

국내 콩씨스트선충의 Race 분포

Distribution of Races of Soybean Cyst Nematode in Korea

김동근 · 이재국¹ · 이영기¹

Dong-Geun Kim, Jae-Kook Lee¹ and Yong-Kee Lee¹

Abstract - To study races of *Heterodera glycines* in Korea, 21 soil samples were collected from eight provinces in 1995. Four races were found; race 3 (48%) was a dominant race followed by race 5 (24%), race 1 (19%), and race 6 (9%). About 30~40% of *H. glycines* populations reproduced on Pickett and PI88788, while non reproduced on Peking or PI90763. Development of resistant soybean cultivar targeting to race 5 and 6 of *H. glycines* using PI90763 and PI88788 as a parent is recommended.

Key Words - Breeding, Cyst nematode, Distribution, Physiological strains

초 록 - 국내 콩씨스트선충의 race 분포를 규명하기 위해 전국 8개도 21개 지역으로부터 선충을 채집하여 검정한 결과, 4종류의 race가 발견되었는데, 그중 race 3 (48%)이 가장 많았으며 race 5 (24%), race 1 (19%), race 6 (9%) 순이었고 지역별 차이는 없었다. 국내포장에 서식하는 콩씨스트선충 집단중 약 33%는 저항성품종으로 알려진 Pickett를, 약 43%는 PI88788을 가해할 수 있는 virulence gene을 가지고 있었는데, Peking과 PI90763은 모든 씨스트선충 집단에 대해 저항성으로 나타났다. 국내 콩씨스트선충 저항성 품종 육성에는 Peking이나 PI90763을 교배모본으로 하여 race 5와 6에 대한 저항성 품종을 육성하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

검색어 - 레이스, 변이종, 콩씨스트선충, 품종 저항성

콩씨스트선충(*Heterodera glycines* Ichinohe)이 콩의 뿌리에 기생하게 되면 뿌리의 세근 발달이 불량해지고, 이에 따른 양분 흡수 부족으로 콩잎이 노랗게 변하는데, 그 피해 증상이 콩밭내에서 부분적으로 둥글게 나타나, 일명 月夜病(moonlight disease) 또는 萎黃病이라고 불리며, 우리나라에서는 1936년부터 알려졌다(Yokoo, 1936). 이 선충은 한국, 중국, 일본, 미국, 브라질, 아르헨티나 등 전 세계 콩 주산지에 모두 감염되어 있는데, 콩에서 발생하는 병중에서 가장 중요하다(Mulrooney, 1988). 미국 남부 16개 주에서 콩의 병으로 인한 피해는 년 평균 약 4.3억 달러였는데, 그중 콩씨스트선충에 의한 피해는 약 22.0%로 수량으로 환산하여 년간 약 38만톤, 9천 4백만 달러의 감수를 가져왔고 콩의 병중에서 가장 큰 피해를 가져오고

있다(2위는 뿌리혹선충 및 외부기생선충, 3위는 뿌리 및 줄기의 병)(Mulrooney, 1988; Sciumbata, 1993).

콩씨스트선충은 알들이 딱딱한 껍질인 씨스트로 둘러 싸여 있어 불량환경에 매우 강하며, 화학적, 물리적, 또는 재배적방법으로는 방제가 힘들고, 품종저항성을 이용하는 것이 가장 효과적인 방법이다(Caviness, 1992). 콩씨스트선충 저항성 품종은 1957년 Ross & Brim(1957)에 의하여 처음 연구가 시작되어, 1967년에는 Pickett가 처음으로 육성되어 농민들에게 보급되었으며(Brim and Ross, 1966), 미국에는 현재 약 200여 저항성품종들이 육성되어 있다(Anand, 1992).

농작물의 병충해 방제를 위해 저항성품종을 이용할 경우 가장 문제가 되는 것은 race 분화인데, 이러한 race 분화는 콩씨스트선충의 경우에도 마찬가지로 일

성주과채류시험장(Songju Fruit Vegetable Exp. Sta., Songju, Kyongbuk 719-860, Korea)
¹ 농업과학기술원(Nat. Inst. Agric. Sci. & Tech., RDA, Suwon 441-707, Korea)

어나, 콩씨스트선충에는 지금까지 12개의 race가 발견되었다(Table 1) (Riggs and Schmitt, 1988). 콩씨스트선충이 콩에 미치는 심각한 피해와 또 race 분화에 따른 저항성품종의 선택 문제 때문에, 미국에서는 농민들이 콩을 재배하기 전에, 포장의 콩씨스트선충 밀도와 race 조사를 전문기관에 의뢰하며(토양 한점당 \$30.00의 비용), 그 결과에 따라 추천된 저항성 콩품종들을 심고 있다.

이 조사는 국내에 분포하고 있는 콩씨스트선충 race의 분포도를 밝혀 저항성품종육성의 기초자료로 이용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

토양시료는 1995년 6월에서 9월 사이에, 전국 8개도 콩 재배 포장을 대상으로 하였으며(Table 2), 뿌리에 붙은 씨스트를 직접 확인한 후, 포장 당 약 2kg의 흙을 채집하였다. Race 검정방법은 직경 7cm 종이컵에 선충이 감염된 흙을 담고 vermiculite에서 발아시킨 5종의 race 판별품종, Lee 74, Pickett, PI90763, PI88788, Peking을 컵 당 각 1포기씩 심었으며(Riggs and Schmitt, 1991), 3반복으로 하여 온실에서 약 60일간 재배하였다. Race 판별 품종은 미국 Arkansas 대학

으로부터 분양받았다.

재배 약 60일 후, 종이컵의 흙과 뿌리를 약 10리터의 물에 넣고 잘 씻은 후, 세게 휘젓고, 그 물을 빠르게 20mesh와 60mesh체를 통과시켰다(Southey, 1986). 20mesh체에 걸린 찌꺼기는 버리고, 60mesh체에 걸린 씨스트는 사각의 '씨스트 counting dish'(100 mm×15 mm, Falcon grid dish)에 넣어 20배 해부현미경하에서 씨스트의 숫자를 헤아렸다. Race 판별은 Riggs 등의(1988) 기준 판별법을 따랐다(Table 1).

선충 감염 포장 흙을 사용한 1차 검정에서 선충의 발육이 불량한 지역에 대해서는(3 포트 씨스트 합이 50개 미만) 재검정을 실시하였다. 재검정 방법은 직경 7cm 종이컵에 살균된 모래를 담고 vermiculite에서 발아된 콩 판별 품종을 각 포트당 1포기씩 심었으며, 뿌리 주위에 약 8,000개의 콩씨스트선충 알을 접종하였다. 접종에 사용된 알은 각 지역에서 분리된 씨스트를 tissue grinder(Pyrex, Corning, NY)로 깨어 분리하였으며, 그 외 일반 재배법, 씨스트 조사 및 race 판별 방법은 1차 검정과 동일하게 하였다.

결과 및 고찰

1995년 6월에서 9월 사이에 제주도를 제외한 전국의 콩 재배포장을 대상으로 관찰한 결과, 전국적으로 콩씨스트선충의 피해가 심한 것을 직접 확인할 수 있었다(Fig. 1). 승용차로 지나면서 육안상 생육이 불량한 콩밭들에 대하여 콩씨스트선충의 감염여부를 조사하였을 때, 조사포장의 약 70% 정도가 콩씨스트선충의 피해에 감염되어 있었다(나머지 30%는 뿌리혹선충의 피해, 생리적 장애, 토양병해 등). 미국 중부지방에서는 콩밭이 육안상 생육에 차이가 없어 보이더라도, 콩씨스트선충의 감염구와 비감염구 사이에 약 20~30%의 수량 감수가 있다고 하였으며(Noel, 1992), 국내에서는 콩씨스트선충의 피해 중심부와 가장자리 사이에는 약 70~80%의 수량차이가 있다고 한 보고에 미루어(Choi and Choi, 1983; Cho and Choi, 1984), 승용차로 지나면서 육안상 피해를 판정할 수 있을 정도로 생육에 차이가 있다는 것은, 국내 콩들이 콩씨스트선충에 의해 상당히 심한 피해를 받고 있는 것으로 추정할 수 있다. 이러한 피해가 나타나는 포장에 대해서는(Fig. 1), 반드시 전문가에 의한 콩씨스트선충의 감염 여부가 확인되어야 할 것이며, 씨스트의 감염이 확인되면 고추, 참깨, 들깨, 옥수수, 울무, 수수, 메밀, 파, 부추 등 콩씨스트선충 비기주 작물과 2년 이상 윤작 하도록 추천하여 선충의 피해를 줄이도록 하여야 할 것이다.

이번 race 검정에서 Lee 74에서 증식된 씨스트의 수는 3 포트 당 56~1,080개로 채집장소별로 차이가 있

Table 1. Full expansion of the race scheme for *Heterodera glycines* populations for four differentials based on the Female Index (FI)^{a)} (Riggs and Schmitt, 1988)

Race	Reaction on soybean differentials			
	Pickett	Peking	PI88788	PI90763
1	-	-	+	-
2	+	+	+	-
3	-	-	-	-
4	+	+	+	+
5	+	-	+	-
6	+	-	-	-
7	-	-	+	+
8	-	-	-	+
9	+	+	-	-
10	+	-	-	+
11	-	+	+	-
12	-	+	-	+
13	-	+	-	-
14	+	+	-	+
15	+	-	+	+
16	-	+	+	+

^{a)} FI = $\frac{\text{number of females developed}}{\text{number of females developed on Lee}} \times 100$;
 FI < 10%: -, FI ≥ 10%: +.



Fig. 1. Soybean field infested with soybean cyst nematode showing typical yellowing symptom (September 13, 1995 at Kangwon, Korea).

였으며 평균은 298개였다(Table 2). 미국 Arkansas주에서 51개 콩씨스트선충 집단을 채집하여 위와 비슷한 실험을 하였을 때, Lee 74에서 증식된 씨스트의 갯수는 3 포트 당 48~1,163이었으며 평균은 389개로 국내와 비슷한 경향이였다(Kim *et al.*, 1997). 이번 조사 결과, 국내에 보고된 모든 race, 즉 race 1, 3, 5, 6이 발견되었는데, 분포비율은 race 3(48%)이 가장 많았으며, race 5(24%), race 1(19%), race 6(9%) 순이었다. Race의 우점률은 1983년 국내 첫 race 조사에서 race 1, 5, 6(당시에는 'C')이 발견되었고(Kim and Choi, 1983), 1986년의 조사에서는 race 5(82%), 1(8%), 6(8%) 순이었으며(Choi *et al.*, 1986), 1987년 조사에서는 race 1(41%), 5(35%), 3(18%), 6(6%) 순으로 조사 시기마다 조금씩 차이가 있었다(Choi *et al.*, 1987). 이러한 우점률의 차이는 조사 지역, 재배 품종의 변화, 조사 시기, 실험방법 등에 따른 것으로 생각된다. 그동안의 조사와 이번 조사 결과를 종합하여, 특이한 공통점은 국내 콩씨스트선충들은 저항성품종으로 알려진 Pickett 또는 PI88788은 가해할 수 있었고(race 1, 5, 6), 반면에 Peking과 PI90763은 전혀 가해할 수 없었다는 점이다.

국내 콩씨스트선충 집단중 약 33%는 저항성품종인 Pickett를 가해하는 virulence gene을 가지고 있었는데

(Table 2), 그중 특히 충북 청원군 오창면과 충남 대전시 유성구 선충집단은 Pickett에 각각 366개, 993개의 씨스트가 증식되어, 감수성 판별품종인 Lee 74의 219개, 663개보다 훨씬 높은 150~167%의 증식률을 보여, 이들 선충집단은 Pickett에 대해 높은 병원성을 가지고 있었다. 또 국내 콩씨스트선충 집단의 약 43% 정도는 PI88788을 가해하는 virulence gene을 가지고 있었는데 증식률은 Lee 74 대비 53~62%로 Pickett에 비하여 낮았다. 그리고 Pickett와 PI88788을 모두 가해할 수 있는 집단(race 5)도 약 24% 정도 존재하고 있었다(Table 2).

Peking과 PI90763은 국내 모든 콩씨스트선충 집단에 대해 저항성이었으며 아직 국내에는 이 품종들에 기생할 수 있는 집단이 없었다. 따라서 국내에서는 Peking과 PI90763 두 품종을 저항성품종 육성 교배 모본으로 이용하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 그러나 경북 예천군 예천읍 선충집단은 Peking에 8.2%(12개), 충북 청원군 오창면 선충집단은 PI90763에 9.1%(21개)의 씨스트가 형성되어, 이 선충집단의 일부는 저항성 품종인 Peking 및 PI90763에 대한 virulence gene을 가지고 있는 것으로 보이며, 따라서 이 품종들을 같은 장소에 몇 년간 계속해서 심는다면 selection pressure로 인해, Peking이나 PI90763을 가해

Table 2. Races of soybean cyst nematode in Korea

Province	Location		Cyst no. on Lee 74 ^a	Percent on differentials (FI) ^b				Race
	Gun	Myon		Pickett	PI88788	Peking	PI90763	
Kangwon	Chunchon	Namsan	195	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%	3
	Hongchon	Hongchon	237	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
Kyonggi	Ansong	Ilchuk	85	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
	Yangpyong	Yangpyong	1080	0.0%	11.9%	0.0%	0.0%	1
Kyongnam	Hwasong	Chongnam	56	5.4%	3.6%	0.0%	0.0%	3
	Hamyang	Hamyang	268	3.7%	1.1%	0.0%	0.0%	3
Kyongbuk	Hadong	Okjong	61	21.3%	6.6%	0.0%	1.6%	6
	Bonghwa	PopChon	134	1.5%	31.3%	0.0%	0.0%	1
Chungnam	Yechon	Yechon	170	22.4%	35.3%	8.2%	1.2%	5
	Uisong	Tanmil	130	0.8%	0.0%	0.8%	0.0%	3
	Taejon	Donggu	1032	19.2%	15.5%	1.3%	0.0%	5
	Taejon	Yusong	663	149.8%	62.0%	0.5%	0.0%	5
Chungbuk	Sosan	Haemi	130	0.8%	24.6%	0.0%	0.0%	1
	Chongyang	Taechi	540	15.0%	6.1%	0.0%	0.0%	6
Chonnam	Chongwon	Ochang	219	167.1%	53.9%	2.7%	9.1%	5
Chonbuk	Popsong	Yongtok	261	0.8%	0.8%	0.0%	0.0%	3
	Hampyong	Nasan	156	0.0%	13.5%	0.0%	0.0%	1
Chonbuk	Imshil	Gwanchon	63	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
	Imshil	Shintog	175	1.1%	5.7%	0.6%	0.0%	3
	Jongup	Puk	465	28.4%	17.6%	0.0%	0.0%	5
	Jinan	Bugwi	132	2.3%	3.0%	0.0%	0.0%	3

Cysts were cultured in d-6-cm paper pot for 60 days in greenhouse.

^a Total number of cysts in three pots.

^b Female Index (FI) = $\frac{\text{number of females developed}}{\text{number of females developed on Lee}} \times 100$;

FI < 10%: -; FI ≥ 10%: +.

하는 새로운 race가 출현할 가능성도 있을 것으로 생각한다.

일반적으로 race는 저항성품종을 몇 년간 계속하여 심었을 때 발생하는데, 국내 콩 장러품종중에는 콩씨스트선충 저항성인 품종이 없는데도 불구하고 포장에는 4개의 race가 존재하고 있었다. 이러한 현상은 한국 재래종 콩품종 중에 콩씨스트선충에 대한 저항성 품종이 있다고 가정하면 해석이 가능한데, 한국은 콩의 원산지에 속하여 콩의 유전적 변이가 풍부하며, 예로부터 콩씨스트선충의 피해가 있었고(Yokoo, 1936), 이러한 조건들은 콩씨스트선충 저항성 혹은 내성품종(tolerance)들이 농민들에 의해 자연선택되었을 가능성이 충분히 있다. 예를 들어, 미국에서 가장 우수한 내성품종이라고 알려진 PI97100은 한국 재래종이고(Boerma and Hussey, 1984), 영풍군 내림리 재래종과 음성군 조촌리 재래종은 race 5에 중정도의 저항성을 보이면서 수량 감소율도 1.7~4.3%로 강 저항성인 PI90763과 비슷하였으며(Choi *et al.*, 1986), 콩씨스트선충의 저항성품종인 PI90763, PI88788, Peking 등은

모두 중국 재래 수집종이었다. 지금의 세계적인 추세인 품종등록 및 품종 보호법에 대비하여, 국내 재래종 콩들의 콩씨스트선충 저항성에 대한 전반적인 재검토를 통하여 우수한 유전자원을 확보하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

인 용 문 헌

- Anand, S.C. 1992. Advances in cyst nematode resistance in soybean cultivars. pp. 57~63. in 21st soybean research conference, eds by D. Wilkerson. Am. Seed Trade Assoc., Chicago, IL. 9~11 Dec. 1991.
- Boerma, H.R. and R.S. Hussey. 1984. Tolerance to *Heterodera glycines* in soybean. J. Nematol. 16: 289~296.
- Brim, C.A. and J.P. Ross. 1966. Registration of Pickett soybeans. Crop Science 6: 305.
- Caviness, C.E. 1992. Breeding for resistance to soybean cyst nematode. pp. 43~156. in Biology and management of the soybean cyst nematode, eds by R.D. Riggs and J.A. Wraether. 186 pp. APS Press, Minnesota.

- Cho, H.J. and D.R. Choi. 1984. Selection of resistant soybean lines against *Heterodera glycines*. Agr. Tech. Inst. Res. Repr. 432~437.
- Choi, D.R., Y.B. Lee. and S.C. Han. 1987. Race distribution of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) in Korea. Korean J. Plant Prot. 26: 203~207.
- Choi, Y.E. and D.R. Choi. 1983. Survey on soybean parasitic nematodes. Korean J. Plant Prot. 22: 251~261.
- Choi, Y.E., D.G. Kim. and D.R. Choi. 1986. Selection of soybean cultivars resistant to soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*. Korean J. Plant Prot. 25: 53~61.
- Kim, D.G. and Y.E. Choi. 1983. Studies on the resistance and races of soybean-cyst nematode, *Heterodera glycines*, in Korea. Korean J. of Plant Prot. 22: 208~212.
- Kim, D.G., R.D. Riggs., R.T. Robbins and L. Rakes. 1997. Distribution of races of *Heterodera glycines* in the central United States. J. Nematol. 29: 173~179.
- Mulrooney, R.P. 1988. Soybean disease loss estimate for southern United States in 1987. Plant Dis. 72: 915.
- Noel, G.R. 1992. History, distribution and economics. pp. 1-13. in Biology and management of the soybean cyst nematode, eds. by R.D. Riggs and J.A. Wrather. 186 pp. APS Press, Minnesota.
- Riggs, R.D. and D.P. Schmitt. 1988. Complete characterization of the race scheme for *Heterodera glycines*. J. Nematol. 20: 392~395.
- Riggs, R.D. and D.P. Schmitt. 1991. Optimization of the *Heterodera glycines* race test procedure. J. Nematol. 23: 149~154.
- Ross, J.P. and C.A. Brim. 1957. Resistance of soybeans to the soybean cyst nematode as identified by double-row method. Plant Dis. Rep. 41: 923~924.
- Sciombato, G.L. 1993. Soybean disease loss estimated for the southern United States during 1988~1991. Plant Dis. 77: 954~956.
- Southey, J.F. 1986. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. 202 pp. Her Majesty's Stationery Office, London.
- Yokoo, T. 1936. Host plants of *Heterodera schachtii* Schmidt and some instructions. Korea Agric. Exp. Stn. Bull. 8: 47~174.

(1998년 12월 7일 접수, 1999년 9월 9일 수리)