

인삼 육성계통의 *Fusarium solani* 에 의한 근부병 저항성 비교

천성룡·김홍진

한국인삼연초연구소 증평시험장
(1990년 2월 28일 접수)

Comparison of Resistance of Root Rot Caused by *Fusarium solani* in Ginseng Breeding Lines

Seong Ryong Cheon and Hong Jin Kim

Jeung Pyung Experiment Station, Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Jeung Pyung 367-900, Korea
(Received February 28, 1990)

Abstract □ Root-rot of ginseng caused by *Fusarium solani* is one of the most obstacles to ginseng cultivation. We evaluated some inoculating techniques of ginseng with *Fusarium solani*, for selection of disease resistant breeding lines. The most effective inoculating techniques evaluated were inserting toothpicks colonized by *F. solani* into the seedling roots in laboratory test and dusting seedlings with vermiculite after dipping in conidial suspension and then replanting method in field test. The resistance to diseased by *F. solani* was lines of 82022 and 82066 in laboratory test, 82920-1 and 78093 in field test.

Key words □ *Fusarium* root-rot, *Fusarium solani*, disease resistant breeding lines, conidial suspension.

서 론

인삼재배에 있어서 뿌리썩음병은 수량감소와 함께 품질을 저하시켜 생산성 제고의 큰 제한요인이 되고 있다.

지금까지 뿌리썩음병 관련 병원균으로는 *Fusarium solani*,¹⁻⁸⁾ *Cylindrocarpon destructans*,⁹⁻¹¹⁾ *Erwina carotovora*,^{3,7,8)} *Pseudomonas fluorescens*^{1,6,7,12)} 등이 알려져 있으나 이들 병원균 하나 하나에 의해 단독으로 발병되기 보다는 상호관련하여 발현되는 복합감염 뿌리썩음병의 경우가 대부분이다. 인삼은 특히 한 곳에서 3-5년 동안 재배함으로써 뿌리썩음병 발병원인의 다양함과 아울러 방제도 어려운 실정이다. 그래서 뿌리썩음병 방제의 일환으로 저항성 품종육성이 매우 효과적이고 중요한 과제라 생각되지만 현재로서는 그 방법이 확립되지 못한 실정이다. 한편 타작물에 대해서는

Fusarium 을 공시하여 점종방법에 따른 점종원에 대해서 여러 가지 발표논문¹³⁻¹⁸⁾이 있는 반면 인삼의 뿌리썩음병에 대한 검정방법은 보고된 바 없다.

따라서 본 연구는 뿌리썩음병 관련 병원균 중의 하나인 *Fusarium* 에 의한 근부병에 대하여 시년근시에 계통을 선발하여 저항성 품종육성의 기초자료를 삼기 위한 검정방법을 모색하기 위해 몇 가지 실험한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

본 실험에 사용한 뿌리썩음병 균주인 *Fusarium solani* 는 한국인삼연초연구소 증평시험장 병리실에서 1980년에 김 등¹⁹⁾이 분리한 *F. solani* 균주를 공시하였다.

공시균주는 PDA (Potato Dextrose Agar) 배지에서 계대배양시키면서 필요시 단포자를 분리, 이용

하였으며 대형분생포자를 다량 형성시키기 위하여 형광등 혹은 산란빛을 주었다.

1. 실내실험

상처를 준 묘삼을 균부유액에 접종: 공시계통은 7264-3의 11계통을 공시하였으며 PDA 사면배지에서 1주일 배양된 test tube($\phi 18 \times 18$ mm)에 0.5% 멸균 설탕액을 첨가하여 만든 균부유액($2.5-8.0 \times 10^6$ /ml)을 접종원으로 사용했다. 묘삼의 너두 1 cm 아래에 침(사무용 침 12개 겹침)으로 3 mm 깊이로 찌른 후 준비된 부유액에 침지시켜서 그 묘삼을 습실 처리된 비닐상에 넣고 28°C 항온기에서 4일간 배양 후 병반의 크기를 측정 비교하였다.

상처를 준 묘삼을 Vermiculite로 제조된 상토에 심고 부유액 관주: 공시계통은 680-79-3의 9계통이며 PDA 배지에서 배양한 *F. solani*의 균체에 멸균한 0.5% 설탕액을 첨가, 균의 밀도가 $3.5-8.0 \times 10^5$ /ml로 조절한 것을 접종원으로 사용하였다. 묘삼은 실험 위와 같이 상처를 준 후 비닐 Pot에 300g의 Vermiculite(Fine) 넣고서 부유액 100 ml/씩 관주하였으며 대조구(무접종)는 부유액 대신 살균수로 관주하였다. 접종 후 1개월 후 근부병 이병률을 조사 및 비교하였다.

파종 후 부유액 관주: Pot($\phi 15 \times 13$ cm)에 79304의 19계통의 종자를 15립씩 1984년에 춘파한 후 1 ml/당 병원균의 포자부유액($2-3 \times 10^6$ ml)을 생육 중인 7월 13일에 Pot 당 100 ml/씩 관주하였다. 근부병 이병률은 접종 33일 후에 조사하였다.

이쑤시개 접종: 묘삼은 81712-1의 21계통을 사용했으며 접종은 Auld¹⁴⁾ 등의 방법을 변형한 것으로 먼저 이쑤시개의 뾰족한 부분의 끝에서부터 1.5 cm 정도 찌른 것을 Richard's sol.에 침지, 살균 후 공시균이 접종된 Petri-dish(PDA)에 이쑤시개를 올려놓고 7일간 배양하였다. 접종방법은 묘삼의 너두 밑 1.5 cm 부근에 병원균이 부착된 이쑤시개를 찢어 삽입, 접종하였고 묘삼을 Knop's sol.을 1/3로 희석하여 묘삼근의 하단에 닿게 하고, Air pumping(관상어용)하는 동시에 비닐을 덮어 습도를 유지시켰다. 단 대조구는 살균된 이쑤시개만 삽입하였으며 접종 4일 후(4월 15일)와 9일 후(4월 20일)에 근부병 이병률을 조사 비교하였다.

2. 포장시험

살균토양과 이병토양의 혼합: 혼중제인 Cylone[®](영일화학제품)으로 소독한 토양에 이병토양(재작지의 밀도가 4×10^8 propagules/g-soil, 채굴시 뿌리 썩음병 60% 정도)을 10, 30%(w/w) 혼합상토에 1982년 4월 3일 식재하였다. 공시계통은 실내실험 첫번째와 같고, 근부병 이병률은 그해 8월 16일에 조사하였다.

예정지 토양에 부유액 관주: *F. solani* 포자부유액($2-9 \times 10^7$ /ml)에 요소를 0.5% 첨가한 것을 접종원으로 사용했다. 1983년 4월 4일에 예정지 관리된 신설포장에 묘삼을 칸당(90×180 cm) 10행 8열로 식재한 후 상기균 부유액을 4월 6일과 6월 18일 2회에 걸쳐서 칸당 2 l/씩 관주하였다. 단, 대조구는 물에 요소 0.5% 첨가하여서 칸당 2 l/씩 관주하였다.

혼중제 처리 토양에 균부유액 관주: 공시계통은 7302-4-1의 14계통이고 접종원의 준비는 면적 500 ml/ Δ flask에 토양과 쌀겨를 4:1 비율로 혼합한 것을 300 ml/씩 넣고서 4% 설탕액을 150 ml/첨가, 고압살균 후 공시균주를 접종 배양(25°C에서 15일간)하였으며 배양된 접종원을 풍건, 분쇄 후 혼중제(Cylone[®])로 토양 소독을한 예정지에 칸당 300g/씩 토양 혼합하고 1일 후 공시 묘삼을 칸당 10행 12열로 식재하였으며 이 때 토양내의 병원균의 밀도는 1.03×10^3 spores/g-soil 수준이었고, 근부병 이병률은 그해 10월 22일에 채굴하여서 조사 비교하였다.

부유액 침지 및 Vermiculite분의 접종: 공시계통은 81712-1의 21계통이며 1차 접종은 공시균의 포자부유액($3.5-7 \times 10^7$ /ml)에 계통별 묘삼의 너두 밑 약 1/3 부분을 제외한 나머지 부분을 침지한 다음 Vermiculite(Fine)에 분의하여 식재하였다. 2차 접종은 1차 접종 후 발병이 잘되지 않아서 설탕이 5% 첨가된 병원균의 포자부유액($1-3 \times 10^4$)을 1차 접종 113일 후에 칸당 2 l/씩 재관주 접종하였다. 이 때 대조구는 5% 설탕액을 같은 양으로 관주하였다.

이상의 실내 및 포장시험의 근부병 이병률은 지수(0; 건전, 4; 심)로 나타내어 백분율로 환산하였다

$$(\text{근부병 이병률}) = \frac{\sum f(x)}{4n} \times 100(\%)$$

결과 및 고찰

1. 실내실험

실내에서 인삼 뿌리썩음병 (*Fusarium root-rot*)의 효과적인 검정방법을 모색하고자 몇 가지 실험을 하였던 바 그 결과는 다음과 같다. 7264-3외 11계통의 묘삼에 상처를 준 후 병원균의 포자부유액에 묘삼을 침지, 접종 후 근부병의 발병 정도를 비교 조사하였던 바 7259-1 및 7264-3계통이 무접종에 비해 병반 크기가 큰 반면 680-57-1계통은 무접종과 비슷한 경향이였다 (Table 1).

상처를 준 묘삼을 질석으로 조제된 상토에 이식 후 근부유액을 관주, 접종하고 1개월 후 근부병 이병률을 조사하였던 바 (Table 2) 균 부유액을 관주하지 않은 대조구의 이병률이 38.9%인데 비해 접종구에서는 공시계통 모두가 이병률이 60% 이상으로 심히 이병되어 계통간의 차이를 볼 수가 없었다. 대조구와 접종구 공히 이병률이 높은 것은 상토의 수분조절이 여의치 못한 것으로 사료되며 실내에서 계통간의 이병정도를 간편하게 비교 검정하는 방법

으로 적당치가 않았다.

Pot에 인삼의 계통종자를 파종하고 생육중기에 균 부유액을 관주 접종한 경우의 근부병 이병률을 보면 (Table 3) 무접종이 3.8%인데 비해 7259-1외 19계통은 3.7-50.1%의 이병률을 나타내어 계통간에 차이가 잘 나타남을 알 수 있었으나 이 또한 Pot의 수분조절이란 문제가 원만한 시험수행의 큰 장애요인이 되었다. 마지막으로 Auld 등¹⁰⁾의 접종방법을 변형하여서 사용한 이쭈시개를 이용한 접종방법은 삽입된 부위의 뿌리썩음병 병반이 확실히 나타나고 병반 크기에 있어서도 계통간에 뚜렷한 차이를 보였다.

Table 4에서 보는 바와 같이 82022, 82066 그리고 78215계통은 거의 발병되지 않은 반면 78092, 78111, 78149 그리고 78167계통은 공시한 거의 모든 개체가 병반을 형성하였을뿐 아니라 병세도 크게 진전되어 이병성으로 나타났다 (Table 4). 이쭈시개를 이용한 접종법은 간단하게 많은 계통수를 그리고 짧은 기간내에 검정할 수 있어 효과적인 방법이라 생각되나 앞으로 포장시험과 연계하여 더 검토되어야 할 것이다.

Table 1. Reaction of breeding inees to fusarium root-rot organism at seedlings (Lab. test)*

Breeding lines	Lesion** length (mm)
Control (Non-inoculated)	7.5
7264-3	18.0
7259-1	38.6
7266-1	12.2
7224-1	8.5
7222-1	16.4
680-57-1	7.5
680-76-7	13.4
680-58-3	10.7
680-76-2	13.8
680-83-4	13.7
680-76-9	11.5
663-4-4	16.4

*Making wounds with pins and inoculating by dipping in conidial suspension ($2.5-8.0 \times 10^6/m$)

**Lesion length was measured 4 days after inoculation

Table 2. Reaction of breeding lines to *Fusarium root-rot* organism as seedlings (lab. test)

Breeding lines	Root-rot (%)
Control	38.9
Violet-stem-var.	82.8
680-79-3	91.7
7234-1	90.6
7262-6	87.5
680-55-1	71.9
680-76-1	65.9
680-58-1	98.5
7246-2-1	85.3
7266-1	90.3
680-58-3	96.9
7229-1	100.0

Inoculated date: Apr. 16, 1982

The composited inoculum contained $3.5-8.0 \times 10^5$ propagules/ml.

Inoculation: 100 ml-suspension/300g-vermiculite Observation date: May 16, 1982

Root-rot(%) = $\frac{\sum f(x)}{4n} \times 100$

2. 포장시험

포장에서 뿌리썩음병균의 몇 가지 접종방법에 의한 계통간의 이병 정도를 비교 조사한 결과는 Table 5-8과 같다.

훈증제로 소독한 토양에 10, 30%의 비율로 재작지 토양을 혼합하여 조제한 상토에 공시계통별 묘삼을 식재하고 근부병 이병률을 조사하였던 바 접종 1개월 후에 680-58-1 및 680-76-1계통의 이병률이 40% 이상으로 다른 계통에 비해 피해가 심하였으나 (Table 5) 생육후기에 갈수록 토양의 혼합비율이나 계통간에 차이없이 심하게 이병되어 비교 검토할 수 없었다. 이는 재작지 또는 뿌리썩음병 이병토양이 단일 병원균에 의해 오염되어 있는 것이 아니고 여

Table 3. Reaction of breedings lines to Fusarium root-rot organism st seedling stage (Pot)

Breeding lines	Root-rot (%)
Control	2.8
79304	3.7
7237-1	5.6
79023	7.3
79027	9.6
79308	10.1
79144	10.6
7215-2	12.5
79302	15.4
79301	19.1
79039	20.3
79213	22.6
79152	24.8
79001	26.0
79195	29.7
79216	31.1
79309	31.6
7264-3	38.9
663-4-4	39.3
663-4-7	43.4
7259-1	50.1

Inoculation date: Jun. 13, 1984

The composited inoculum contained $2-3 \times 10^6$ propagules/ml

Inoculation: 100 ml-suspension/Pot (ø15 × 13 cm)

Observation date: 33 days after inoculation

$$\text{Root rot}(\%) \times \frac{\sum f(x)}{4n} \times 100$$

러 가지 근부 관련 병원균과 토양내의 발병요인들이 혼재되어 복합적으로 작용하고 있어 계통간의 이병 정도를 단순 비교하기는 적당하지 않은 것으로 생각된다. 예정지 토양에 병원균의 포자부유액을 관주했던 경우의 근부병 이병률을 보면 무처리구가 9.8%인데 비해 관주 접종구가 18.7%로 높았으나 (Table 6) 이후 병세의 진전이 없었다.

Table 4. Reaction of breeding lines to fusarium root-rot organism at 2-year-old ginseng plant (field test)

Breeding lines	No. of healthy and diseased plants			
	Apr. 15		Apr. 20	
	H ^a	D ^b	H ^a	D ^b
Control	12	0	12	0
Violet-stem-				
var.	4	8	3	9
81712-1	10	2	10	2
81723-1	10	2	10	2
81763-1	8	4	8	4
81773-1	8	4	6	6
82920-1	6	6	5	7
81955-1	7	5	6	6
7231-2-1	6	6	3	9
82022	11	1	11	1
72066	11	1	11	1
78062	6	6	2	9
78092	5	7	1	11
78093	4	7	2	9
78111	4	8	1	11
78139	9	3	9	3
78142	4	8	4	8
78149	5	7	1	11
78167	1	11	1	11
78204	8	4	6	6
78215	11	1	11	1
78216	5	7	2	10
78222	6	6	5	7
78657	4	8	4	8

^aNumber of healthy plants

^bNumber of diseased plants

Inoculation date: Apr. 11, 1988

Inoculation: Wooden toothpicks inoculated were inserted at 1.5cm below the seedling rhizome.

Sterile toothpicks were used as the control

Table 5. Reaction of breeding lines to fusarium root-rot organism at 2-year-old ginseng plant (field test)

Breeding lines	Root-rot (%)	
	A ^a	B ^b
Control	22.5	27.5
Violet-stem-var.	27.5	62.5
680-79-3	25.0	47.5
7234-1	20.0	40.0
7262-6	29.5	32.4
680-55-1	15.0	20.0
680-76-1	42.5	42.5
680-58-1	41.7	47.5
7246-2-1	10.0	22.5
7266-1	20.0	40.0
680-58-3	25.0	37.5
7229-1	12.5	42.5

^aReplanted-Fumigated soil = (1:9, W/W)

^bReplanted-Fumigated soil = (3:7, W/W)

The composited inoculum contained 4×10^3 propagules/g-soil

Observation date: Aug. 16, 1982

$$\text{Root-rot}(\%) = \frac{\sum f(x)}{4n} \times 100$$

이는 토양에서 병원균의 정착 또는 적응이 잘되지 않은 것으로 사료되어 처리한 병원균이 토양에 잘 정착 적응하도록 썰커가 혼합된 토양에 병원균을 1차 증식시킨 접종원을 혼중제로 소독한 토양과 혼합한 상토에 계통별 묘삼을 식재하고 6.5개월 후 근부병 이병률을 조사하였던 바(Table 7) 대조구의 이병률이 17.0%인데 비해 접종구에서는 30.9-67.3%로 이병률이 높았고 계통간에도 차이를 보여 3군으로 구분할 수 있었으나 혼중제 처리 후 접종원을 처리하는 방법에 있어 혼중제를 처리할 때 노력과 경비 그리고 토양과 혼합시 많은 노동력이 요구되고 또한 혼중제의 처리시기 및 휘산 등의 여러 가지 문제점이 있어 혼중제 처리가 접종원의 토양혼합 등의 어려움을 피하고 접종균의 정착이나 토양내 적응성을 높이기 위해 묘삼을 균부유액에 침지한 후 질석으로 균이 부착된 뿌리부위를 피복하는 방법을 시도하였던 바 그 결과는 Table 8과 같다.

장해가 심하였던 자경종(Violet-stem-var.)의 근부병 이병률이 45.3%였고 그외 계통들은 비교적 이병률이 낮았지만 계통간에는 차이를 인지할 수 있

Table 6. Reaction of cultivar to Fusarium root-rot organism at 2-year-old ginseng plant (field test)

Treatment ^a	Root-rot ^b (%)
Control	9.8
Inoculated soil	18.7

^aInoculation date: Apr. 6 and Apr. 18, 1983. The composited inoculum contained $2-9 \times 10^7$ spores/ml. Inoculation: 2 l -suspension + 0.5% urea/90 × 180cm

^bObservation date: Sep. 13, 1983

$$\text{Root rot}(\%) = \frac{\sum f(x)}{4n} \times 100$$

Table 7. Reaction of breeding lines to fusarium root-rot organism at 2-year-old ginseng plant

Breeding lines	Root-rot (%)
Control	17.0
7337-1-1	30.9
79306	33.8
79207	35.0
79037	36.6
79230	40.3
69303	42.6
79039	43.2
79100	43.8
7365-2-1	45.7
79023	47.5
7302-4-1	48.8
79011	50.7
79309	55.0
79305	61.3
78205	67.3

Inoculation date: Apr. 9, 1985

Population of *F. solani*: 1.03×10^3 spores/g-soil

Inoculation: 300g-inoculum/90 × 180cm

Observation date: Oct. 22, 1985

$$\text{Root-rot}(\%) = \frac{\sum f(x)}{4n} \times 100$$

었다.

인삼 뿌리썩음병에 대해 계통간의 내병성 정도 차이를 보기 위해 몇 가지 균 접종방법을 이용하여 실내 및 포장시험을 실시하였던 바 계통간에 저항성과 이병성의 차이를 볼 수 있었으나 실내실험과 포장시험 결과는 일치하지 않았다. 이는 실내실험에서는

Table 8. Reaction of breedings lines to fusarium organism at 2-year-old ginseng plant (Field test)

Breeding lines	Root-rot (%)
Control	12.6
Violet-stem-var.	45.3
81712-1	1.0
81723-1	3.4
81763-1	0.9
81773-1	17.4
82920-1	0.0
81955-1	28.3
7231-2-1	18.2
82022	17.4
82066	9.8
78062	18.1
78092	24.0
78093	0.9
78111	33.3
78139	1.0
78142	15.8
78149	7.9
78167	4.8
78204	14.8
78215	5.8
78216	20.0
78222	9.6
78657	18.5

Inoculation date: Apr. 2, 1988

Suspension density: $3.5-7 \times 10^7$ spores/ml

Replanting date: Apr. 2, 1988

Inoculation method: Below the two-thirds of seedling rhizome were inoculated by dipping in conidial suspension and dusted with vermiculite after inoculation

Observation date: Nov. 6, 1988

$$\text{Root-rot}(\%) = \frac{\sum f(x)}{4n} \times 100$$

발병요인이 단순화되어 있지만 포장상태에서는 요인이 복잡 다양한 것에 기인한 것으로 생각되며 앞으로 포장시험의 결과에 가까운 실내 검정방법의 모색, 접종원의 농도 그리고 접종시기 등이 더 검토되어야 할 것이다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 근부병 검정방법에 있어서 실내에서는 이쑤시개를 이용한 접종 그리고

포장에서는 균부유액에 침지 접종 후 그 부위를 피복하는 것이 가장 간편하고 효과적인 방법으로 저항성 계통선발에 기초자료로 활용될 것으로 사료된다.

요 약

인삼의 근부병 (*Fusarium solani*)에 대한 저항성 계통을 저년근시 검정하는데 몇 가지 실내 및 포장 검정을 시도하였다.

실내검정으로는 병원균 배양된 이쑤시개를 묘삼에 직접 삽입 접종하였을 때 그리고 포장검정으로는 병원균의 포자부유액에 침지, 접종시킨 후 Vermiculite로 분의하여 식재하는 것이 근부병에 대한 계통간의 저항성 검정방법으로 간편하고 효과적이었으며, 실내검정에서는 82022과 82066, 포장검정 결과로는 82920-1과 78093계통들이 각각 저항성 계통들이었다.

인용문헌

1. 松尾卓見, 宮澤洋一, 日本病報 35, 356(1969).
2. 김종희, 이민용, 김광표: 한국균학회지, 2(1), 15(1974).
3. 정후섭, 이인원: 전매청 방역보고서 (1977).
4. 이민용: 한국미생물학회지, 15(1), 20(1977).
5. 정후섭, 이인원: 전매청 방역보고서(1978).
6. 오승환, 박창석, 정영륜: 인삼연구보고(재배분야), 고려인삼연구소, 51(1979).
7. 오승환, 정영륜, 유연현, 이일호: 한국식물보호학회지, 21(2), 68(1982).
8. 정영륜, 김홍진, 오승환, 이일호: 한국식물보호학회지, 22(3), 203(1983).
9. Chung, H. S.: Repr. Tottor: Mycol. Inst. (Japan) 12(1975).
10. 이춘영, 임선옥: 전매청 연구용역보고서, 10(1975).
11. Matuo, T. and Miyazawa, Y.: Ann. Phytopath. Soc. Japan. 50, 649 (1984).
12. 이민용: 한국미생물학회지, 13, 143(1975).
13. Kraft John, M.: Plant disease reporter. 59(12), 1007 (1975).
14. Auld, D.L., Ditterline, R.L. and Mathre, D.E.: Crop Sci., 17, 69 (1977).

15. Muehlbauer, F.J. and Kraft, J.M.: *Crop Sci.*, **18**, 321 (1978).
16. Pederson, G.A., Hill Jr., R.R. and Leath, K.T.: *Crop Sci.*, **20**, 787 (1980).
17. Richard, C., R. Michaud, A. Freve and Gagnon, C.: *Crop Sci.*, **20**, 691 (1980).
18. Hijano, E.H., Barners, D.K. and Frosheiser, F.I.: *Crop Sci.*, **23**, 31 (1983).
19. 김홍진, 이순구, 오승환, 김요태 : 인삼연구보고서, 한국인삼연구초연구소, 3(1981).