

토굴저장 생강의 부패에 관여하는 미생물의 동정 및 병원성

김충희* · 양종문 · 양성석
농업과학기술원 식물병리과

Identification and Pathogenicity of Microorganisms Associated with Seed-Rhizome Rot of Ginger in Underground Storage Caves

Choong-Hoe Kim*, Jong-Mun Yang and Sung-Seok Yang
Plant Pathology Division, National Institute of Agricultural Science and Technology,
Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT: Microorganisms associated with seed-rhizome rot of ginger preserved in three underground storage caves were identified with respect to rot types. Rot patterns were grouped into 4 different types: yellow soft rot, brown rot, localized ring rot, and water-soaked rot. Water-soaked rot was highest in frequency with 40% and ring rot the least with 14%. Causal pathogens differed with rot type, yellow soft rot by *Erwinia carotovora* and *Pseudomonas aeruginosa*, brown rot by *Fusarium solani* and *Pseudomonas aeruginosa*, localized ring rot by *F. solani*, and water-soaked rot by *Pythium spinosum* and *P. ultimum*. *Pythium myriotylum*, the causal pathogen of ginger rhizome rot which occurs severely in fields was rarely detected from storage seed-rhizomes suggesting its minor involvement with storage rot. Pathogenic *Pythium* isolates were frequently obtained from both rhizome surface and inner tissues of rotten rhizomes. Detection frequency of *Pythium* isolates in inner tissues decreased as increasing distance from rhizome surface. In wound-inoculation tests, above pathogens caused a varying degree of rot on healthy rhizomes at 15°C, 20°C and 30°C with increasing severity at higher temperatures.

Key words: ginger, identification, storage rot, *Zingiber officinale*.

생강은 그 독특한 향미때문에 양념류에 빼놓을 수 없는 작물로(1) 우리나라에서는 충남 서산, 태안 그리고 전북 완주에서 주로 재배되고 있다. 생강의 재배면적은 해에 따라 약간의 차이는 있지만 약 6,000 ha에 이르고 있으며 생산량도 해마다 45,000~50,000 M/T에 달한다. 생강은 10a당 조수익이 150~200만원에 달하는 고소득 작물로 이 지역 농민의 주 소득원으로 각광받고 있다(9).

생강생산의 가장 큰 제한요인은 *Pythium myriotylum*에 의한 뿌리썩음병(근경부패병)으로 생육기인 7월초부터 수확기인 10월초까지 발생하는데 기온이 높고 강우가 많은 해에 감수율이 30%를 넘을 정도로 막대한 피해를 가져온다(3, 7, 8, 12). 생강은 10월 하순~11월초에 수확하여 출하할 때까지 지하 3~5 m의 토굴에 저장하는데 이것은 12~15°C 전후의 습도가 일정한 환경에 생강을 저장하지 않으면 썩거나 혹은 발아하여 상품가치를 상실하기 때문이다.

일정온도 일정습도에 저장하더라도 종강 주변의 미생물의 활동에 의하여 저장중 종강이 부패하게 되는데 그 부패정도는 저장굴의 조건에 따라 다르지만 심하게는 70% 이상이 부패해서 못쓰게 되는 경우도 있다. 저장중

종강의 부패에 관여하는 미생물에 관해서는 아직 자세히 조사된바가 없으나 생육기에 발생한 뿌리썩음병균이나 *Fusarium* 혹은 부패관여 세균의 활동에 의한 것으로 막연히 추측하고 있다.

본 시험은 1996년부터 3년간 실시된 생강뿌리썩음병의 생애 및 방제에 관한 연구의 일부로서 생강의 저장시 부패에 관여하는 미생물의 종류 및 관여정도를 조사하기 위하여 수행되었다. 특히 생강 생육기중 극심한 피해를 일으키는 생강뿌리썩음병균 *Pythium myriotylum*이 저장중의 부패에 관여하는지의 여부를 중점적으로 조사하였다. 이밖에 생강뿌리썩음병의 발생실태(2), 병원균 동정(3), 발생생태(4) 및 방제방법(5)에 관한 결과들은 이미 한국식물병리학회지에 출간된 바 있다.

3년간의 연구기간동안 이 연구를 재정적으로 뒷받침해 준 농촌진흥청과 현지포장 서산에서 많은 협력을 아끼지 않으신 서산시농촌지도소 관계관 및 포장을 흔쾌히 임대해 준 농민들에게 심심한 사의를 표한다.

재료 및 방법

저장 생강표본의 채취 및 썩음형태별 유별. 충남 서

*Corresponding author.

산시 인지면 소재 저장굴에서 3개 굴을 임의로 선택하여 각각 10~15 kg의 종강을 표본 채취하였다. 생강은 '96년 11월 포장에서 수확하여 깊이 5 m 온도 12~15°C의 토굴 속에 저장하여 두었던 것으로 저장 5개월 후인 3월 하순에 표본을 채취 조사하였다. 각 굴에서 채취한 표본에서 외관상 썩음증상을 보이는 생강 70~90개를 시험에 공시하였다. 썩은 종강 표본은 그 썩음형태에 따라 몇가지로 구분하였으며 저장굴별로 각각의 빈도를 조사하였다.

썩은 생강에서의 미생물의 분리 및 동정. 썩은 생강의 형태별로 썩은 조직의 절편을 떼어내어 NaClO 1% 용액에서 1분간 표면살균후 물한천배지에 올려놓고 28°C에 48시간 둔 후 100배 시야 현미경하에서 표본주위의 미생물을 관찰하였다. 포자가 형성되지 않은 진균은 PDA 배지에 옮겨 포자형성을 유도하여 그 형태적 특징에 따라 동정하였으며 세균은 PDA에 옮겨 단일 균총에서 분리한 균을 Biolog System을 이용한 분류방법으로 동정하였다. 썩은 종강의 형태별로 각각 34~83개의 표본을 조사하였으며 검출된 진균, 세균별로 그 빈도를 조사하여 %로 표시하였다.

건전 및 부패생강에서의 *Pythium* spp의 동정 및 검출 빈도 조사. *Pythium* spp의 저장 생강에서의 검출빈도를 조사하기 위하여 3개 저장굴별로 건전생강 12~13개, 병든 생강을 18~30개를 임의로 선택하여 생강표피 및 내부조직에서 *Pythium* spp의 검출빈도를 조사하였다. 표본에서 떼어낸 조직절편을 표면 소독후 물한천배지상에 올려놓고 28°C에 24시간 두었다가 형성된 균총을 현미경하에서 조사하여 *Pythium* spp의 존재유무를 확인하였으며 검출된 *Pythium* spp는 PDA 사면배지에 배양하여 추후 시험에 공시하였다. *Pythium* spp의 검출빈도는 생강 표본의 출처별로 나누어 백분비로 표기하였다.

검출된 *Pythium* spp 균주들을 동정하기 위하여 장난기 벽에 가시(spine)의 존재유무에 따라 1차적으로 구분한 후 가시가 없는 균주들은 장난기, 장정기, 난포자의 형태적인 특징과 25°C와 30°C, 35°C에서의 균사신장속도에 따라 생강뿌리썩음병균인 *Pythium myriotylum* 인지의 여부를 조사하였다. 현재 종강 소독제로 널리 사용하고 있는 베노람수화제의 200배액에 4시간 침지한 후 풍건하여 소독한 건전 종강과 소독하지 않은 건전종강, 그리고 썩은 종강에서 분리한 균주로 나누어 시험하였으며 각각 37~78개의 균주를 공시하였다. *Pythium* 균주들을 Waterhouse 등(6, 10, 11, 13)의 검색표를 참고로 하여 종을 동정하였다.

또한 베노람수화제 200배액에 4시간 침지한 후 풍건하여 소독한 생강과 무소독한 생강을 각각 37개와 39개를 임의로 선택하여 각 생강들을 내부육질, 상처부위, 파상 무늬부위, 매끄러운 표피, 맹아, 구부러진 부위 안쪽, 줄기탈락부위, 잔뿌리 등 8부위로 나누어 *Pythium* spp의 검출빈도를 앞에서 기술한 방법으로 조사하였다.

생강 육질내에서의 *Pythium* spp의 검출빈도를 조사하기 위하여 건전생강 표피로부터 육질안쪽으로 2.4 cm 거리까지 0.3 cm 간격으로 육질조직 절편을 떼어내어 물한천 배지에 올려놓고 28°C에 24시간 배양한 후 현미경하에서 *Pythium* spp의 존재유무를 조사하였다. 시험당 모두 5개의 건전종강을 사용하였으며 3회 반복하여 시험하였다.

분리균의 생강에 대한 병원성 조사. 생강에서 분리한 *Pythium* spp, 기타 진균 및 세균들의 생강에 대한 병원성을 건전한 종강에 상처 접종하는 방법으로 조사하였다. 각 균주들은 PDA에 3일간 배양한 후 직경 0.5 cm의 절편을 cork-borer로 떼어내어 접종원으로 사용하였으며 세균균주들은 Nutrient broth에 24시간 배양한 현탁액을 접종원으로 사용하였다. 육안상 건전한 생강을 공시하여 NaClO 1%액에 3분간 침지하여 표면 살균한 후 살균여과지에서 풍건한 건전한 생강을 접종에 사용하였다. 건전한 생강은 직경 0.5 cm cork borer를 사용하여 절편을 떼어낸후 떼어낸 구멍안에 각 균주의 배양절편을 삽입하거나 0.1 ml의 세균현탁액을 주입한 후 생강절편을 다시 그 떼어낸 자리에 메꾸는 방법으로 접종하였다. 접종한 생강은 물에 적신 종이타올이 깔린 플라스틱 상자(50×35×20 cm)에 치상하였으며 15°C와 30°C의 압조건에 두었고 그 30일후에 생강의 접종부위를 횡단하여 썩음의 유무, 그 썩음형태 및 부패면적을 조사하였다. 접종에 사용한 균주는 진균의 경우 *Fusarium solani* 6균주, *F. moniliforme* 3개 균주, *Doratomyces* sp. *Absida* sp. *Acremonium* sp. *Alternaria alternata* 각 1균주, 세균의 경우 *Erwinia carotovora* 3균주와 *Pseudomonas* spp 3균주였다. *Pythium* spp 균주는 모두 28개 균주를 공시하였다. 균주별로 5개 생강에 접종하였고 평균 부패면적을 산출하였다.

결 과

저장시 종강부패의 형태. 서산의 3개 종강 저장굴에서 표본을 채취하여 그 썩은 형태를 유별한 결과 셋노랑 물러썩음, 갈색썩음, 둥근무늬썩음, 수침상썩음의 크게 4가지로 구분되었다. 각 썩음증상의 전형적인 형태가 Fig. 1에 예시되어 있다. 가장 빈도가 높은 썩음증상은 3개 저장굴 모두 수침상 썩음증상으로 평균 40%를 차지하였고 셋노랑물러썩음과 갈색썩음이 20~24%의 빈도로 검출되었다(Table 1). 상기 4가지 유형 이외의 썩음증상을 보이는 것들은 2% 내외로 빈도가 매우 낮았다. 저장굴간의 썩음증상의 형태에는 큰 차이를 보이지 않았다.

썩음 유형별 주검출 미생물. 썩음 형태별로 검출 미생물 빈도에 차이가 있었다(Table 2). 셋노랑물러썩음을 보이는 생강에서는 세균과 선충이 주로 검출되었으며 갈색썩음에서 세균, 선충과 함께 *Fusarium*속 균이 많이 분

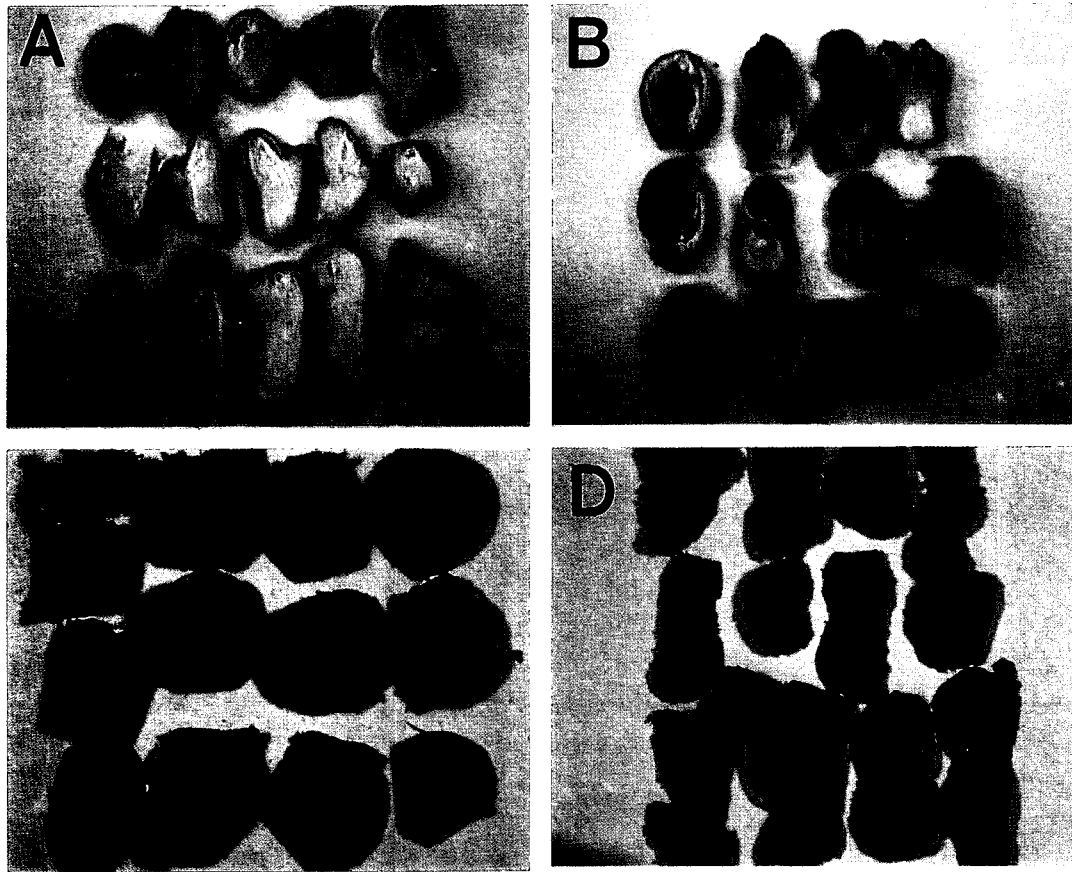


Fig. 1. Photographs of rot types of gingers stored in underground storage caves in Seosan, Choongnam province in 1997. A: Yellow soft rot (Type Y), B: Brown rot (Type B), C: Localized ring rot (Type L), D: Water-soaked rot (Type W).

Table 1. Types of seed-rhizome rot of gingers occurred in underground storage caves in Seosan, Choongnam province in 1997

Description	Frequency (%)			
	Underground storage caves ^a			
	cave I	cave II	cave III	Avr.
Yellow soft rot (Type Y)	18.9	26.0	28.1	24.3
Brown rot (Type B)	25.7	17.8	16.9	20.1
Localized ring rot (Type L)	16.2	11.0	13.5	13.6
Water-soaked rot (Type W)	36.5	42.5	40.4	39.8
Others	2.7	2.7	1.1	2.2
Total no. samples examined	74	73	89	-

^aTemperature in the underground storage caves maintained 12~15°C during storage period.

리되었다. 등근무늬 썩음증상에서는 *Fusarium*속 균이 주로 분리되었고, 수침상으로 썩는 종강에서는 *Pythium*속 균과 세균이 주로 검출되었다. 그 외의 다른 형태의 썩은 종강에서도 주로 *Fusarium*속 균과, *Pythium*속 균 및 세균이 많이 검출되었다. 검출된 미생물의 동정결과 *Fusarium*속 균주들은 *F. solani*, *F. moniliforme*로 그리

고 세균은 *Erwinia carotovora*와 *Pseudomonas aeruginosa*로 동정되었다.

이밖에 검출된 미생물을 보면 *Absida*속, *Verticillium*속, *Phaenolomyces*속, *Arthrotrichum*속, *Humicola*속, *Acremonium*속, *Doratomyces*속, *Alternaria*속의 진균들이 소수 검출되었다.

생강에서의 *Pythium* spp의 검출빈도. 건전 및 이병 생강에서 *Pythium*속 진균의 검출비율을 조사하였다. 건전생강에서는 주로 표피에서 높은 비율의 빈도로 분리되었으며 육질조직에서도 분리되었으나 그 빈도는 표피에 비해 매우 낮았다(Table 3). 썩은 생강에서는 썩은 조직이나, 외관상 건전하게 보이는 육질에서도 모두 거의 비슷한 빈도로 *Pythium*속 진균이 분리되었다.

생강에서 분리한 *Pythium* spp의 동정. 건전 및 부패 생강에서 분리한 *Pythium*속 154개 균주를 대상으로 Waterhouse 등(6, 10, 11, 13)의 동정 검색표에 따라 종을 동정하였다. 공시균주는 건전생강을 대상으로 베노람수 화제의 종자소독 전후로 분리한 30여개 균주와 썩은 생강에서 분리한 균주를 구분 사용하였다. 먼저 *Pythium* 분류에서 가장 중요한 위치를 차지하고 있는 장난기 벽에

Table 2. Detection frequency of microorganisms associated with rhizome rot of gingers collected from underground storage caves in Seosan, Choongnam province

Microorganisms	Detection frequency (%)				
	Type Y	Type B	Type L	Type W	Others
<i>Pythium</i>	2.2	4.8	101.9	28.0	28.0
<i>Fusarium</i>	2.2	49.4	64.7	11.1	32.5
Bacteria	100	62.7	14.7	26.3	26.3
Nematode	82.6	56.6	2.9	1.3	1.3
<i>Absida</i>	0	1.2	0	0	0
<i>Verticillium</i>	0	2.4	0	0	0
<i>Phaeoannomyces</i>	0	1.2	0	0	0
<i>Arthrobotryx</i>	0	1.2	0	0	0
<i>Humicola</i>	0	0	1.2	0	0
<i>Acremonium</i>	0	0	0	0	1.3
<i>Doratomyces</i>	2.2	0	0	4.4	0
<i>Alternaria</i>	0	0	0	0	1.3
Unknown fungi	0	0	0	2.2	0
None	0	0	14.7	21.3	21.3
Total no. samples examined	46	83	34	45	80

Table 3. Detection frequency of *Pythium* spp from healthy or rotten seed-rhizomes of ginger collected from three underground storage caves at Seosan, Choongnam province

Origin	Detection frequency (%) ^a			
	Healthy rhizomes		Rotten rhizomes	
	Epidermic surface	Inner tissues	Rotten area	Inner tissues
Cave I	75.0	33.3	61.1	66.7
Cave II	50.0	0	46.7	30.0
Cave III	38.5	0	16.7	20.0
Average	54.5	11.1	41.5	38.9

^aA total of 12-13 seed-rhizomes were sampled for healthy rhizomes and 18-30 seed-rhizomes for rotten rhizomes.

나있는 돌기(spine)의 존재유무로 구분하였을 때 돌기가 있는 종과 없는 종의 빈도는 거의 비슷한 빈도였다 (Table 4). 돌기가 없는 79균주를 공시하여 뿌리썩음병균인 *Pythium myriotylum*과 고온에서의 균사생장속도를 비교하여 보았을 때 무돌기 균주중 30°C의 고온에서 빠른 생장을 보이는 균주가 없어 무돌기 균주의 대부분은 생강뿌리썩음병균인 *P. myriotylum*과는 다른 종으로 쉽게 구분할 수 있었다 (Table 5). 저장중강 분리 *Pythium* 균주중 돌기가 있는 종은 *P. spinosum*, 그리고 돌기가 없는 종은 *P. ultimum*으로 동정되었다.

Pythium spp의 존재부위. 배노람 수화제를 사용한 중강소독 전후의 생강을 공시하여 *Pythium* 균주의 검출 부위를 조사하였다. *Pythium*속 균주들은 조사한 무소독 중강의 각 부위에서 모두 검출되었으나 흔하게 발견된 곳은 파상무늬부위, 줄기출현부위, 팽아였고 생강의 매끄러운

Table 4. Taxonomic grouping of 154 isolates of *Pythium* spp obtained from seed-rhizomes of ginger sampled from three underground storage caves at Seosan, Choongnam province

Origin	No. of <i>Pythium</i> isolates obtained	No. isolates		
		<i>P. spinosum</i> ^b	<i>P. ultimum</i>	<i>P. myriotylum</i>
Undisinfected healthy rhizomes	37	12	25	0
Disinfected healthy rhizomes ^a	39	29	10	0
Rotten rhizomes	78	34	44	0
Total	154	75	79	0

^aSeed-rhizomes were disinfected by soaking in benlate-t 200× suspension for 4 hr.

^bPresence of spines on oogonial wall.

Table 5. Comparison of temperature response in terms of mycelial growth rate between *P. myriotylum*, the pathogen of ginger rhizome rot and *Pythium* spp isolated from seed-rhizomes collected from underground storage caves at Seosan, Choongnam province

Species	No. isolates tested	Average colony radius (mm/24 hr) on PDA	
		25°C	30°C
<i>P. myriotylum</i>	5	20.2(14~23) ^a	30.8(24~35)
<i>Pythium</i> spp ^b	29	15.6(2~23)	2.7(0~8)

^aValues in the parenthesis indicate the range.

^b*Pythium spinosum* (19 isolates) and *P. ultimum* (10 isolates).

표면과 뿌리털에서는 그 발견빈도가 낮았다 (Table 6). 그리고 생강안쪽의 육질에서도 높은 빈도로 분리되었다. 생강을 소독한 후 소독전과 동일한 부위에서의 *Pythium*의 검출율을 보면 잔뿌리를 제외한 전 부위에서 검출될

Table 6. Detection frequency of *Pythium* isolates from healthy seed-rhizomes of ginger collected from three underground storage caves at Seosan, Choongnam province

Portion of rhizomes examined	Detection frequency (%)	
	Before disinfection ^a	After disinfection ^b
Inner tissue	17.9	11.1
Wound	10.3	10.9
Wave-like epidermis	25.6	2.6
Smooth epidermis	10.3	4.2
Stem-emerged area	20.5	13.7
Crooked area	17.9	13.7
Dormant bud	25.6	10.9
Root	2.5	0
Average	16.3	8.4

^aSeed-rhizome disinfection was done by soaking the rhizomes in benlate-t 200× suspension for 4 hr. A total of 37 rhizomes were sampled for each portion.

^bA total of 39 rhizomes were sampled for each portion.

였으나 그 빈도는 대부분 낮았다.

표피안쪽 육질에서의 *Pythium*속 진균의 검출빈도를 보면(Fig. 2), 표피로부터 가까운 부위일수록 검출비율이 높고 육질안쪽으로 들어갈수록 낮아서 표피조직에서의 검출율이 82%에 비하여 표피로부터 2.4 cm 떨어진 육질에서의 검출비율은 9%에 불과하였다.

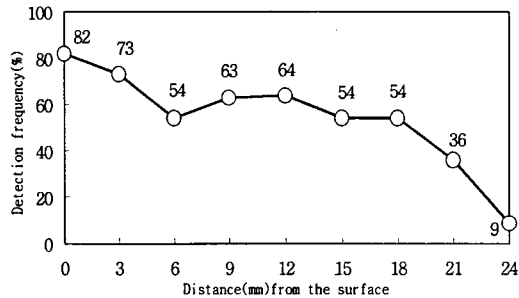


Fig. 2. Detection frequency (%) of *Pythium* isolates from inner tissues of discolored seed-rhizomes as influenced by the distance from epidermic surface of the rhizome.

Table 7. Pathogenicity of *Pythium* isolates obtained from seed-rhizomes of gingers when inoculated after wounding and preserved at two different temperatures

<i>Pythium</i> isolates ^a	% rotten area/rhizome		Rot type
	15°C	30°C	
PS-1	0	0	
PS-2	2	15	Water-soaked rot
PS-5	0	0	
PS-6	5	- ^b	Water-soaked rot
PS-7	0	0	
PS-9	5	80	Water-soaked rot
PS-13	0	90	Water-soaked rot
PS-14	0	0	
PS-15	0	30	Water-soaked rot
PS-16	0	70	Water-soaked rot
PS-19	0	-	
PS-20	0	70	Water-soaked rot
PS-21	0	0	
PS-22	0	-	
PS-23	30	90	Water-soaked rot
PU-27	0	100	Water-soaked rot
PU-28	0	20	Water-soaked rot
PU-30	0	0	
PU-31	0	0	
PU-33	0	80	Water-soaked rot
PU-49	0	15	Water-soaked rot
PU-58	0	100	Water-soaked rot
PU-59	0	90	Water-soaked rot
PU-61	-	10	Water-soaked rot
PU-65	0	30	Water-soaked rot
PU-70	0	5	Water-soaked rot
PU-76	0	0	
PU-79	8	5	Water-soaked rot

^a PS : *Pythium spinosum*, PU : *Pythium ultimum*.

^b Not tested.

생강 분리균들의 병원성. 생강 분리균의 PDA 배양편을 생강에 상처접종한 결과 *Pythium*속 균주들은 15°C의 저온보다는 30°C의 고온에서 생강을 심하게 부패시켰으며 일부 균주들은 15°C에서도 썩음증상을 유발하였다 (Table 7). 공시한 28개 *Pythium* 균주들은 병원성에 큰 차이를 보였으며 그 중 9개 균주는 병원성이 없었다. *Pythium*속 이외의 균주들의 병원성 검정결과 부패면적 5% 이상의 심한 부패현상을 초래한 균주는 *F. solani*, SD-2, S-7, SD-8, *Acremonium* sp 5-1 균주였고 세균은 *E. carotovora* 3균주와 *Pseudomonas aeruginosa* P-2 균주였다. 공시 분리균중 *Absida* sp는 병원성이 없었다. 병원성 균주들은 15°C, 20°C, 30°C에서 대부분 썩음을 초래하였으나 저온보다는 30°C의 고온에서 강한 부패현상을 보였다 (Table 8). 공시 진균중 *F. moniliforme*, *Doratomyces* sp, *Alternaria alternata*의 병원성은 저장온도와 상관없이 병원성이 약하였다.

인공접종시 균주별 부패형태를 보면 *F. solani*는 갈색 부패와 국부적 둥근무늬썩음증상을 초래하는 균주가 대부분이었고 *Pythium*속 균주들은 수침상의 썩음증상을 초래하였다. 세균의 경우 *E. carotovora* 균주는 예외없이 연부현상을 일으켰으며 *Pseudomonas* 균주들은 갈색부패나 노랑 연부현상을 초래하였다.

Table 8. Pathogenicity of various fungal and bacterial isolates other than *Pythium* spp from seed-rhizomes of gingers when inoculated after wounding and preserved at three different temperatures

Isolates ^a	% rotten area/rhizome			Rot type
	15°C	20°C	30°C	
<i>F. solani</i> SD-2	3	1	45	Reddish to brown rot
<i>F. solani</i> S-7	5	0	70	Brown rot
<i>F. solani</i> S-8	3	3	15	Red ring rot
<i>F. solani</i> SD-17	10	1	3	Brown rot
<i>F. solani</i> SD-20	0	1	2	Localized brown discoloration
<i>F. solani</i> SD-8	1	10	25	Red discoloration
<i>F. moniliforme</i> SD-1	0	0	0	-
<i>F. moniliforme</i> S-5	0	5	0	Brown discoloration
<i>F. moniliforme</i> S-6	5	3	10	White discoloration
<i>Doratomyces</i> sp S-10	1	3	0	Localized black discoloration
<i>Absida</i> sp S-11	0	0	0	-
<i>Acremonium</i> sp S-1	0	0	15	Black discoloration
<i>A. alternata</i> S-2	5	0	3	White discoloration
<i>E. carotovora</i> E-1	0	15	95	Soft rot
<i>E. carotovora</i> E-2	3	3	80	Soft rot
<i>E. carotovora</i> E-3	1	1	40	Soft rot
<i>Ps. aeruginosa</i> P-1	3	3	90	Brown rot, soft rot
<i>Ps. aeruginosa</i> P-2	0	5	5	Soft rot
<i>Ps. aeruginosa</i> P-3	3	1	5	Brown discoloration

^a F. : *Fusarium*, A. : *Alternaria*, E. : *Erwinia*. Ps. : *Pseudomonas*.

고 찰

생강 생산의 가장 큰 문제점은 생육기중 발생하는 뿌리썩음병과 저장중의 부패현상이라고 요약할 수 있다. 저장중 발생하는 부패의 정도는 저장고의 종류, 저장방법, 저장중간의 품종, 생산방법 등에 따라 크게 다르지만 심한 경우 70% 이상에 달하는 경우도 종종 있다. 이렇게 심한 피해를 받고 있음에도 불구하고 어떠한 미생물이 관련하는지에 대한 연구는 대단히 소홀히 다루어져 왔으며 특히 생육기의 뿌리썩음병균이 저장시의 부패에 얼마만큼 관련되어 있는지의 정보는 찾아 볼 수 없다. 막연히 *Fusarium* spp와 같은 부패관련 진균과 부패성 세균이 관련되어 있을 것으로 추정되어 왔다.

현 연구에서 보면 부패의 유형이 매우 다양하며 그 유형에 따라 관련 미생물의 종류도 다른 것으로 나타나고 있다. 저장시 일어나는 부패의 40%는 수침상 썩음인데 이 증상을 일으키는 주요 원인은 *Pythium*에 의한 것으로 나타나고 있어 생육기와 마찬가지로 *Pythium*속 진균에 의한 피해가 저장중에도 상당한 것으로 생각된다. 관여 *Pythium*속 균주들의 동정결과 대부분의 균주가 생강 뿌리썩음병을 일으키는 *Pythium myriotylum*과는 다른 *P. spinosum*과 *P. ultimum*종으로 동정되고 있으며 따라서 저장중의 생강부패에 생육기 뿌리썩음병균의 관여도는 매우 낮은 것으로 생각된다. 이것에 대한 가장 큰 원인으로서는 저장할 때의 온도와 상관성이 있는 것으로 생강의 저장온도가 12~15°C의 저온인데 비하여 생강 뿌리썩음병균은 *Pythium*속중 대표적인 고온성 종으로 생육적온이 35~37°C에 달하고 있어 저장중 뿌리썩음병균이 활동할 가능성은 거의 없으리라 생각된다.

이번 조사결과를 보면 저장중으로부터의 *Pythium myriotylum*의 분리비율이 극도로 낮게 나타나고 있어 생육기에 발생하는 뿌리썩음병균의 주요 전염원으로 이병 종강을 꼽는데는 좀 더 검토할 문제가 있다고 생각된다. 물론 더 많은 표본을 조사하여 보아야 할 가치는 있으나 서로 다른 3개의 저장굴에서 임의 표본으로 실시한 조사의 객관성으로 보아 이 추론은 충분한 신빙성이 있다고 생각된다. 따라서 생육기중 발생, 만연하는 뿌리썩음병의 주요 전염원은 향후 종강보다는 토양쪽에 보다 중점을 두어 토양전염원을 대상으로 한 방제방법이 중점적으로 강구되어야 할 것으로 생각된다.

저장중 부패생강에서 흔히 발견되는 *Fusarium*속 균총들은 동정결과 주로 *F. solani*와 *F. moniliforme*로 밝혀졌는데 후자는 병원성이 약하게 나타나고 있어 주로 *F. solani*가 저장중 부패에 관여하고 있는 것으로 생각된다. *F. solani*는 주로 갈색썩음과 국부적 둥근무늬썩음에 관여하고 있는 것으로 생각되며 특히 후자의 경우는 단독 병원균으로 생각된다. 갈색썩음증상은 *F. solani*와 함께

*Pseudomonas*속 세균 및 선충이 함께 관련되어 있는 복합병해로 생각되는데 갈색썩음은 저장중에 발생하는 부패의 약 20%에 해당되고 있어 이의 방지를 위해서는 복합적인 접근방법이 필요할 것이다.

저장중 생강의 육질이 노란색갈로 흐물흐물하게 물러섬은 증상은 주로 세균이 관여하고 있으며 주종은 *Erwinia carotovora*로 동정되었다. 이 형태의 썩음증상에서는 선충도 함께 높은 빈도로 분리되고 있는데 선충이 2차적으로 부생하고 있을 가능성이 높다. 그러나 선충에 의한 상처를 통하여 무름병균이 침입되었을 가능성도 있다. 물러섬증상을 일으키는 세균중에서는 *E. carotovora* 이외에 *Pseudomonas aeruginosa*도 관여하고 있는 것으로 생각되나 그 병원성은 대부분이 전자에 비하여 약한 것으로 생각된다.

이와 같이 저장중의 생강부패는 주 관여 병원미생물로 보아 *Fusarium solani*에 의한 것, *Pythium* spp에 의한 것, 세균중 *Erwinia carotovora*, *Pseudomonas aeruginosa*에 의한 것으로 구분할 수 있는데 갈색썩음증상처럼 2종 이상의 미생물이 복합적으로 관여하는 것도 있어 이들 3~4종의 주요 병원균에 대한 보다 상세한 생태연구가 이루어져야 한다.

부패증상의 40% 이상을 차지하는 수침상 썩음의 주요 원인으로 지목되는 *Pythium*의 생강내 존재부위를 보면 주로 건전 생강의 표피조직이나 썩은 생강의 내부육질에서 고율로 분리되고 있다. 특히 *Pythium* 균주들은 현재 종강소독제로 고시되어 널리 쓰이고 있는 베노람 수화제로 종자소독한 후에도 높은 빈도로 분리되고 있어 그 소독효과가 낮은 것으로 생각된다. 따라서 현재 농가에서 생강을 종자소독한 후 파종하였다 하더라도 *Pythium*이 생강의 지상부 출현전에 생강을 부패시키거나 생강의 지체부를 썩힐 가능성이 있어 향후 *Pythium*을 대상으로 한 종강소독제의 개발이 시급히 강구되어야 할 것으로 생각된다.

앞으로 저장중에 발생하는 생강의 부패현상을 막기 위한 방법으로는 *Fusarium*이나 *Pythium*에 효과적인 약제의 저장전 처리방법이나 앞의 두종의 진균과 부패관여 세균들을 대상으로 한 길항균을 이용한 생물학적 방제방법을 생각할 수 있으며 특히 저장전에 고허성 길항균을 포함한 매체를 사용하여 분의하는 방법은 매우 실용성이 높은 것으로 생각되고 있으며 이에 대한 연구가 본 연구실에서 진행중에 있다.

선충은 부패 유형중 셋노랑물러섬과 갈색썩음 증상에서 높은 빈도로 분리되고 있어 이들 부패유형에 주로 관여하는 것으로 생각되어 진다. 특히 갈색 썩음증상 유형에서는 *Fusarium*과 함께 분리되고 있어 이 형태의 썩음증상에서 *Fusarium*과 복합적인 역할을 담당하고 있을 가능성이 있다. 선충을 대상으로 한 인공접종 시험이 실

시되지 않아 그 역할에 대해서는 상세한 사항을 알 수 없으나 병원균이 침입할 수 있는 상구를 만든다는 점에서 저장굴의 생강부패에 중요한 역할을 담당하고 있는 미생물의 하나로 생각되어 진다. 향후 이에 대한 연구가 보완되어야 한다.

요 약

충남 서산시 인지면 소재 3개소의 생강 저장토굴에서 채취한 썩은 생강표본을 부패 형태별로 구분하여 관여 미생물을 동정하고 인공 상처접종으로 병원성을 조사하였다. 썩음형태는 섯노랑물러썩음, 갈색썩음, 둥근무늬썩음, 수침상썩음의 4가지 유형으로 구분되었으며 수침상썩음이 40%로 그 빈도가 가장 높고 둥근무늬썩음이 14%로 가장 적었다. 썩음형태별로 병원 미생물의 관여도가 달라서 섯노랑물러썩음은 *Erwinia carotovora*와 *Pseudomonas aeruginosa*, 갈색썩음은 *Fusarium solani*와 *Ps. aeruginosa* 및 선충, 둥근무늬썩음은 *F. solani*, 그리고 수침상썩음은 *Pythium spinosum*과 *P. ultimum*이 주 관여 미생물로 동정되었다. 생강뿌리썩음병원균인 *Pythium myriotylum*은 저장종강에서는 거의 분리되지 않아 종강 부패와는 관련성이 낮았다. 병원성 *Pythium* 균주들은 건전종강 표피의 파상부늬부위, 맹아, 줄기출현부위, 그리고 썩은 종강의 표피 및 육질에서 높은 빈도로 검출되었으며 표피 육질안쪽으로 들어갈수록 검출빈도가 낮았다. 병원성 미생물들은 인공접종시 15°C, 20°C, 30°C에서 생강의 썩음증상을 일으켰으며 저온보다는 고온에서 썩는 정도가 훨씬 심하였다.

참고문헌

1. Chattopadhyay. 1967. *Zingiber officinale* Rosc. Pages 20-31

- In: Diseases of Plants Yielding Drugs, Dyes and Spices.* Indian Council of Agricultural Research, New Delhi.
2. Kim, C. H., Hahn, K. D. and Park. K. S. 1996. Survey of rhizome rot incidence of ginger in major production areas in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 12: 336-344.
 3. Kim, C. H., Yang, S. S. and Park. K. S. 1997. Pathogenicity and mycological characteristics of *Pythium myriotylum* causing rhizome rot of ginger. *Korean J. Plant Pathol.* 13: 152-159.
 4. Kim, C. H., Yang, S. S. and Hahn, K. D. 1997. Ecology of ginger rhizome rot development caused by *Pythium myriotylum*. *Korean J. Plant Pathol.* 13: 184-190.
 5. Kim, C. H., Yang, S. S. and Hahn, K. D. 1998. Effects of soil disinfection, fungicide application, and narrow ridge cultivation on development of ginger rhizome rot caused by *Pythium myriotylum* in fields. *Korean J. Plant Pathol.* 14(3): 253-259.
 6. Middleton, J. T. 1943. The Taxonomy, Host Range and Geographic Distribution of the Genus *Pythium*. Lancaster press, Inc. 171pp.
 7. Shinsu, T. 1978. Ecology and control of rhizome rot of ginger. *Plant Prot.* 32: 467-470.
 8. Shinsu, T. 1984. Rhizome rot of ginger and its control. *Plant Prot.* 38: 233-236.
 9. Seosan city Extention Office. 1996. Cultivation guideline of garlic and ginger. 43pp.
 10. Vander Plaats-Niterink, A. J. 1981. Monograph of the Genus *Pythium*. Centraabureau Voor Schimmelcultures, Baarn, 242pp.
 11. Waterhouse, G. M. 1967. Key to *Pythium* Pringsheim. Mycological Papers No. 109. Commonwealth Mycological Institute. Ferry Lane, Kew, Surrey, England.
 12. Yang, K. D., Kim, H. M., Lee, W. H. and So, I. Y. 1988. Studies of rhizome rot of ginger caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* and *Pythium zingiberum*. *Korean J. Plant Pathol.* 4: 271-277.
 13. Yu, Y. N. and Ma, G. Z. 1989. The Genus *Pythium* in China. Academia sinica, Beijing, China, 110pp.

(Received October 1, 1998)