

약제에 의한 *Pythium zingiberum*의 생장 및 생강 근경부패병 발병 억제효과

최인영 · 이왕휴* · 소인영
전북대학교 농과대학 농생물학과

Effects of Chemicals on Growth of *Pythium zingiberum* Causing Rhizome Rot of Ginger and Inhibition of the Disease Development

In Young Choi, Wang Hyu Lee* and In Young So
Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Chonbuk National University,
Chonju 561-756, Korea

ABSTRACT : All of 52 isolates from ginger rhizomes with rotting symptoms obtained in 1993 from ginger fields in Wanju (Chonbuk) and Seosan (Chungnam) areas, Korea, were identified as *Pythium zingiberum*, and appeared pathogenic to the plant in a pot test, although there were some variations in virulence among the isolates. Responses of the isolates to various chemicals including metalaxyl (MT), metalaxyl + copper oxychloride (MC), echlomezol (EM), and propamocarb hydrochloride (PC) varied depending on the isolates tested; mycelial growth was almost completely inhibited by MC and MT at the concentrations of 50 mg/L and 100 mg/L, while 3 isolates were not affected by EM even at 100 mg/L. In case of PC, oospore formation also greatly varied depending on the isolates tested, regardless of sensitive and resistant isolates to the chemicals. The diseased development in pre-inoculated and naturally infected rhizomes of ginger was significantly inhibited by MT, MC and EM, but not effectively by PC.

Key words : ginger, *Pythium zingiberum*, chemicals.

*Pythium*균은 세계 곳곳에 분포하는 토양 전염성 병원균으로서 다양한 기주범위를 가지며, 모잘록병, 근부병 등을 일으킨다(7, 10, 15). 생강 근경부패병의 병원균은 *Pythium zingiberum*으로 일본에서 처음 보고되었으며(13), 우리나라에서도 소 등(12)에 의해 *Pythium* sp.가 보고되었고, 양 등(17)에 의해서도 이 병원균이 *Pythium zingiberum*으로 동정된 바 있다.

본 병은 일본과 국내 생강 주산단지인 전북 완주, 그리고 충남 서산에서 발생하여 큰 피해를 주고 있다. 이 병의 방제를 위해 일본에서는 methyl bromide로 토양 훈증소독, echlomezol 유제의 관주 등이 이용되고 있으며(4, 11) 우리나라에서는 생강포장에 metalaxyl을 토양 관주하고 있고, 등록 약제로 metalaxyl+copper oxychloride, propamocarb hydrochloride 등이 시판 중에 있다(8). 현재 재배농가에서는 근경부패병 방제

를 위해 수 차례씩 농약을 토양에 관주하고 있어 농약 남용에 따른 내성균 출현으로 인한 약효감소, 약해 및 농약잔류의 위험성도 상존하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구자들은 생강 근경부패병 병원균을 분리 동정하고 효과적인 방제약제 선발을 위해 공시 약제가 병원균의 균사신장 및 난포자 형성에 미치는 반응, 그리고 방제효과 등을 검토하였다.

재료 및 방법

병원균의 분리 및 동정. 1993년 6~10월 사이 완주와 서산에서 채집한 생강 근경부패병 이병주로부터 water agar를 이용하여 분리한 후 선단부의 단일 균사를 떼어 corn meal agar(CMA)에서 배양하여 보존하였다. 균의 동정은 광학현미경하에서 Waterhouse(16)나 Plaats-Niterink(14)의 방법에 따라 실시하였다.

병원성 검정. 병원성 검정에 사용한 종강은 건전

*Corresponding author.

포장에서 생산된 건전종강만을 선별하여 echlomezol 500배액으로 2분간 침지 소독한 후 25°C 항온기 내에서 3~5일간 최아시켜 사용하였다(4). 습실처리한 페트리디쉬에 최아된 종강을 놓고 각 공시균주의 선단부를 콜크보러(Ø 5 mm)로 찍어내어 절단부위 신초에 접종하여 절단부위의 변색 및 부패정도, 신초의 고사상태를 조사하여 병원성 여부를 판정하였다.

공시약제의 실내검정. 공시약제는 국내 시판중인 metalaxyl(94.5% a.i., WP), metalaxyl+copper oxychloride(96.4% a.i., WP), propamocarb hydrochloride(71.2% a.i., EC)(8)와 일본에서 사용되는 echlomezol(40% a.i., EC)(4) 등을 사용하였다. 약제는 10 ml에 농도별로 용해시켜 50°C로 식힌 옥수수 즙액배지(CMA, 옥수수 분말 23 g, agar 15 g)에 농도별로 희석평판하였다. 각 평판배지에 공시균주의 선단부를 콜크보러(Ø 5 mm)로 찍어 접종후 25°C에서 배양하였다. 배양 후 균사신장을 매일 조사하였고, 최종조사는 7일 후에 실시하였다. 균사신장이 억제되지 않는 약제는 1 cm² 안에 있는 난포자수를 계수하였다.

약제방제. 약제방제 효과를 조사하기 위해 고압멸균한 멸균토양을 사각 플라스틱 포트(55×20×14 cm)에 채운 후 파종하였다. 접종균주는 병원성이 강하게 나타난 CSIY1 균주를 10% V-8 juice agar에서 7일간 배양한 다음, 평판배지 1개당 100 ml 멸균수를 첨가 마쇄하여 한 포트당 115 ml씩 접종하였다(5, 9). 병원균 접종방법은 신초가 출현하였을 때 병원균을 관주 접종하였고, 접종시 온도는 20~30°C였으며 토양수분이 건조하지 않도록 유지하였다. 약제 처리방법은 생강식재후 병원균 접종후 약제처리구와 이병종강을 최아 식재한 후 약제처리구로 하였다. 각 공시약제는 멸균수에 50 ppm으로 희석하여 파종후 1, 3, 7일에 각각 100 ml씩 토양 관주한 다음 1주일 간격으로 공시약제를 4회 관주하였으며 최종살포 한달 후 방제가를 산출하였다(1).

결 과

병원균의 동정. 분리된 균주중 52균주를 CMA에서 배양한 뒤 장난기와 장정기 부착 부위, 난포자 크기, 유주자낭의 형태 등을 관찰하였다. 분리 균주는 이미 보고된 바(3)와 같이 사상 유주자낭으로 직경이 20~45 µm의 정생한 장난기는 평활하고, 장정기는 막대모양에 1~2개가 축착하였고 난포자 크기는 10~35 µm이므로 전균주 모두 *Pythium zingiberum*으로 동정하였다.

병원성 검정. 1993년 전북 완주와 충남 서산지역의 생강 이병주에서 분리한 균주와 분양받은 균주를 이용하여 실내 병원성 검정 결과 Table 1처럼 약병원성에서 강병원성까지 분포하였다. 병징은 접종 5~7일 후부터 접종부위가 갈변되기 시작하여 10일 후에는 신초가 갈변 고사되거나 부패되었다.

균사생육 및 난포자 형성에 대한 억제효과. 공시약제에 대한 상대적 균사생육 정도는 Table 2와 같다. 약제를 0, 10, 50, 100 mg/L 첨가한 CMA배지에서의 균사신장을 조사한바 metalaxyl에서는 무첨가구에서 접종 3~5일째에 페트리디쉬를 채웠으며, 10 mg/L 약제구에서는 대부분 균사의 균사생육은 저지되었다. 그러나 일부 균주는 양호한 균사생장을 보였다(3/20균주). 50 mg/L 첨가로 일부 균주(5/20균주)만이 생장하였으나, 100 mg/L 첨가구는 전혀 자라지 못하였다. Metalaxyl+copper oxychloride 10 mg/L 첨가구는 metalaxyl 10 mg/L에서도 생장한 균주를 현저하게 억제시켰으며, 어떤 균주도 50 mg/L 첨가로 생장하지 못하였다. Echlomezol은 metalaxyl이나 metalaxyl+copper oxychloride 보다 비교적 효과가 적었는데, 10 mg/L처리로 전혀 생장하지 못한 균주가 5/20균주, 대조구와

Table 1. Pathogenicity test of *Pythium* isolates to ginger plants

Isolate ^a	Collection area	Pathogenicity
APZ	Japan	+ ^b
HCS	"	++
CSIY1	Chungnam	+++
CSIY5	"	++
CSP1-1	"	+
CSP3	"	+
CSG1	"	+++
CSG2	"	+++
CSG4	"	+++
CSG5	"	+++
CSG6	"	+++
CSK2-2	"	+++
CSIE6	"	+
JYBU	Chunbuk	++
JYA2-1	"	+
JYB4	"	++
JYB5	"	++
JYB6	"	++
JYY1	"	+++
JYY2	"	++

^a All isolates were identified as *P. zingiberum*.

^b + : weakly pathogenic, ++ : moderately pathogenic, +++ : strongly pathogenic.

Table 2. Relative growth of isolates of *Pythium zingiberum* on CMA medium amended with chemicals^a

Isolate	CMA medium at concentration of											
	10 mg/L				50 mg/L				100 mg/L			
	MT	MC	EM	PC ^b	MT	MC	EM	PC	MT	MC	EM	PC
APZ	57.3	7.1	81.4	100	10.2	0.0	0.0	82.1	0.0	0.0	0.0	60.7
HCS	43.6	7.9	52.9	100	8.9	0.0	0.0	95.0	0.0	0.0	0.0	40.7
CSIY1	0.0	0.0	77.1	100	0.0	0.0	0.0	81.4	0.0	0.0	0.0	33.6
CSIY5	77.8	0.0	50.0	100	18.9	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
CSP1-1	0.0	0.0	42.1	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
CSP3	0.0	0.0	42.9	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
CSG1	34.3	4.4	42.9	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	77.9
CSG2	35.1	8.9	10.0	100	0.0	0.0	0.0	87.1	0.0	0.0	0.0	78.6
CSG4	29.3	4.3	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	54.3
CSG5	16.8	0.0	100	100	0.0	0.0	10.0	100	0.0	0.0	0.0	67.9
CSG6	18.5	1.4	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	46.4
CSK2-2	8.5	5.0	43.6	100	5.7	0.0	0.0	79.3	0.0	0.0	0.0	51.4
CSIE6	49.7	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
JYBU	18.8	0.0	0.0	100	7.3	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100
JYA2-1	14.9	0.0	100	100	0.0	0.0	0.0	80.7	0.0	0.0	0.0	2.1
JYB4	6.0	0.0	100	100	0.0	0.0	100	100	0.0	0.0	100	100
JYB5	0.0	0.0	100	100	0.0	0.0	100	100	0.0	0.0	100	100
JYB6	0.0	0.0	100	100	0.0	0.0	21.4	100	0.0	0.0	100	2.1
JYY1	47.6	47.6	65.7	100	0.0	0.0	50.0	91.4	0.0	0.0	28.6	100
JYY2	53.5	53.5	14.3	100	0.0	0.0	0.0	85.0	0.0	0.0	5.7	100

^a Numbers represent average from four replications, length (mm) of fungal hypha at 7 days after inoculation.

^b MT : metalaxyl, MC : metalaxyl+copper oxychloride, EM : echlomezol, PC : propamocarb.

동일하게 자란 균주가 5/20균주였다. 각 약제의 10 mg/L 첨가구에서 propamocarb를 제외한 생장하는 group으로는 전 약제에서 생장하는 균(5/20균주), metalaxyl과 echlomezol에서만 생장하는 균(5/20균주), metalaxyl과 metalaxyl+copper oxychloride에서만 생장하는 균(3/20균주), metalaxyl에서만 내성을 나타내는 균(2/20균주), echlomezol에서만 내성을 나타내는 균(5/20균주)으로 구분되었다.

Propamocarb hydrochloride는 50 mg/L, 100 mg/L에서 2일째까지는 생장이 저해되었으나 그후 바로 생육하여 다른 약제보다 효과적이지 못했다. 100 mg/L에서도 생장저해를 나타내지 않는 propamocarb hydrochloride에 대해서 난포자 형성에 미치는 요인을 조사한 결과 Table 3과 같다. 균주는 propamocarb hydrochloride 100 mg/L에서 균사생육이 저지되지 않고 대조균주와 동일하게 자란 저항성 균주와 생육이 저지되는 감수성 균주로 구분하여 조사했는데, 100 mg/L에서 대조균주와 동일하게 자란 저항성 균주는 mg/L 농도가 높아질수록 난포자 형성량이 감소되었다. 그러나 감수성을 나타내는 균주는 대조균주의 난포자 형성량에 비해 10 mg/L, 50 mg/L에서 일부 균주를 제

외하고 대부분이 증가하는 경향을 보였다.

포트 내에서의 방제효과. 생강 식재후 병원균을 접종한 다음 약제처리구에서 echlomezol 방제가는 80%였으며, metalaxyl, metalaxyl+copper oxychloride는 60%를 나타냈으나 propamocarb hydrochloride는 낮았다. 이병증상을 식재한 후 약제처리한 방제가는 echlomezol 80%, metalaxyl과 propamocarb hydrochloride는 60%이었으나 metalaxyl+copper oxychloride는 40%로 낮은 방제가를 보였다. 이와 같이 동일 약제라 하더라도 약제처리 방법에 따라 약효가 다르게 나타났다.

고 찰

생강 근경부패병은 생강 재배지에서 크게 문제되고 있기에 본 실험을 통하여 이병주에서 병원균의 분리 동정, 몇 종의 농약을 이용하여 병원균의 약제반응 여부, 포트 내에서의 방제효과 등을 검토하였다. 전북 완주와 충남 서산의 생강 주산단지에서 이병주를 수집하여 분리한 병원균의 동정 결과 *P. zingiberum*이었고, 병원성 검정결과 생강에 병원성을 나타냈다. 이것

Table 3. Number of *Pythium zingiberum* oospores on CMA medium supplemented with different concentrations of the propamocarb hydrochloride for one week incubation at 25°C^a

Isolate	No. of oospores/cm ²			
	Concentration (mg/L)			
	0	10	50	100
CSIY5 ^b	1216.0	181.3	272.0	149.3
CSP1-1	245.3	160.0	485.3	384.3
CSP3	112.0	0.0	0.0	0.0
CSG1	869.3	912.0	565.3	336.3
CSG2	261.3	288.0	133.3	128.3
CSIE6	80.0	48.0	42.7	28.3
JYBU	320.0	288.0	250.7	160.0
JYB4	8.0	0.0	0.0	0.0
JYB5	7.2	0.0	0.0	0.0
JYB6	32.0	0.0	0.0	0.0
APZ ^c	10.7	10.7	3.7	0.0
HCS	1824.0	517.3	592.3	149.3
CSIY1	133.3	133.3	362.7	0.0
CSG4	240.0	373.3	144.0	181.3
CSG5	10.7	368.0	565.3	533.3
CSG6	74.7	170.7	373.3	16.0
CSK2-2	410.7	48.0	176.0	192.3
JYA2-1	394.7	309.3	309.3	0.0
JYY1	91.2	245.3	538.7	21.3
JYY2	464.0	325.3	490.7	80.3

^a Numbers represent average from three replication: number of oospore per cm² at 7 days after inoculation.

^b Selected propamocarb hydrochloride-resistant isolates in mycelial growth on CMA amended with PC.

^c Selected propamocarb hydrochloride-sensitive isolates in mycelial growth on CMA amended with PC.

은 一谷 등(5)이 생강에서 분리된 균이 생강 및 양하에 병원성을 나타낸다고 보고한 것과 일치하는 경향이였다. 농약에 대한 약제반응은 Table 2에서처럼 metalaxyl 10 mg/L에서 70.0% 균주는 배지상 균사생육이 저지되었으나 30.0%는 약제에 내성을 보였다. 이것은 농가에서 농약의 사용으로 인한 내성균의 발생가능성을 의미하는데, Gold와 Stanghellini(2)도 수경재배 조건의 시금치에서 분리한 *Pythium* spp.가 metalaxyl에 내성균으로 변이됨을 보고하였다. 한편, metalaxyl+copper oxychloride 10 mg/L는 같은 농도인 metalaxyl 10 mg/L에서도 생육한 균주를 현저하게 저지시켜 우수약제로 생각되나 구리를 함유하고 있기 때문에 후작물에 미치는 영향 및 잔류성 문제에 대한 연구가 요구된다. 한편 一谷(4)가 생육 초, 중기의 초발병주와 그 주위의 외관상 건전주에 대해 echlo-

Table 4. Suppressive effect of the chemicals treated to *Pythium zingiberum* (CSIY1) and measured 30 days after the last spray against ginger rhizome rot

Fungicide	Incidence of diseased rhizomes ^a (control value ^b) (%)	
	Pre-inoculated ^c	Naturally infected ^d
Metalaxyl WP	33.3(60.0) Y ^e	33.3(60.0)Y
Metalaxyl+copper oxychloride WP	33.3(60.0) Y	83.3(0.0) Z
Echloomezol EC	16.7(80.0) X	16.7(80.0) X
Propamocarb EC	66.7(20.0) Z	33.3(60.0) Y
No fungicide (control)	83.3(0.0) Z	83.3(0.0) Z

^a Disease incidence (D.P.) (%)=diseased rhizome/total rhizome×100. Each value indicates means of three replications, 6 rhizomes per replication, 30 days after last spray.

^b Control value (C.V.) (%)=(disease severity in control - disease severity in treatment)/disease severity in control ×100.

^c Pathogen inoculated in pot before chemicals sprayed; D. P. (%) and C.V. (%) investigated 30 days after last spray.

^d Chemicals sprayed to naturally infected rhizome, D.P. (%) and C.V. (%) investigated 30 days after last spray.

^e Means followed by the same letter in a column are not significantly different (p=0.05) according to Duncan's multiple range test.

mezol 유제를 포기 밑에 관주하던 2차 감염과 병원균의 만연을 저지한다고 보고한 바와 같이 echloomezol은 본 실험에서도 배지상에서 균사저지와 포트실험에서 방제효과가 인정되었으나 국내에서는 판매되지 않고 있는 실정이다. Propamocarb hydrochloride는 metalaxyl, metalaxyl+copper oxychloride, echloomezol에 비해 균사생육 저지 효과가 낮았다. Propamocarb hydrochloride는 *in vitro*에서 *Pythium*, *Phytophthora*에 아무런 저지효과가 없고 *in vivo*에서만 방제효과가 있는 것으로 알려지고 있는데, 이것은 벼 도열병균의 방제약제 probenazole이 도열병균에 대해 직접적인 길항작용이 없다는 보고(6)와 같았다. 한편 Propamocarb hydrochloride 첨가배지에서 생육하는 그룹과 억제되는 그룹의 난포자 형성량을 비교한 바(Table 3), 생육하는 그룹은 일부 균주를 제외하고 약제의 농도가 높아 질수록 난포자 형성량은 억제되는 경향이였으나, 균사생육이 억제된 그룹은 균주의 대부분이 10, 50 mg/L에서 최고치의 난포자 형성량을 나타내다 감소하는 경향을 보였다. 이것은 이들 균주가 불안정한 환경조

건에서 내구체를 형성하거나 또는 자극에 의해 난포자 형성량이 많아진 것으로 생각된다. 풋트실험 결과 생강 식재후 병원균을 접종하고 약제처리한 구와 이 병증강 식재후 약제처리구에서 echlomezol이 효과적이었는데, 이는 一谷(4)가 보고한 것과 일치하는 경향이다.

이와 같은 일련의 배지, 풋트실험 결과 *P. zingiberum*의 효과적 방제를 위해 국내 시판중인 metalaxyl, metalaxyl+copper oxychloride가 적절하다고 생각되나 약제의 효율성, 방제효과 증대, 기작, 내성균 출현 방지대책에 대해 지속적인 연구가 있어야 할 것이다.

요 약

1993년 전북 완주와 충남 서산지역에서 생강 근경부패병에 감염된 식물체로부터 *Pythium* sp.를 분리하였으며, 52균주를 형태적 특징과 병원성 검정을 통해 *Pythium zingiberum*으로 동정하였다. *P. zingiberum*으로 동정된 균주들이 재배지에서 사용되는 metalaxyl (MT), metalaxyl+copper oxychloride(MC), echlomezol (EM) 및 propamocarb hydrochloride(PC) 등에 균사생장, 난포자 형성에 미치는 영향 및 약제방제 효과 등을 검토하였다. MT, MC, EM 등이 혼합된 평판배지에서의 균사생육 정도는 50, 100 mg/L에서 균사생장 억제를 나타냈으나 3균주는 EM 100 mg/L에서도 균사생장이 저지되지 않았다. 100 mg/L에서도 균사생육 억제효과가 적은 PC의 경우 저항성균주의 난포자 형성량은 약제 희석농도가 높아질수록 저하되었으나, 감수성을 나타낸 균주는 10, 50 mg/L에서 오히려 증가하였다. 또한 풋트실험을 통한 약효검정 결과에서도 MT, MC, EM 등은 대조구에 비해 생강 근경부패병을 억제하였다.

참고문헌

1. 정운용, 오정행. 1993. 고추역병과 식물생육에 미치는 oxadixyl 및 metalaxyl 제제의 영향. 한국식물병

- 리학회지 9 : 156-161.
2. Gold, S. E. and Stanghellini, M. E. 1985. Effects of temperature on *Pythium* root rot of spinach grown under hydroponic conditions. *Phytopathology* 75 : 333-337.
3. 一谷多喜郎, 築尾嘉章. 1980. ショウガの根莖腐敗病をおこす *Pythium zingiberum*. 日植病報 46 : 539-541.
4. 一谷多喜郎. 1980. 連作ハウスにおける新ショウガの根莖腐敗病の防除. 關西病蟲研報. 22 : 7-11.
5. 一谷多喜郎, 新須利則. 1980. ショウガの根莖腐敗病をおこす *Pythium zingiberum* とその分布. 日植病報 46 : 435-441.
6. 岩野正敬. 1995. 抵抗性の誘導. 植物病理學事典, pp. 744-746. 日本植物病理學會編. 養賢堂.
7. Lifshitz, R., Sneh, B. and Baker, R. 1984. Soil suppressiveness to a plant pathogenic *Pythium* species. *Phytopathology* 74 : 1054-1061.
8. 농약공업협회. 1993. 농약 사용 지침서, pp. 290-296. 서울.
9. Robertson, G. I. 1972. Pathogenicity of *Pythium* spp. to seeds and seedling roots. *N. Z. J. Agric. Res.* 16 : 367-372.
10. 島貫忠幸. 1983. イネ科作物の病害と發生生態. 北海道畑作物の土壤病害, pp. 73-81.
11. 新須利則. 1978. ショウガ根莖腐敗病の生態と防除. 植物防疫 32 : 467-470.
12. 소인영, 김형무, 정성수, 김정만. 1987. 생강근경부패병에서 분리한 주요 병원미생물의 분포. 전북대학교 농대논문집 18 : 29-38.
13. 高橋 實. 1954. 農作物の疾病を起因する數種 *Pythium* 屬菌の形態と分類に就いて. 日植病報 18 : 113-118.
14. Plaats-Niterink, A. J. Van Der. 1981. Monograph of the genus *Pythium*. *Stud. Mycol.* No. 21 : 242pp.
15. 渡邊恒雄. 1980. 植物の土壤病害. 農業および園芸 56 : 77-80.
16. Waterhouse, G. M. 1968. The Genus *Pythium* Pringsheim. *Mycological Papers* No. 110. 71pp.
17. 양규도, 김형무, 이왕휴, 소인영. 1988. 생강 근경부패병을 일으키는 *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi*와 *Pythium zingiberum*에 관한 연구. 한국식물병리학회지 4 : 271-277.