침입하며 푸른곰팡이가 침입부위 주위에 형성되면서 갈색의 부정형 병반을 형성하고 점점 인편 내부쪽으로 이동하여 전체적으로 고사하는 병징을 나타낸다(Peter와 Calvin, 1990).

*Fusarium oxysporum*은 토양속에서 인편 기저부의 상처부위를 통하여 침입하는데 토양중 선충이나 고자리 파리(onion maggot)와 같은 충의 밀도가 높을 때 발병율이 높아진다. *Fusarium*의 감염부위는 갈색의 점 또는 괴저증상(壞疽症狀)을 보이면서 부패하며 계속 진전되면 인편(鱗片, scale)이 탈락하게 된다(Komada, 1975). 최근 백합 재배면적과 재배년수가 증가함에 따라 연작장해(連作障害)가 심하게 나타나고 있다. 이는 돌려짓기와 토양소독 등과 같은 방법으로 그 피해정도를 최소화하고 있지만 근본적인 해결책은 아니다. 현재 국내에는 백합 종구 소독약제가 공시되어 있지 않으며 농가 대부분이 베노람 수화제 단용으로 사용하고 있어 소독효과가 낮은 것으로 조사되었다.

본 연구는 저장중인 백합에 발생하는 구근 부패의 피해정도를 조사하고 구근 부패에 관여하는 병원균의 동정 및 효과적인 약제 방제법을 확립하기 위하여 실시하였다.

*Corresponding author
Phone)+82-42-821-5762, Fax)+82-42-823-8679
E-mail) shunyu@cnu.ac.kr

재료 및 방법

저장종구의 부패율 조사. 충남 서산, 태안지역의 5개 백합 재배농가로부터 저장중인 종구를 임의로 1상자씩 수집하였다. 수집한 종구 중 외관상 부패증상을 보이는 이 병구를 조사하여 저장고별 종구 부패율을 조사하였다.

균분리. 부패 종구의 조직 절편을 떼어내어 차아염소산나트륨(NaClO) 1% 용액에서 1분간 표면소독 후 물한천배지(water agar)에 치상하여 28°C에 48시간 배양하였다. 형성된 균사는 potato dextrose agar(PDA) 사면배지에 올려놓고 25°C에서 7일간 배양한 후 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

Penicillium의 동정. 분리균을 PDA 배지에 옮겨 20°C 항온기에서 3일간 배양한 후 균총의 가장자리에서 3×3 mm의 균총절편을 떼어 다음과 같은 3종의 배지에 접종하였다. 즉, Czapek yeast extract agar(CYE; K₂HPO₄ 1 g, Czapek concentrate 10 ml, Yeast extract 5 g, sucrose 30 g, agar 15 g, distilled water 1 l), malt extract agar(MEA; Malt extract 20 g, Peptone 1 g, Glucose 10 g, agar 10 g, D.W. 1 l) 및 25% glycerol nitrate agar(G25N; K₂HPO₄ 0.75 g, Czapek concentrate 7.5 ml, Yeast extract 3.7 g, Glycerol 250 g, agar 12 g, D.W. 750 ml) 배지에 치상하여 25°C에서 광이 없는 상태로 7일간 배양한 후 균총의 특징을 관찰하였고 현미경하에서 분생포자, 분생자경 등의 형태적 특징을 관찰하였다.

Fusarium의 동정. Fusarium속 균으로 분류된 균주는 PDA 배지에 접종하여 25°C 배양기에 암상태로 7일간 배양 후 균총의 특징을 관찰하였다. 또한 Spezieller nährstoffarmer agar(SNA)배지에 접종하여 근자의선광(NUV)이 1일 12시간씩 조사되는 25°C 항온기에서 7일간 배양한 후 분생자경, 소형분생포자, 대형분생포자의 특징을 관찰하였다.

분리균의 병원성 조사. 부패한 종구에서 분리한 *Penicillium brevicompactum* 3균주와 *P. fellutanum* 2균주 및 *Fusarium oxysporum* 6균주를 병원성 검정에 사용하였다. 백합 종구는 육안 상 건전한 것을 골라 NaClO 1% 용액에 3분간 침지하여 표면소독한 후 살균여과지에서 음건하였다. 표면 소독이 끝난 종구를 멸균된 곤충침으로 직경 7 mm로 가볍게 상처를 낸 후, *Penicillium* 균주의 포자 현탁액(포자농도 5×10⁴ cell/ml) 50 μl를 상처부위에 점적하였다. 한편 *Fusarium* 균주는 5 mm cork-borer를 사용하여 배양된 균총의 절편을 떼어 상처부위에 치상하였다. 접종한 백합종구 및 인편은 물에 적신 종이타올이 깔린 30×25×10 cm의 스테인레스 상자에 놓고 25°C에 7

일간 둔 후 부패 유무, 부패형태 및 부패면적을 조사하였다.

약제방제 효과시험

실내 실험. 포장에서 수확한 구근의 인편을 분리하여 시험약제인 벤레이트티 수화제 200배액, 지오판 수화제 200배액, 프로라츠 유제 2000배액, 지오람 수화제 200배액, 켈탄 수화제 100배액에 각각 30분씩 침지한 후 풍건하고 그 인편위에 공시균주인 *P. brevicompactum*과 *F. oxysporum*의 절편을 접종하여 습실처리된 30×25×10 cm 스테인레스 접시에 치상하여 25°C에서 5일간 배양한 후 병반형성 여부와 병반직경을 조사하였다.

저장고 실험. 위에서 사용한 약제로 포장에서 수확한 구근을 30분간 침지한 후 플라스틱 종구상자(60×40×20 cm)에 상자별 150개의 구근을 넣어 4°C에 저장하였다. 저장상태는 멸균된 피트모스를 사용하였으며 저장 3개월 후 꺼내어 이병구율 및 방제가를 조사하였다.

결과 및 고찰

저장시 백합 구근의 부패율 조사. 충남 서산, 태안지역 5개 백합종구 저장고를 선정하여 종구부패율을 조사한 결과(Table 1), 부패율은 저장기간에 따라 달라 저장기간이 7개월인 A 저장고의 경우 부패율이 90%에 달하였으나 저장기간이 3~4개월인 경우 부패율이 10%였고, 5개 저장고의 평균 부패율은 40.9%였다.

저장중 구근부패의 형태. 서산, 태안의 5개 구근저장고에서 표본을 채취하여 그 부패 형태를 유별한 결과 기저부 갈색 부패, 신초부 갈색 부패, 수침상 부패, 푸른곰팡이 등의 4가지로 구분되었다(Fig. 1). 그 중 빈도가 높은 부패증상은 기저부 갈색 부패로서 4개의 저장고에서 평균 72.5% 검출되었고, 다음이 푸른곰팡이, 수침상 부패, 신초부 갈색 부패 순으로 각각 55.0, 25.5, 23.0%의 빈도로 검출되었다(Table 2). 백합의 저장 중 부패양상은 인편

Table 1. Occurrence of bulb rot of lilies during storage in Seosan and Taean, Chungcheongnam-do

Storage house (Location)	Storage period (months)	Incidences of bulb rot (%)
A (Taean)	7	90
B (")	3	10
C (")	4	10
D (Seosan)	4	11
E (")	5	48
Ave.	4.6	41

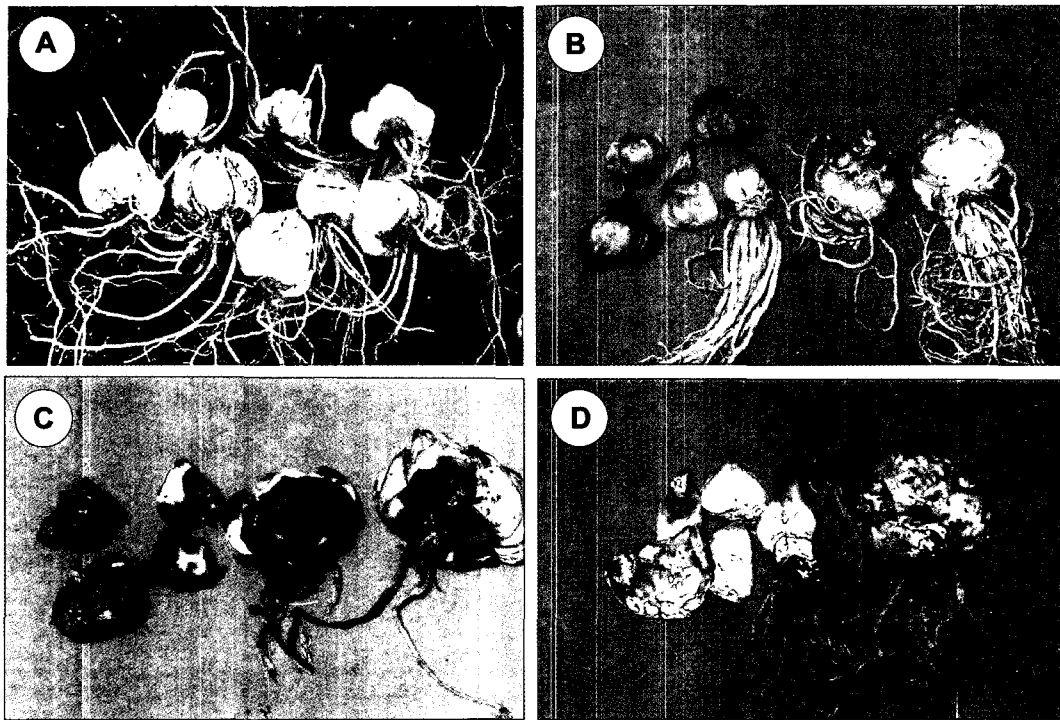


Fig. 1. Photographs of bulb rot type of lilies stored in storage house (-4°C) in Seosan and Taeon, Chungnam province. A; Brown rot of bottoms (Type A), B; Brown rot of shoots (Type B), C; Water-soaked rot (Type C), D; Blue mold (Type D).

Table 2. Types of bulb rot of lilies occurred in storage house in Seosan and Taeon, Chungnam

Description ^a	Frequency (%)				
	I ^a	II	III	IV	Aver.
Type A	76 ^b	70	78	66	72.5
Type B	10	8	60	14	23.0
Type C	20	30	30	22	25.5
Type D	40	60	60	60	55.0
Total no. samples examined	50	50	50	50	50

^aStorage house.

^bType A, Brown rot of bottoms; Type B, Brown rot of shoots; Type C, Water-soaked rot; Type D, Blue mold.

주위에 갈색의 병반과 푸른색의 곰팡이가 형성되면서 부패하는 형태만 보고되어 있는데(Roebroeck와 Greeff, 1989), 본 연구에서는 4종류의 부패양상으로 구분하였다.

분리균의 동정. 백합 이병구로부터 분리한 *Penicillium* 및 *Fusarium*속 균들의 배양적 특성, 형태학적 특성을 조사하여 종을 동정하였다. 저장 중 부패된 구근에서 분리된 병원균은 *Fusarium*속, *Penicillium*속, *Erwinia*속, *Pseudomonas*속이었으나 부패 형태별로 병원균의 검출진도를 조사한 결과 차이가 있었다(Table 3).

Table 3. Detection frequency of fungi and bacteria associated with bulb rot of lilies collected from storage houses in Seosan and Taeon, Chungnam province

Microorganisms	Occurrence frequency (%)			
	Type A ^a	Type B	Type C	Type D
<i>Penicillium</i> spp.	40	71	37	67
<i>Fusarium</i> spp.	70	57	37	33
<i>Erwinia</i> and <i>Pseudomonas</i>	37	28	50	16
Total no. of samples examined	50	35	40	45

^aType A, Brown rot on bottom; Type B, Brown rot on shoot; Type C, Water-soaked rot; Type D, Blue mold.

PDA 배지에서 푸른곰팡이가 형성된 균주들을 CYA, MEA, G25N배지에서 배양적 특성에 따라 2 group으로 나눌 수 있었다(Table 4). Group I에 속하는 균주는 위의 배지 25°C 배양조건에서 균총 직경은 각각 16~21 mm, 16~22 mm, 10~16 mm이며, 균사색깔은 흰색이고, 배지 뒷면에는 진한 노란색의 색소를 생산하였고, 균총에 방사형주름과 점질의 물방울이 형성되었다. 현미경 관찰 결과 stipes와 phialide가 관찰되었고, 포자는 구형이며, terverticillate를 관찰할 수 있었다. 이러한 결과는 Pitt(1998)가 보고한 *P. brevicompactum*과 일치하므로 Group I에 속하는 균주들 *P. brevicompactum*으로 동정하였다.

Table 4. Comparison of mycological characteristics of the *Penicillium* isolates with those of *P. brevicompactum* and *P. fellutanum*

Characteristics	Media	Temperature	Present isolates		<i>P. brevicompactum</i> ^a	<i>P. fellutanum</i> ^b
			I	II		
Colony (mm) ^c	CYA	5°C	2-7.5	non	micro-4	non
		25°C	16-21	11-18	20-30	17-24
		37°C	non	non	non	non
	MEA	25°C	16-22	10-14	12-22	14-18
	G25N	25°C	10-16	13-17	14-22	12-16
Reverse color			deep yellow	salmon	deep yellow	salmon
Verticillate			3	2	3-4	2-4

^{a, b}Data from Pitt (1988).^cAfter 7days of incubation.

또한 Group II에 속하는 균주는 CYA, MEA, G25N배지에서 균총의 직경이 각각 11~18 mm, 10~14 mm, 13~17 mm이었으며, 균사색깔은 흰색 또는 옅은 노란색이었고, 배지 뒷면에는 연어색을 띠었으며, 균총에 주름이 형성되지 않았고, 현미경 관찰결과 biverticillate를 관찰할 수 있었다. 이러한 결과는 Pitt(1988)가 보고한 *P. fellutanum*과 일치하므로 Group II에 속하는 균주를 *P. fellutanum*으로 동정하였다.

*Fusarium*속 균주는 PDA에서 왕성한 균사의 생장을 보였고 균총색은 배양 초기에는 흰색 또는 연어색을 띠었으며 배양 2주경에는 배지 뒷면에 진한 자주빛의 색소가 형성되었다. 현미경적 관찰 결과 소형분생포자는 monophialide의 false-head에 대량으로 형성되었다. 대부분 격막이 없고, 난형 또는 콩팥모양으로 크기가 5~10×2~5 μm이었다. 대형분생포자는 옅은 오렌지색의 분생포자 좌에 대량으로 형성되었다. 크기는 20~35×3~6 μm이었고, 형태는 한쪽 가장자리가 낫모양으로 휘었거나, 거의 곧은모양으로 격벽은 대부분 3개인데 4개인 것도 관찰되었다. 대형분생포자의 정단세포는 가늘어지고 기부세포는 발모양 또는 층이진 모양(notched shape)이었다. 후벽포자는 PDA에서 배양 2주일경에 관찰이 되었는데, 균사의 중간 또는 끝에 1~5개의 후막포자를 관찰할 수 있었다. 이상의 결과는 Nelson(1983)이 보고한 *F. oxysporum*과 일치하므로 분리한 균주를 *F. oxysporum*로 동정하였다. 일부 백합 종구에서는 1개의 병반에서 2개의 병원균이 동시에 분리되는 것으로 보아 중복 감염되기도 하는 것으로 생각된다.

병원성 검정. 백합에서 분리한 *Penicillium* 5개 균주와 *Fusarium* 6개 균주를 백합 구근에 상처 접종하여 병원성 검정을 한 결과 공시균주 모두 백합 구근에 병원성을 나타내었다. *Penicillium* spp.은 백합인편에 전형적인 부정형의 갈색반점이 형성되면서 주위에 푸른곰팡이가 형성되

는 것을 관찰할 수 있었으며 종간에 병원성의 큰 차이는 없었다. 동일한 방법으로 *Fusarium oxysporum*를 접종하였을 때 원형의 갈색병반이 형성되고 인편표면에 솜털같은 흰색의 균사가 형성되었으며 점차적으로 구근전체로 전반되면서 인편이 탈락하는 전형적인 구근부패 병징을 관찰할 수 있었으며 이러한 증상은 자연 발병된 병징과 유사하였다.

포장에서 부패증상을 보이는 구근의 인편 기저부에서는 고자리파리나 뿌리응애를 쉽게 발견할 수 있는데 이러한 해충의 1차 가해로 토양 병원균인 *Penicillium* spp.와 *F. oxysporum*이 쉽게 전염되고 또한 빠르게 진전되는 것이라 생각된다.

약제방제 효과시험

실내 실험. 구근 인편을 약제에 침지한 후 공시균주를 접종하여 병반 형성 억제에 미치는 영향을 조사한 결과 약제 무처리구에서는 8.5~10.0 mm의 병반이 형성되었으나 약제 처리구에서는 전처리구에서 병반이 형성되지 않았다.

저장고 실험. 백합 구근을 소독한 후 저온저장고에 보관한 다음 3개월 후 꺼내어 약제방제효과를 조사한 결과 시험 약제 중 켈탄 수화제와 지오판 수화제의 방제효과는 각각 95.2%와 85.6%로 방제효과가 높게 나타났다. 그러나 프로라츠 유제, 지오람 수화제, 벤레이트티 수화제는 방제가 80% 이하로 효과가 낮았으며, 특히 농가에서 관행으로 사용되고 있는 벤레이트티 수화제는 62.0%로 매우 낮게 나타났다(Table 5).

Hendriks와 Koster(1988)는 켈탄 수화제를 비롯한 5종의 살균제 혼합처리가 구근부패병 방제에 효과적이라고 하였는데 본 연구에서는 켈탄 처리만으로도 높은 방제효과를 얻을 수 있었다. 사용 방법은 수확한 백합 종구를 켈탄

Table 5. Effect of fungicide treatment on bulb rot of lily in storage house

Fungicide treated	Infected bulb (%)	Control value (%)
Benomyl+thiram(20+20%, WP)	7.9b ^a	62.0
Thiophanate-methyl(70%, WP)	3.0c	85.6
Prochloraz(25%, EC)	5.9b	71.8
Thiophanate-methyl+thiram (50+30%, WP)	7.8b	62.5
Captan(50%, WP)	1.0c	95.2
Control	20.8a	-

^aNumbers followed by a common letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test (DMRT).

수화제 100배액에 30분간 침지처리한 후 음건하여 저장하면 된다.

요 약

백합 구근저장고에서 채취한 부패한 구근을 부패 형태별로 구분하여 관여하는 미생물을 동정하고 상처 접촉으로 병원성을 조사한 결과 부패 형태는 기저부 갈색 부패, 신초부 갈색 부패, 수침상 부패 및 푸른곰팡이 등 4가지로 구분하였다. 기저부 갈색 부패가 72.5%로 빈도가 가장 높았고, 신초부 갈색 부패가 23%로 빈도가 가장 낮았다. 부패 형태별로 우점균이 달라 기저부 갈색 부패는 *Fusarium oxysporum*, 푸른색 부패와 신초부 갈색 부패에서는 *Penicillium brevicompactum*과 *P. fellutanum*이 우점균이었다. 몇 가지 살균제를 이용한 백합 구근 소독효과를 조사하였던 바 켈탄 수화제가 방제가 95.2%로 가장 방제효과가 높았으며, 지오판 수화제, 프로라츠 유제, 지오람 수화제 및 벤레이트티 수화제는 각각 85.6%, 71.8%, 62.5% 및 62.0%였다.

참고문헌

한국식물병리학회. 2004. 한국식물병명목록. 779pp.

- Hendriks, C. H. M. and Koster, A. T. J. 1988. New device on disinfection gives reasonable control of *Penicillium*. Laboratorium voor de Bloembollenonderzoek, Lisse, Netherlands. 99: 21, 31: 1.
- Hildebrand, D. C., Schroth, M. N. and Sands, D. C. 1988. *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*, Bacteriology Committee of American Phytopathological Society. pp.60-80.
- Komada, H. 1975. Development of a selective medium for quantitative isolation of *Fusarium oxysporum* from natural soils. *Rev. Plant Prot. Res.* 8: 114-125.
- Linderman, R. G. 1981. *Fusarium* diseases of flowering bulb crops. In: *Fusarium, Disease, Biology and Taxonomy*. pp. 129-141, The Pennsylvania State University Press, University Park and London. Pennsylvania, USA.
- Lmlle, E. P. 1942. Bulb rot disease of lilies. The Lily Yearbook of the North Amer. Lily Soc. pp.30-41.
- Loffler, H. J. M. and Rumine, P. 1991. Virulence and vegetative compatibility of Dutch and Italian isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lilii*. *Phytopathology* 132: 12-20.
- McRae, E. A. 1987. *Lily Disease Handbook*. North Amer. Lily Soc. 28pp.
- 농림부. 2005. 2004 화훼 재배 현황. 서울. 89pp.
- 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. Pennsylvania, USA, 193pp.
- Oh, S. Y., Chung, I. M. and Yu, S. H. 1999. Survey and control of the occurrence of mycotoxins from post-harvest fruits. 1. Mycotoxins produced by *Penicillium* isolates from apple, pear, citrus, and grape. *Plant Dis. Agric.* 5: 100-104.
- Peter, S. and Calvin, H. 1990. *The Lily Yearbook*. The North American Lily Society. USA, 51pp.
- Pitt, J. I. 1988. *A Laboratory Guide to Common Penicillium species*. pp.97-127. CSIRO Division of Food Research, P.O. Box 52, North Ryde, N.S.W. 2113, Australia.
- Roebroek, E. J. A. and Greeff, R. J. M. 1989. Dehydration makes lily scales susceptible to *Penicillium*. Laboratorium voor de Bloembollenonderzoek, Lisse, Netherlands. 99: 28-29.