

TECHNICAL NOTE

반딧미콩씨스트선충에 대한 국내 콩 품종의 저항성 검정

강헌일 · 박남숙¹⁾ · 김동근¹⁾ · 최인수^{1,2)*}

농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과, ¹⁾부산대학교 생명산업융합연구원 선충연구센터,
²⁾부산대학교 생명자원과학대학 식물생명과학과

Screening of Soybean Varieties Resistant to *Heterodera sojae*

Heonil Kang, Namsook Park¹⁾, Donggeun Kim¹⁾, Insoo Choi^{1,2)*}

Division of Crop Protection, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

¹⁾Nematode Research Center, Life and Industry Convergence Research Institute, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

²⁾Department of Plant Bioscience, College of Natural Resource and Science, Pusan National University, Miryang 50463, Korea,

Abstract

For management of soybean parasitic cyst nematodes, this study was conducted to investigate the resistance of the Korean soybean cultivars to HG type 2.5.7 of *Heterodera sojae*. Among the 44 Korean soybean cultivars, there was only one resistant cultivar 'Namcheon'. 'Sobaeknamul', 'Socheng No. 2', 'Pungsannamul', 'Cheongja', 'Miryang' and 'Daewon' were moderately resistant to HG 2.5.7 of *H. sojae* populations. Eleven cultivars including 'Paldal' were moderately susceptible and the other cultivars were susceptible. Therefore, soybean cultivar 'Namcheon' should be cultivated in *H. sojae* infested fields, until varieties resistant against *Heterodera* species are more developed or identified. Moreover, 'Namcheon' is not recommended for cultivation because very weak to soybean mosaic virus, and it will be a candidate with resistant cultivar breeding resource.

Key words : Breeding resource, *Heterodera sojae*, Namcheon, Soybean.

1. 서론

식물 기생성선충은 세계에서 연간 1,000억 달러 이상의 수확량 손실을 가져오고 있다(Opperman and Bird, 1998). 이 중 씨스트선충은 전 세계적으로 경제적으로

가장 중요한 종 중 하나이며, 현재 콩 재배지에서 가장 유해한 종인 콩씨스트선충(SCN, *Heterodera glycines*)을 포함하여 약 100여 종을 포함하고 있다. SCN은 한국, 중국, 일본, 미국, 브라질, 아르헨티나와 같은 콩 재배 지역에 분포한다(Kim et al., 2013a). 미국에서만 SCN의

Received 8 December, 2020; Revised 9 March, 2021;

Accepted 9 March, 2021

*Corresponding author: Insoo Choi, Department of Plant Bioscience, College of Natural Resource and Science, Pusan National University, Miryang 50463, Korea,
Phone : +82-55-350-5504
E-mail : ichoi@pusan.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

피해로 인한 연간 생산량 감소는 약 15억 달러로 추정된다(Wrathner and Koenning, 2006).

씨스트선충의 가장 큰 특징은 기주가 없이도 토양 내에서 장기간 생존할 수 있는데 생존 능력에 있다. 이는 대부분 씨스트 상태로 딱딱한 큐티클 층으로 이루어진 겹질에 둘러싸여 있기 때문에 열, 건조, 화학 물질 및 기타 불리한 환경 조건에 내성이 있다. 또한 씨스트는 바람, 물, 기계, 사람, 심지어 새와 같은 여러 방법으로 빠르게 퍼질 수 있다(Epps, 1958).

씨스트선충의 방제 방법으로는 살선충제의 처리, 윤작 및 저항성 품종의 재배 등이 있다. 살선충제는 환경에 적합하고, 효과가 좋은 제품을 사용하기 위해서는 많은 비용과 사용량이 많아야 한다. 윤작의 경우 효과적이지만 씨스트선충의 경우 기주가 없이도 2-3년 동안 토양 내에서 살아있기 때문에 피해를 줄이는 수준까지는 밀도를 줄이기 어렵다. 따라서, 저항성 품종의 재배가 씨스트선충의 밀도를 억제하는 가장 경제적이고 효과적인 수단이다.

저항성 품종의 재배는 콩씨스트선충을 가장 효과적으로 관리하는 방법인데(Niblack, 2005), SCN에 대한 저항성 품종은 1957년 Ross와 Brim에 의해 처음 연구되었고(Ross and Brim, 1957), 저항성 품종인 'Pickett'은 1966년에 처음 육성되었으며(Brim and Ross, 1966), 현재 약 1,400개의 저항성 품종이 육성되었고 재배되고 있다. 미국 전역에서 SCN에 감염된 밭의 면적이 증가함에 따라 종자회사는 콩 재배 농가에서 SCN 관리 프로그램에 참여할 수 있도록 생산력이 좋은 많은 SCN 저항성 품종을 육성하고 있다(Kim et al., 2013a). Bradley와 Duffy는 저항성 품종인 'Forrest'의 재배를 통해 1973년부터 1982년 까지 4억 5천만 달러의 수량 증대에 따른 수익을 추정하였다(Bradley and Duffy, 1982).

그러나 국내에서는 총 75 종의 국내 콩 품종 중 HG type 2.5의 SCN 집단에 대한 저항성 검정 결과 저항성 품종은 없었다. 4종의 콩 품종은 중도 저항성을 보였고 33개의 품종은 중도 감수성을 보였으며 다른 품종은 감수성으로 나타났다(Kim et al., 2013b). 또한, 새로운 콩 가해 씨스트선충인 *Heterodera sojae*가 콩의 뿌리에서 발견되어 보고되었다(Kang et al., 2016). *H. sojae*는 국내 남부의 콩 재배지에서 검출율이 높고 국내에 널리 퍼져 있다. *H. sojae*가 감염된 밭의 평균 밀도는 300 cm³

토양 당 71개의 씨스트와 110마리의 유충으로 그 밀도가 높다(Kang et al., 2021). 따라서 국내의 콩 재배지에서는 콩 가해 씨스트선충에 의한 피해가 심하게 나타나는 것으로 추정된다.

국내에서는 많은 콩 품종이 재배되고 있지만 아직까지 콩 가해 씨스트선충에 대한 저항성 품종은 없다. *H. sojae* 집단의 경우 유전적 변이에 따른 HG type 연구 결과, HG type 0과 2.5.7의 두 가지 HG type의 *H. sojae* 집단이 확인되었으며, HG type 2.5.7이 가장 빈번하게 나타났다. 따라서, 본 연구는 *H. sojae*의 HG type 2.5.7에 대한 국내 콩 품종의 저항성을 검정하고, *H. sojae* 밀도 관리뿐 만 아니라 *H. sojae* 저항성 품종 육성 프로그램에 정보를 제공하기 위해 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 접종원

경상남도 창녕군에서 채집한 HG type 2.5.7의 *H. sojae* 집단을 온실에서 60일 이상 감수성 품종인 'Lee74'에 접종하여 증식하였다. 약 60일 후 20, 60 mesh 체를 이용하여 씨스트를 분리하고, 60 mesh 체에 걸린 씨스트는 tissue grinder(Pyrex, Corning, NY)를 이용하여 분쇄하였다. 이를 500 mesh 체를 이용하여 분리된 알과 유충을 획득한 후 1 ml씩 60 mm petri dish에 넣어 20× 배율의 해부현미경(SZX61, Olympus, Japan) 하에서 밀도를 조사하고 저항성 검정을 위한 접종원으로 사용하였다(Riggs and Schmitt, 1991).

2.2. 저항성 검정

저항성 콩 품종을 검정하기 위해 44종의 국내 품종과 감수성 대조 품종을 원예용 상토에서 발아시켰다. 발아 후 각 콩은 살균된 사질토양으로 채운 직경 10 cm 토분에 이식하고 20 ~ 30℃의 통제된 온실 조건에서 재배하였으며, 각 처리는 3번 반복하여 수행하였다. 이식 후 7일 된 각 식물 주위에 1 mL 피펫 팁으로 두 개의 구멍을 만들고 유충 500마리를 포함하는 0.5 mL 물을 각 구멍에 주입하였고, 그 다음 구멍을 흙으로 덮어 접종하였다. 접종 후 약 60일 후에 화분의 흙과 뿌리를 약 10L의 물에 넣고 잘 씻은 후 격렬하게 저어주고 20, 60 mesh 체에 빠르게 물을 통과시켰다. 20 mesh 체의 큰 입자 및 찌꺼기를 버리고 60 mesh 체의 씨스트를 정사각형 '씨스트

Table 1. Resistance of soybean cultivars to HG type 2.5.7 of *Heterodera sojae* in Korea^a

Cultivar	Female Index ^b (%)	No. of cysts / plant (Mean \pm SD)	Resistance rating ^c
Lee74 (susceptible check)		666 \pm 101.9	S
Baekun	101.5	676 \pm 345.6	S
Bangsa	72.4	482 \pm 119.5	S
Cheonal	72.8	485 \pm 132.0	S
Cheongja	22.2	148 \pm 9.2	MR
Cheongja No. 3	44.9	299 \pm 131.3	MS
Daepung	69.4	462 \pm 266.7	S
Daewon	27.3	182 \pm 33.2	MR
Danbaek	89.3	595 \pm 127.8	S
Dangyeong	121.8	811 \pm 249.1	S
Dawon	47.6	317 \pm 65.3	MS
Eunha	70.9	472 \pm 301.9	S
Galchae	51.5	343 \pm 134.6	MS
Gwangan	118.2	787 \pm 420.2	S
Gwanggyo	73.9	492 \pm 310.3	S
Haman	102.6	683 \pm 48.9	S
Hannam	74.9	499 \pm 67.6	S
Heukcheong	44.6	297 \pm 161.6	MS
Hwanggeum	55.0	366 \pm 166.3	MS
Iksannamul	113.7	757 \pm 245.8	S
Ipumgeomjeong	95.2	634 \pm 95.5	S
Jangbaek	80.8	538 \pm 152.7	S
Josaengseori	46.8	312 \pm 122.8	MS
Miryang	25.2	168 \pm 40.6	MR
Myeongjunamul	73.4	489 \pm 74.1	S
Namcheon	0.9	6 \pm 3.6	R
Paldal	39.6	264 \pm 162.6	MS
PI96938	68.3	455 \pm 90.7	S
Pungsannamul	21.5	143 \pm 61.5	MR
Pungwon	75.1	500 \pm 131.9	S
Pureun	49.2	328 \pm 53.6	MS
Saeal	107.8	718 \pm 234.9	S
Saedanbaek	54.2	361 \pm 92.5	MS
Seonam	79.0	526 \pm 223.4	S
Seoritae	48.8	325 \pm 144.5	MS
Sinwha	87.8	585 \pm 261.1	S
Sobaeknamul	18.6	124 \pm 105.8	MR
Socheong No. 2	20.6	137 \pm 8.7	MR

Table 1. Continued

Cultivar	Female Index ^b (%)	No. of cysts / plant (Mean ± SD)	Resistance rating ^c
Soho	114.7	764 ± 324.3	S
Somyeong	99.2	661 ± 362.1	S
Sowon	83.5	556 ± 117.7	S
Taegwang	89.2	594 ± 130.5	S
Williams82	64.9	432 ± 257.4	MS
Wuram	71.8	478 ± 89.4	S
Yeonpung	75.4	502 ± 68.0	S

^aExperiments were conducted in a 10-cm diameter clay pot in a greenhouse with three replications. Each pot was inoculated with 1,000 eggs of *H. sojae* HG type 2.5.7 population.

^bFI: Female Index (FI) = (average number of females on cultivars)/(average number of females on Lee 68) × 100.

^cCategorizing cultivars as resistant (R, <10% of Lee74), moderately resistant (MR, >10% but <30% of Lee74), moderately susceptible (MS, >30% but <60% of Lee74), and susceptible (S, >60% of Lee74). (Schmitt and Shannon, 1992)

계수 접시'(100 mm x 15 mm, Falcon grid dish, USA)에 넣고 암컷과 씨스트의 수를 실체현미경 하에서 계수하였다.

식물 당 암컷과 씨스트를 계산 한 후, 암컷의 증식 지수(FI)를 다음과 같이 계산하였다.

$$FI = \frac{\text{콩 품종에서 증식된 평균 암컷의 수}}{\text{감수성 표준 품종에서 증식된 평균 암컷의 수}} \times 100$$

증식된 암컷과 씨스트는 화분당 각 3번 반복하여 계수하였다. *H. sojae* 집단에 대한 저항성 콩 품종의 판정은 Schmitt와 Shannon이 개발한 방법을 기반으로 평가하였다. 암컷 및 씨스트의 증식율에 따라 저항성(FI < 10), 중도 저항성(FI = 10~30), 중도 감수성(FI = 31~60) 또는 감수성(FI > 60)으로 분류하였다(Schmitt and Shannon, 1992).

3. 결과 및 고찰

국내 44개의 콩 품종에 대한 *H. sojae*에 대한 저항성 검정에서 감수성 판별 품종인 'Lee74'에 증식된 씨스트의 수는 666±101.9개/pot로 씨스트의 증식이 충분하였으며, 표준편차도 적어 시험에 적합하였다(Table 1).

국내 콩 품종들에 발달된 씨스트의 수는 6~811개/pot

로 품종 간에 씨스트 수는 약 135배의 차이가 있었다. 미국의 경우 감수성 판별품종이 'Lee 74'에 비하여 10% 이하이면 저항성으로 판정한다 (Riggs and Schmitt, 1991). 44개의 국내 콩 품종 중에서 하나의 품종이 저항성으로 나타났으며 '남천' 콩 품종이 저항성 (6개/pot)으로 나타났다 (Fig. 1). 콩 품종 '남천'은 1980년 육성된 품종으로, 일본에서 도입된 '동북태'와 '다지스스나리'를 모부본으로 하여 1971년 교배되었다. HG type 2.5.7의 *H. sojae* 집단에 저항성을 보인 '남천'콩은 HG type 2.5의 *H. glyinces* 집단에 대한 저항성 검정 결과에서는 중도 저항성을 나타내었다 (Kim et al., 2013b). HG type에 이용되는 품종 중 PI 88788, PI209332, PI 548316은 같은 저항성 반응을 나타내는 품종으로 PI 88788 그룹으로 인식되어 있는데, *H. sojae* 집단과 SCN 집단에 대한 반응이 다르게 나타났다. 이는 종간의 병원성을 나타내는 차이일 수 있으며, *H. sojae* 집단의 유전적변이에 따른 병원성을 검정할 수 있는 저항성 검정 체계가 필요하다.

HG type 2.5.7의 *H. sojae* 집단에 대한 암컷의 증식에 따른 지수를 기준으로 하는 저항성 검정 결과 (Schmitt and Shannon, 1992), '소백나물'(씨스트수 124개/pot), '소청2호'(137개/pot), '풍산나물'(143개/pot), '청자'(148개/pot), '밀양'(168개/pot) 그리고 '대원'(182개/pot) 등 6개의 콩 품종은 중도 저항성을 나타내었다 (FI = 10 - 30) (Table 1). 특히, '밀양' 콩 품종은

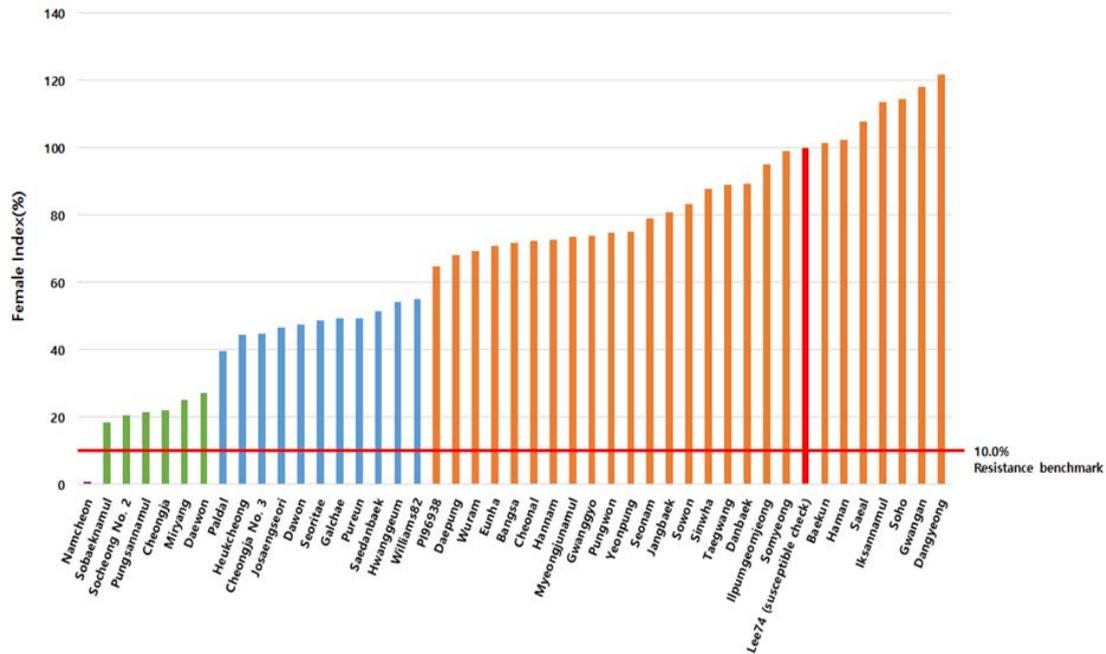


Fig. 1. Female index of reproduction white soybean cyst nematode, *Heterodera sojae*, on 44 soybean cultivars in Korea.

*H. sojae*와 SCN 집단에 대해서 모두 중도 저항성으로 나타났다. 중도 감수성 (FI = 31 - 60) 품종은 '팔달'을 포함한 11개 품종이었고 나머지 다른 품종은 감수성으로 판정되었다 (Table 1, Fig. 1).

국내 콩 재배지의 30% 이상이 콩을 가해하는 씨스트선충이 감염되어 있으며, 씨스트선충의 토양 내 밀도 또한 상당히 높아 그 피해가 심각할 것으로 사료된다 (Kang et al., 2021). 콩 가해 씨스트선충이 분포하고 있는 콩 재배지는 비기주 작물 또는 콩 가해 씨스트선충에 대한 저항성 품종을 재배하여야 그 피해를 줄일 수 있다. 따라서, 콩 가해 씨스트선충이 감염되어 있는 콩 재배지에는 '밀양' 품종을 추천할 수 있다.

또한, *H. sojae*가 감염된 밭에서는 저항성 품종이 육성되거나 race에 대한 검정이 이루어지기 전에는 저항성 검정 결과 저항성으로 나타난 '남천' 품종을 추천할 수 있으나, 콩 모자이크 바이러스에 매우 약하기 때문에 국내 장려 품종이 아니므로 저항성 품종 육성을 위한 교배 후보가 될 것이다.

4. 결론

씨스트선충은 전 세계적으로 경제적으로 가장 중요한 중 중 하나이며, 현재 콩 재배지에서 가장 유해한 종인 콩 씨스트선충 (*H. glycines*)을 포함하여 약 100여 종을 포함하고 있다. 반딧이콩씨스트선충 (*H. sojae*)는 2016년 국내에서 처음 발견된 새로운 콩 가해 씨스트선충으로, 국내에 널리 분포하고 있고 남부지방에서 검출이 빈번하다. 저항성 품종을 이용한 방제를 위하여 저항성 품종을 선발하고자 국내 콩 품종 44종의 저항성을 평가한 결과, '남천' 콩 품종이 저항성을 나타내었으며, '소백나물', '소청2호', '풍산나물', '청자', '밀양' 그리고 '대원' 등 6개의 콩 품종은 중도 저항성을 나타내었다. '팔달'을 포함한 11개 품종이 중도 감수성으로 나타났으며, 나머지 다른 품종은 감수성으로 판정되었다. 따라서 반딧이콩씨스트선충이 감염되어 있는 콩 재배지에서는 '남천' 콩 품종의 재배를 추천할 수 있으며, *H. sojae* 저항성 품종 육성 프로그램에 귀중한 유전자원이 될 수 있다.

감사의 글

이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

- Bradley, E. B., Duffy, M., 1982, The value of plant resistance to soybean cyst nematode: a case study of "Forest" soybean, Natural Resource Economics Staff Report, USDA, Washington, D.C.
- Brim, C. A., Ross, J. P., 1966, Relative resistance of Pickett soybeans to various strains of *Heterodera glycines*, Phytopathol., 56, 451-454.
- Epps, J. M., 1958, Viability of air-dried *Heterodera glycines* cysts, Plant Dis. Rept., 42, 594-595.
- Kang, H., Eun, G., Ha, J., Kim, Y., Park, N., Kim, D., Choi, I., 2016, New cyst nematode, *Heterodera sojae* n. sp. (Nematoda: Heteroderidae) from soybean in Korea, J. Nematol., 48, 280-289.
- Kang, H., Ko, H., Kim, D., Choi, I., 2021, Occurrence of the white soybean cyst nematode, *Heterodera sojae*, and the soybean cyst nematode, *H. glycines*, in Korea, Plant Dis., 105, 31-33.
- Kim, D., Choi, I., Han, W., Ryu, Y., Kim, M., Bae, C., 2013a, Studies on HG type of *Heterodera glycines* in Korea, Res. Plant Dis., 19, 31-35.
- Kim, D., Choi, I., Ryu, Y., Lee, Y., 2013b, Resistance of soybean cultivars to *Heterodera glycines* HG type 2.5 in Korea, Res. Plant Dis., 19, 216-219.
- Niblack, T. L., 2005, Soybean cyst nematode management reconsidered, Plant Dis., 89, 1020-1026.
- Opperman, C. H., Bird, D. M., 1998, The soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*: a genetic model system for the study of plant-parasitic nematodes, Curr. Opin. Plant Biol., 1, 342-346.
- Riggs, R. D., Schmitt, D. P., 1991, Optimization of the *Heterodera glycines* race test procedure, J. Nematol., 23, 149-154.
- Ross, J. P., Brim, C. A., 1957, Resistance of soybeans to the soybean cyst nematode as identified by double-row method, Plant Dis. Rept., 41, 923-924.
- Schmitt, D. P., Shannon, G., 1992, Differentiating soybean cyst nematode race and resistance response of soybean, Crop Sci., 32, 275-277.
- Wrather, J. A., Koenning, S. R., 2006, Estimates of disease effects on soybean yield in the United States 2003 to 2005, J. Nematol., 38, 173-180.

-
- Post-doc. Heon-II Kang
Division of Crop Protection, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration
kanggrow@pusan.ac.kr
 - Research Professor. Nam-Sook Park
Nematode Research Center, Life and Industry Convergence Research Institute, Pusan National University
pns0073@hanmail.net
 - Research Professor. Dong-Geun Kim
Nematode Research Center, Life and Industry Convergence Research Institute, Pusan National University
kimdgkr@naver.com
 - Professor. In-Soo Choi
Department of Plant Bioscience, College of Natural Resource and Science, Pusan National University
ichoi@pusan.ac.kr