

사탕무씨스트선충의 기주범위 검정

김동환* · 조명래 · 양창열 · 김형환 · 강택준 · 윤정범

농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과

Host Range Screening of the Sugar Beet Nematode, *Heterodera schachtii* Schmidt

Dong Hwan Kim*, Myoung Rae Cho, Chang Yeol Yang, Hyeong Hwan Kim, Taek Jun Kang and Jung Beom Yoon

Horticultural & Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Wanju 55365, Korea

ABSTRACT: Sugar beet nematode (*Heterodera schachtii* Schmidt) was first detected in 2011, in Chinese cabbage grown in the highland areas of Korea. Chemical control of the nematode by nematicides is not feasible due to its cyst-forming characteristics; therefore, the cultivation of non-host crops is a preferable alternative to utilize nematode-infected fields. In this study, a total of 276 plant cultivars belonging to 18 different families were screened to evaluate their resistance to the nematode. Based on the number of cysts formed following nematode inoculation, the tested crops were classified into 3 levels: susceptible, moderately susceptible, and resistant/immune. Among the 276 cultivars tested, 106 cultivars were susceptible, 40 cultivars were moderately susceptible, and 130 cultivars were resistant/immune. Among the resistant/immune cultivars, cyst formation was not observed on eggplant, tomato, lettuce, perilla, carrot, celery, watermelon, oriental melon, cucumber, pumpkin, chives, onion, welsh onion, balloon flower roots, deodeok (*Codonopsis lanceolata*), Jandae (*Adenophora triphylla*), and bean. Therefore, these plants are regarded as immune to the cyst nematode. However, many crops belonging to Solanaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, and Poaceae families showed moderate susceptibility or immunity, depending on the crop or cultivar. This study provides a basis for alternative crop recommendations for sugar beet nematode cyst-infected farms in Chinese cabbage production areas.

Key words: Nematode, *Heterodera schachtii*, Host range, Susceptibility, Resistance

조 록: 사탕무씨스트선충(*Heterodera schachtii*)의 피해가 2011년에 배추 주산지인 강원도 지역에서 확인되었다. 이 선충은 암컷이 씨스트를 형성하는 특성을 가지므로 농약에 의한 효과적인 방제가 어렵다. 따라서 사탕무씨스트선충에 대한 비기주 작물을 선정하여 감염지역의 배추를 대체할 작물을 추천하고자 총 17과(科) 276품종의 식물에 대한 사탕무씨스트선충의 저항성을 검정하였다. 사탕무씨스트선충 접종 후 씨스트 발생 정도에 따라 감수성(susceptible), 중감수성(moderately susceptible), 저항성/비기주(resistant/immune)로 구분하였다. 검정 결과 감수성 106품종, 중감수성 40품종, 저항성/비기주 130품종으로 구분되었다. 씨스트가 전혀 형성되지 않은 작물은 가지, 토마토, 상추, 들깨, 당근, 셀러리, 수박, 참외, 오이, 호박, 부추, 양파, 파, 도라지, 더덕, 잔대, 콩 등이었다. 가지과, 국화과, 명아주과, 화본과 작물은 작물 및 품종에 따라 약감수성 또는 저항성/비기주 식물이 혼재하였다. 본 시험에서 사탕무씨스트선충이 전혀 발생하지 않아 저항성/비기주식물로 밝혀진 130품종은 사탕무씨스트선충 감염지의 배추를 대체할 작목을 추천하는데 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

검색어: 선충, 사탕무씨스트선충, 기주범위, 감수성, 저항성

사탕무씨스트선충(*Heterodera schachtii*)은 98속(屬)에 속하는 218종 이상의 식물을 기주로 하며, 그 중 십자화과(Brassicaceae)

와 명아주과(Chenopodiaceae)에 속하는 식물들이 주요 기주식물이다(Schmidt, 1871; Evans and Rowe, 1998; Lilley et al., 2005). 전 세계 사탕무 재배에서 가장 중요한 해충의 하나로 알려져 있으며(Griffin, 1981), 수확량을 50% 이상 감소시키는 경우도 있다(Riggs and Schuster, 1998).

*Corresponding author: kdh1360@korea.kr

Received October 3 2016; Revised October 10 2016

Accepted October 28 2016

1990년대에 들어와서는 대부분의 유럽 국가들과 미국, 캐나다, 중동, 아프리카, 호주와 남아메리카 등 아시아를 제외한 세계 대부분의 지역에서 사탕무씨스트선충이 발생하였으며(Baldwin and Mundo-Ocampo, 1991; Evans and Rowe, 1998; Hafez and Seyedbagheri, 1997), 미국의 와이오밍주 북부지역에서는 사탕무 재배지의 57%가 사탕무씨스트선충에 감염되었고(Gray, 1995), 유럽 국가에서의 이 선충에 의한 피해액이 연간 약 9천만 유로에 달한 것으로 보고(Müller, 1999)된 바 있다.

국내에서는 사탕무씨스트선충에 대한 기록은 있었으나(Park, 1963; Son et al., 2013) 2011년도에 강원도 태백시의 배추에서 처음 확인되었다. 2013년에는 태백시를 비롯하여 삼척시와 정선군의 배추 밭에서도 발생이 확인되어 발생면적이 증가하는 것으로 나타났다(Lee et al., 2013; Kwon et al., 2016). 사탕무씨스트선충은 십자화과, 박과 및 콩과류 작물에 광범위한 기주를 가지고 있어 감염확산 시 농작물 생산에 주요장애 요인이 될 수 있는 주요 해충으로 지목되고 있다. 특히 과거에는 고랭지 배추의 재배지가 다양하게 분포되어 있었으나 기후변화 등으로 현재는 93%가 강원도 지역에 집중되고 있다(Park et al., 2014). 따라서 배추는 강원도 고랭지 지역의 매우 중요한 경제작물로 사탕무씨스트선충의 확산을 막지 못할 경우 고랭지 지역의 농업기반에 막대한 영향을 가져오게 될 수 있다.

외국에서는 사탕무씨스트선충 관리를 위해 작물에 대한 기주검정 등 다양한 저항성연구(Kazlauskaitė and Coosemans, 2009; Koch et al., 1998; Roberts, 1992; Yu, 1984; Steele et al., 1983; Steele, 1965)를 통해 비기주작물을 선정하였으며, 이러한 연구를 통해 유럽과 미국에서는 비기주 작물을 이용한 윤작으로 피해를 최소화하고 있다(Cooke, 1991; Gardner and Caswell-Chen, 1993; Hafez and Hara, 1989). 미국의 와이오밍주에서도 선충약제 사용과 함께 윤작을 통해 사탕무를 재배해 왔다(Griffin, 1987). 유럽에서는 사탕무씨스트선충이 선호하는 기주작물 중에서 저항성이 있는 품종을 선발하여 트랩식물로 활용함으로써 선충의 밀도를 효율적으로 관리하기 위한 연구도 이루어졌다(Müller and Steudel, 1983). 그러나 우리나라에서는 최근에 발생이 확인되었기 때문에 사탕무씨스트선충 관련 연구로는 감염지로부터 사탕무씨스트선충을 확산시키는 매개에 대한 연구가 수행된 것이 전부이다(Kwon et al., 2016). Kwon (2016) 등에 따르면 사탕무씨스트선충은 작업자의 작업화와 수확작업에 이용되는 굴삭기와 차량의 바퀴, 그리고 물을 통해 확산이 이루어질 수 있다고 하였다.

배추는 국내 채소류 중 김치원료가 되는 주요 작목으로서 사탕무씨스트선충의 확산을 효과적으로 저지하지 못할 경우 사회적, 경제적으로 큰 영향을 끼칠 수 있으므로 사탕무씨스트선충에

대한 저항성 품종 개발 및 재배지에서의 방제대책 수립이 시급한 실정이다. 따라서 본 연구는 십자화과를 포함한 주요 작물을 대상으로 사탕무씨스트선충에 대한 저항성 검정을 통해 비기주 식물을 선정함으로써 사탕무씨스트선충 발생지에서 배추를 대체할 재배작목을 선정하거나 관리대책 수립 시 윤작에 활용할 자료를 제공하고자 수행되었다.

재료 및 방법

기주특성 검정 대상 작물(식물)의 종류

사탕무씨스트선충에 대한 비기주작물을 선정하여 씨스트선충 발생지에 대체작목을 추천하기 위해 총 18과(科) 276품종에 대한 선충 저항성 검정을 실시하였다. 작물별로는 채소 169종, 화훼 12종, 과수 5종, 식량작물 28종, 특용작물 28종, 녹비작물 15종, 냉이 등 기타식물 19종이다(Table 1). 식물분류학상의 과(family)별로는 석류과 1종, 비름과 1종, 미나리과 9종, 지치과 1종, 십자화과 111종, 초롱꽃과 3종, 명아주과 6종, 국화과 21종, 박과 15종, 콩과 25종, 꿀풀과 5종, 백합과 19종, 참깨과 3종, 화본과 11종, 마디풀과 4종, 장미과 7종, 운향과 2종, 가지과 32종이 포함되었다.

검정에 이용된 품종 중 채소, 식량작물, 특용작물, 냉이, 산야초와 화훼류 일부(백합) 품종은 종묘회사에서 판매하는 제품을 구입하였으며, 그 외의 화훼 및 과수 품종은 국립원예특작과학원과 농촌진흥청 산하 연구기관에서 보유 중인 품종을 확보하여 검정에 활용하였다.

기주특성 검정

2011년 10월부터 2013년 11월까지 총 13회(검정시기: 2011년 11월, 12월; 2012년 2월 2회, 4월, 6월, 7월; 2013년 1월 2회, 3월, 5월, 6월, 11월)로 나누어 경기도 수원시 탑동에 소재하고 있는 국립원예특작과학원의 유리온실에서 검정하였다. 겨울에는 작물 및 선충 생육온도를 맞추기 위해 최저온도를 18°C로 설정하여 가온을 하였다. 검정에 이용한 사탕무씨스트선충은 2011년에 태백시의 배추 재배지에서 채집하여 감수성인 배추 품종들을 이용하여 누대 증식하였다. 종자는 강에서 채취한 모래를 물에 깨끗이 씻은 후 72구 파종트레이에 파종하였으며, 뿌리가 충분히 확보된 후(약 1개월 소요) 검정용 용기에 옮겨 심고 선충의 알 및 유충 5,000(개)마리를 뿌리 근처에 접종하였다. 선충접종 후 씨스트가 충분히 형성된 약 3~5주 후에 흐르는 물에 뿌리를 세척하여 각 품종별로 형성된 씨스트 수를 육안으로

조사하였다. 검정용기는 뿌리의 부피가 큰 화훼 및 과수품종은 플라스틱 포트(지름110 mm × 105 mm), 채소류 등 그 외의 품종은 종이컵(지름 65 mm × 높이 75 mm)을 이용하였다. 매 검정시마다 사탕무씨스트선충에 대한 감수성이 높은 것으로 확인된 배추품종(춘광, 춘연, 하지숙음, 레드파인, 매력, 통큰맛짱, 하우스퀸124, 아시아봄노랑, 새로나봄)을 대조품종으로 이

용하였다. 반복은 식물 생육 상태에 따라 차이는 있으나 10반복을 기본으로 하였다.

검정결과는 한 포기(주)에 발생한 씨스트 수를 기준으로 기주 특성을 감수성(susceptible), 중감수성(moderately susceptible), 저항성/비기주(resistant/immune)로 구분하였다. 감수성은 씨스트 수가 대조품종 대비 10% 이상 형성된 품종, 중감수성은 씨

Table 1. List of plants tested for resistance screening against *Heterodera schachtii*

Group	No. of varieties tested	Plant names
Horticulture crops	vegetable	169 Eggplant (<i>Solanum melongena</i> L.), Leaf mustard (<i>Brassica juncea</i> L.), Mustard (<i>Brassica juncea</i> var. <i>crispifolia</i> L.), Hot pepper (<i>Capsicum annuum</i> L.), Carrot (<i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i> L.), White radish (<i>Raphanus sativus</i> L.), Chinese cabbage (<i>Brassica campestris</i> L.), Chives (<i>Allium tuberosum</i> Rottler ex Spreng.), Broccoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> L.), Lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.), Celery (<i>Apium graveolens</i> L.), Watermelon (<i>Citrullus lanatus</i> Matsum.), Spinach (<i>Spinacia oleracea</i> L.), Cabbage (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.), Welsh onion (<i>Allium fistulosum</i> L.), Onion (<i>Allium cepa</i> L.), Young radish (<i>Raphanus sativus</i> L.), Cucumber (<i>Cucumis sativus</i> L.), Oriental melon (<i>Cucumis melo</i> var. <i>makuwa</i> Makino), Bok choy (<i>Brassica campestris</i> L.), Kale (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> L.), Tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.), Welsh onion (<i>Allium fistulosum</i> L.), Sweet spudash (<i>Cucurbita maxima</i> Duch.)
	flower	12 Chrysanthemum (<i>Chrysanthemum morifolium</i> L.), Rose (<i>Rosa hybrida</i> L.), Lily (<i>Lilium longiflorum</i> Thunb.)
	fruit	5 Apple (<i>Malus pumila</i> Mill.), Pear (<i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>culta</i> Nakai), Trifoliolate Orange (<i>Poncirus trifoliata</i> L. Raf.), Shekwasha (<i>Citrus depressa</i> cv. Shekwasha Hayata)
Food crops	28 Potato (<i>Solanum tuberosum</i> L.), Sesame (<i>Sesamum indicum</i> L.), Perilla (<i>Perilla frutescens</i> var. <i>japonica</i> Hara), Buckwheat (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench), Corn (<i>Zea mays</i> L.), Kidney bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>humilis</i> Alef.), Bean (<i>Glycine max</i> (L.) Merr.)	
Special crops	herb	14 Nepta herb (<i>Schizonepeta tenuifolia</i> var. <i>japonica</i> (Maxim.) Kitag), Ovate-leaf atractylodes (<i>Atractylodes japonica</i> Koidz), Gromwell (<i>Lithospermum erythrorhizon</i> Siebold & Zucc.), Milk vetch root (<i>Astragalus membranaceus</i> Bunge), Balloon flower (<i>Platycodon grandiflorum</i> A. DC), Japanese lady flower (<i>Codonopsis lanceolata</i> (Siebold & Zucc.) Trautv), Licorice (<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch), A kind of rhubarb (<i>Rheum palmatum</i> L.), Ladybell (<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i> Hara.)
	tobacco	9 Tobacco (<i>Nicotiana tabacum</i> L.)
	wild edible greens	5 Coastal hogfennel (<i>Peucedanum japonicum</i> Thunberg), Seasoned aster (<i>Aster scaber</i> Thunb.), Cirsium setidens (<i>Cirsium setidens</i> Nakai)
Green manure crops	15 Clover (<i>Trifolium repens</i> L.), Ryegrass (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.), Sunnhemp (<i>Crotalaria Juncea</i> L.), Vetch (<i>Vicia villosa</i> Roth), Chinese milk vetch (<i>Astragalus sinicus</i> L.), Rattail sixweeks grass (<i>Festuca myuros</i> L.), Great millet (<i>Sorghum spp.</i>), Oat (<i>Avena sativa</i> L.), Sesbania (<i>Sesbania cannabina</i> L.)	
Other plants	19 Marsh cress (<i>Rorippa palustris</i> L.), Shepherd's purse (<i>Capsella bursa-pastoris</i> L.), Whitlow grass (<i>Draba nemorosa</i> L.), Mugwort (<i>Artemisia vulgaris</i> L.), Rapeseed (<i>Brassica napus</i> L.), Coastal rockcress (<i>Arabis japonica</i> var. <i>stenocarpa</i> Nakai), Rock cress (<i>Arabidopsis thaliana</i> L.), Tower rock cress (<i>Arabis glabra</i> (L.) Bernh.), Globe amaranth (<i>Gomphrena globosa</i> L.), Ground cherry (<i>Physalis angulata</i> L.), Jimson weed (<i>Datura stramonium</i> L.), New Zealand spinach (<i>Demidovia tetragonoides</i> Pall.), Goosefoot (<i>Chenopodium album</i> L. var. <i>centrorubrum</i> Makino)	
Total	276	-

스트가 형성되었으나 씨스트 수가 대조품종 대비 10% 이하인 품종, 저항성/비기주는 씨스트가 한 개도 발생하지 않은 품종으로 구분하였다.

결과 및 고찰

식물 종류별 사탕무씨스트선충 씨스트 형성 검정

원예작물, 식량작물, 특용작물, 녹비작물, 냉이류 등 총 18개 과(科) 276종(품종)의 식물을 대상으로 사탕무씨스트선충을 접종하여 씨스트 형성 정도를 조사하였다(Table 2). 씨스트가 전혀 형성되지 않은 품종은 '0(저항성/비기주)', 씨스트 수가 대조품종 대비 10% 이하인 것은 '1(중감수성)', 씨스트 수가 10% 이상인 것은 '2(감수성)'으로 구분하였다.

석류과, 십자화과, 콩과, 마디풀과 등 4개과의 106품종이 감수성으로 나타났으며 중감수성에는 미나리과, 국화과, 지치과, 십자화과, 명아주과, 콩과, 참깨과, 화본과, 가지과 등 9과의 40품종이 포함되었고, 미나리과, 국화과, 명아주과, 콩과, 화본과, 마디풀과, 가지과 등의 일부품종과 비름과, 초롱꽃과, 박과, 꿀풀과, 백합과, 장미과, 운향과 등 14과의 130품종은 저항성/비기주인 것으로 나타났다.

석류과(Aizoaceae)는 번행초 1종을 검정하였으며 10주 중 8주에서 씨스트가 발생하였고, 비름과(Amaranthaceae)로는 천일홍을 대상으로 하였는데 씨스트가 전혀 형성되지 않았다. 석류과에는 번행초, 아이스플랜트 등 사탕무씨스트선충의 기주가 많으며 털비름이 기주라는 보고(Steele, 1965)와 차이를 보이고 있는데, 비름과는 품종에 따라 사탕무씨스트선충에 대한 감수성의 차이가 큰 것으로 생각된다. 미나리과(Apiaceae)는 9종을 검정하였다. 당근과 셀러리에서는 씨스트가 형성되지 않았고 갯기름나무에서는 10주 중 4주에서 씨스트가 형성되었으나 밀도(0~4개)가 낮아 중감수성인 것으로 나타났다. 지치과(Boraginaceae)는 지치 1종을 검정하였는데 중감수성으로 나타났으나 Steele (1965)은 지치과에서는 보라지(Borage)만이 기주이고 대부분의 품종이 비기주라고 하여 약간의 차이를 보였다. 십자화과(Brassicaceae)는 검정대상 111품종 모두에서 씨스트가 형성되었다. 이 중 10품종(무 1, 열무 3, 브로콜리 1, 갓 1, 냉이류 4)은 사탕무씨스트선충 씨스트가 대조품종 대비 10% 이하로 형성되어 중감수성으로 분류되었으며 그 외의 품종은 모두 감수성이었다. 특히 배추, 양배추, 케일, 겨자, 청경채는 모두 감수성이 높은 것으로 나타났다. 본 검정에서는 십자화과는 모두 사탕무씨스트선충의 기주인 것으로 나타났는데 Steele (1965)에 따르면 냉이류 중 일부 품종은 비

기주인 것도 있다고 보고함으로써 다소 차이를 보였다. 또한 겨자는 감수성이 낮은 것으로 보고되어 있다(Zaspel and Fichtner, 1985). 이처럼 50년 전에는 비기주로 검정되었는데 본 연구에서처럼 기주로 나타나는 것은 지역적 특성의 차이와 오랜 기간이 지나면서 사탕무씨스트선충의 기주범위가 확대되었기 때문인 것으로 생각된다.

초롱꽃과(Campanulaceae)인 잔대, 도라지, 더덕은 모두 비기주로 나타났다. 명아주과(Chenopodiaceae)는 명아주와 시금치 5품종을 검정하였는데 명아주와 4종의 시금치는 중감수성이었으나 '삼계시금치'는 비기주였다. 시금치 등의 명아주과는 대부분이 기주라는 보고(Steele et al., 1965)로 볼 때 시금치의 경우 품종에 따라 기주특성의 차이가 큰 것으로 생각된다. 국화과(Compositae)는 21종을 검정한 결과 상추, 국화, 약용작물은 모두 비기주였으나 나물류 6종 중 곰취, 곤드레, 수리취는 비기주였으나 참취, 개쑥, 땅파리는 중감수성으로 나타났다. Steele (1965)의 보고에 따르면 검정한 69종의 국화과 모두가 비기주였다는 보고와 비교할 때 다소의 차이가 있는데, 이는 기존의 검정에서는 동아시아가 원산인 나물류에 대한 폭넓은 검정이 수반되지 않았기 때문인 것으로 생각된다. 박과(Cucurbitaceae)는 오이 11 품종, 참외 1 품종, 수박 2 품종, 호박 1 품종 등 총 15품종을 검정하였는데 모두 비기주인 것으로 나타났다. 콩과(Fabaceae)는 25품종을 검정한 결과 콩 8품종 중 강낭콩 1종은 약감수성이고 나머지는 비기주였고, 황기 6품종 중 3품종은 비기주 3품종은 약감수성이고 감초는 비기주로 나타났다. 본 검정에서 콩은 대부분이 비기주였으나 검정대상에서 제외한 완두는 사탕무씨스트선충 피해가 많은 작물로 보고되어 있다(Curto, 2008; Harveson and Jackson, 2008). 녹비작물 10품종 중에서는 베치1호, 세스바니아, 자운영은 감수성, 화이트클로버와 서브클로버는 약감수성이고 그 외 5품종은 비기주였으며, 꿀풀과(Lamiaceae) 5품종(들깨 4품종, 형개)도 모두 씨스트가 전혀 형성되지 않았다.

백합과(Liliaceae)의 파 5품종, 부추 6품종, 양파 4품종, 백합 4품종은 비기주였으며, 참깨과(Pedaliaceae)의 3품종은 모두 중감수성으로 나타났다. 화본과(Poaceae)는 옥수수 6품종, 녹비작물 5품종 중 옥수수 1품종(미혹찰)만이 중감수성이었고, 나머지는 모두 비기주인 것으로 나타났다. Steele (1965)은 옥수수는 모두 비기주라고 하였으나 본 연구에서는 옥수수에서 한 품종이 중감수성으로 나타남으로써 역시 지역적 차이에 따라 기주범위가 확대되었기 때문인 것으로 생각된다. 마디풀과(Polygonaceae)는 4품종을 검정한 결과 메밀 3품종 중 대신메밀과 양설메밀은 비기주였으나 약선메밀은 씨스트가 고밀도로 형성됨으로써 메밀은 품종에 따른 기주특성 차가 매우 큰 것으로 생각된다. 장미과(Rosaceae) 7품종과 운향과 2품종을 검정

Table 2. Number of cysts/root and resistance index of plants after inoculation with *Heterodera schachtii*

Family name	Plants tested		Status of cyst formation					
	Common name	Scientific name and Commercial name	No. of plants tested	No. of plants infected	No. of cysts / root		Resistance index*	
					Mean±SD	Range		
Aizoaceae	Medical plant	번행초(<i>Demidovia tetragonoides</i> Pall.)	10	8	17.6±25.4	0-82	2	
Amaranthaceae		천일홍(<i>Gomphrena globosa</i> L.)	10	0	0.0±0.0	0	0	
Apiaceae	Carrot	당근(<i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i> L.)						
		‘선홍봄5촌’ ‘Seonhongbom5chon’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘여름5복’ ‘Yeoreum5bok’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘흑전’ ‘Heukjeon’	9	0	0.0±0.0	0	0	
		‘주홍’ ‘Juhong’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘신흑전5촌’ ‘Sinheukjeon5chon’	9	0	0.0±0.0	0	0	
	Celery	‘탐레드’ ‘Tammedeu’	7	0	0.0±0.0	0	0	
		셀러리(<i>Apium graveolens</i> L.)						
		‘유다아시아’ ‘Yudaasia’	8	0	0.0±0.0	0	0	
		‘동원’ ‘Dongwon’	9	0	0.0±0.0	0	0	
Wild edible greens		갯기름나물(<i>Peucedanum japonicum</i> Thunberg)	10	4	0.8±1.3	0-4	1	
Boraginaceae	Medical plant	지치(<i>Lithospermum erythrorhizon</i> Siebold & Zucc.)	9	4	1.4±2.2	0-6	1	
Brassicaceae	White radish	무(<i>Raphanus sativus</i> L.)						
		‘서호’ ‘Seoho’	10	10	566.0±188.0	288-946	2	
		‘소담알타리’ ‘Sodamaltari’	10	10	215.6±152.7	3-518	2	
		‘대부령여름’ ‘Daeburyeongyeoreum’	10	10	21.9±15.1	11-61	2	
		‘왕자알타리’ ‘Wangjaaltari’	10	10	23.2±15.0	6-50	2	
		‘춘추알타리’ ‘Chunchualtari’	9	9	13.7±12.0	2-42	2	
		‘적환20일’ ‘Jeokwan20il’	10	10	7.1±3.5	3-15	1	
		‘만사형통’ ‘Mansahyeongtong’	8	8		3-27	2	
		‘화명알타리’ ‘Hwamyongaltari’	10	10	27.8±20.9	2-64	2	
		‘신청일품’ ‘Sincheongilpum’	9	9	44.4±57.1	6-190	2	
		‘갯무’ ‘Gaenmu’	10	10	152.9±94.0	44-298	2	
		Young radish	열무(<i>Raphanus sativus</i> L.)					
			‘무시로’ ‘Musiro’	10	9	38.8±24.7	0-60	2
			‘잔치’ ‘Janchi’	10	5	4.2±5.5	0-15	1
	‘청다복’ ‘Cheongdabok’		10	10	236.9±173.4	40-530	2	
	‘새신랑’ ‘Saesillang’		10	10	348.4±156.3	120-567	2	
	‘새각시골드’ ‘Saegaksigoldeu’		9	3	6.3±10.5	0-25	1	
	‘텃밭’ ‘Teotbat’		10	10	74.6±59.1	5-211	2	
	‘일산’ ‘Ilsan’		10	10	125.4±216.5	8-725	2	
	‘수라상’ ‘Surasang’		10	10	225.6±117.3	36-410	2	
	‘참조아’ ‘Chamjoa’		10	8	29.3±27.6	0-87	1	
	‘진호남’ ‘Jinhonam’		9	9	126.8±90.4	40-255	2	
	‘춘하’ ‘Chunha’		9	9	9.3±6.3	3-23	2	
	‘홍빛’ ‘Hongbit’		10	10	50.1±34.0	22-136	2	
	Cabbage		양배추(<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.)					
			‘YR하루토’ ‘Teharuto’	10.0	10	269.5±244.6	20-650	2
			‘YR온누리’ ‘Teonnuri’	10.0	10	347.8±180.7	54-680	2
		‘YR오사카’ ‘Teosaka’	10.0	10	323.5±153.1	140-510	2	
		‘YR호걸’ ‘Tehogeol’	10.0	10	228.9±77.4	111-325	2	
		‘오가네’ ‘Ogane’	10.0	10	588.6±91.5	443-689	2	
‘동북양’ ‘Dongbogyang’		10.0	10	354.4±91.5	127-630	2		
‘대박나양’ ‘Daebangnyayang’		10.0	10	396.1±268.8	139-920	2		
‘동도리’ ‘Dongdori’		10.0	9	96.7±92.6	0-247	2		

Table 2. Continued

Family name	Plants tested		Status of cyst formation				
	Common name	Scientific name and Commercial name	No. of plants tested	No. of plants infected	No. of cysts / root		Resistance index*
					Mean±SD	Range	
Brassicaceae	Chinese cabbage	배추 (<i>Brassica campestris</i> L.)					
		‘하지숙음’ ‘Hajisokkeum’	10	10	80.1±12.1	62-97	2
		‘대농얼갈이’ ‘Daenongeolgari’	9	7	13.6±17.3	0-44	2
		‘고향맛’ ‘Gohyangmat’	9	9	13.9±7.8	4-28	2
		‘개나리’ ‘Gaenari’	9	9	27.8±21.1	5-68	2
		‘서울’ ‘Seoul’	10	10	40.8±37.8	3-109	2
		‘력광’ ‘Ryeokgwang’	10	10	13.6±15.4	1-53	2
		‘노랑봄’ ‘Norangbom’	10	10	21.2±14.4	4-51	2
		‘추월’ ‘Chuwol’	10	9	31.0±25.8	0-87	2
		‘정상’ ‘Jeongsang’	10	10	58.7±32.3	29-126	2
		‘진창’ ‘Jincheong’	9	9	62.7±69.5	15-240	2
		‘옥황씨알’ ‘Okwangssial’	10	10	67.8±32.0	26-139	2
		‘레드파인’ ‘Redeupain’	10	10	80.7±62.9	11-192	2
		‘매력’ ‘Maeryeok’	10	10	746.6±199.6	304-1015	2
		‘춘광’ ‘Chungwang’	10	10	244.1±137.0	51-357	2
		‘통큰맛짱’ ‘Tongkeunmatjjang’	12	12	566.7±238.1	154-1002	2
		‘아시아봄노랑’ ‘Asiabomnorang’	10	10	570.6±239.9	330-1030	2
		‘새로나봄’ ‘Saeronabom’	7	7	336.3±288.7	77-867	2
		‘장미’ ‘Jangmi’	9	8	20.8±25.2	0-82	2
		‘가을맛’ ‘Gaeulmat’	10	9	42.5±44.3	0-119	2
		‘CR맛’ ‘CRmat’	10	8	32.8±44.1	0-110	2
		‘고향쌈’ ‘Gohyangssam’	10	8	48.1±104.4	0-326	2
		‘장성3’ ‘Jangseong3ho’	9	9	35.4±25.9	11-57	2
		‘CR가을’ ‘CRgaeul’	9	9	55.3±40.7	18-142	2
		‘잎쌈’ ‘Ipssam’	10	10	24.7±21.5	1-75	2
		‘월동’ ‘Woldong’	9	9	85.3±92.3	11-316	2
		‘하우스킹125’ ‘Hauseuking125’	8	7	107.5±129.6	0-401	2
		‘하우스퀸124’ ‘Hauseukwin124’	9	9	41.1±60.6	4-169	2
		‘휘모리’ ‘Hwimori’	9	9	21.7±14.5	4-39	2
		‘CR하광’ ‘CRhagwang’	8	8	74.5±39.0	27-135	2
		‘가을속노랑’ ‘Gaeulsongnorang’	9	9	42.4±30.9	10-110	2
		‘CR명가’ ‘CRmyeonggm’	9	9	87.4±67.8	34-229	2
		‘귀빈’ ‘Gwibin’	8	8	23.6±20.4	3-69	2
		‘다농미니’ ‘Danongmini’	9	8	51.8±80.5	0-258	2
		‘CR가을뜰’ ‘CRgaeultteul’	7	7	135.3±124.1	39-354	2
		‘왕맛’ ‘Wangmat’	9	9	36.6±23.8	3-87	2
		‘고려금동이미니’ ‘Goryeogeumdongimini’	8	8	68.5±122.9	6-364	2
		‘황성’ ‘Hwangseong’	10	10	69.2±62.5	3-180	2
		‘청정’ ‘ChungJung’	9	9	27.9±16.4	3-46	2
		‘CR명품’ ‘CRmyeongpum’	10	10	51.0±30.6	12-109	2
‘휘파람골드’ ‘Hwiparamgoldeu’	9	8	25.0±34.9	0-103	2		
‘불암3호’ ‘Boram3ho’	10	10	68.6±50.4	12-157	2		
‘CR추강’ ‘CRchugang’	10	10	90.4±63.8	5-197	2		
‘제일진노랑봄’ ‘Jeiljinnorangbom’	10	10	122.9±94.9	18-271	2		
‘아시아봄’ ‘Asiabom’	10	10	331.8±125.7	187-528	2		
‘춘연’ ‘Chunyeon’	8	8	210.1±239.4	13-619	2		
‘봄노랑’ ‘Bomnorang’	8	8	84.0±65.9	21-186	2		
‘춘강’ ‘Chungang’	8	8	192.9±172.5	2-509	2		
‘진노랑’ ‘Jinnorang’	8	7	41.5±77.9	0-231	2		

Table 2. Continued

Family name	Plants tested		Status of cyst formation					
	Common name	Scientific name and Commercial name	No. of plants tested	No. of plants infected	No. of cysts / root		Resistance index*	
					Mean±SD	Range		
Brassicaceae	Chinese cabbage	‘다농춘황’ ‘Danongchunhwang’	9	8	127.6±116.7	0-343	2	
		‘조은’ ‘Joeun’	9	9	111.7±153.1	2-401	2	
		‘CR쌈머킹’ ‘CRsseommeoking’	10	10	149.6±156.8	4-509	2	
		‘CR성하’ ‘CRseongha’	9	9	56.7±55.5	1-158	2	
	Bok choy	청경채 (<i>Brassica campestris</i> L.)						
		‘제일건강다채’ ‘Jeilgeongangdachae’	10	10	285.7±163.0	45-602	2	
		‘배청채’ ‘Baecheongchae’	7	7	21.1±15.0	4-47	2	
		‘아시아비타민다채’ ‘Asiabitamindachae’	10	10	28.4±16.4	1-58	2	
		‘아카오바 타카나’ ‘Akaoba takana’	10	10	44.7±15.7	24-61	2	
		‘아시아수채’ ‘Asiasuchae’	10	10	95.0±49.4	39-183	2	
		‘다홍채’ ‘Dahongchae’	8	8	110.6±138.7	5-436	2	
	Kale	케일 (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> L.)						
		‘아시아백로즈꽃케일’ ‘Asiabaengnojeukkotkeil’	10	10	34.3±22.9	3-52	2	
		‘건강케일’ ‘Geongangkeil’	10	10	141.0±122.8	7-395	2	
	Broccoli	브로콜리 (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> L.)						
		‘브로콜리’ ‘Beurokolli’	10	3	0.7±1.3	0-4	1	
		‘잎브로콜리’ ‘Ipbeurokolli’	10	10	31.7±29.6	10-89	2	
	Leaf mustard	갯 (<i>Brassica juncea</i> L.)						
		‘청갯’ ‘Cheonggat’	10	10	6.0±5.1	1-17	1	
		‘열청갯’ ‘Eolcheonggat’	10	9	17.3±14.9	0-44	2	
		‘적갯’ ‘Jeokgat’	10	10	23.3±17.0	5-56	2	
		‘돌산갯’ ‘Dolsangat’	9	6	38.3±45.1	0-142	2	
	Mustard	겨자 (<i>Brassica juncea</i> var. <i>crispifolia</i> L.)						
		‘곱슬겨자’ ‘Gopseulgyeoja’	10	10	51.9±21.9	5-91	2	
		‘적겨자’ ‘Jeokgyeoja’	10	9	11.9±9.6	0-29	2	
	Rapeseed	유채 (<i>Brassica napus</i> L.)	11	11	181.5±112.8	3-458	2	
	Wild edible greens	속속이풀 (<i>Rorippa palustris</i> L.)		7	6	175.1±272.6	0-709	2
		꽃다지 (<i>Draba nemorosa</i> L.)		7	7	24.6±30.6	2-74	1
		갯장대 (<i>Arabis japonica</i> var. <i>stenocarpa</i> Nakai)		10	4	1.7±2.4	0-6	1
		애기장대 (<i>Arabidopsis thaliana</i> L.)		5	3	6.4±7.0	7-17	1
장대나물 (<i>Arabis glabra</i> (L.) Bernh.)		7	7	35.9±25.8	3-71	2		
냉이 (<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medic.)		9	9	35.9±17.5	2-63	2		
콩다닥냉이 (<i>Lepidium virginicum</i> L.)		10	10	89.0±112.6	24-400	2		
다닥냉이 (<i>Lepidium apetalum</i> Will.)		9	8	12.6±10.5	0-27	1		
말냉이 (<i>Thlaspi arvense</i> L.)		8	8	261.1±154.6	26-432	2		
개갯냉이 (<i>Rorippa indica</i> (L.) Hiern)		9	9	38.6±70.1	3-224	2		
황새냉이 (<i>Cardamine flexuosa</i> With.)		11	11	95.5±64.2	19-229	2		
싸리냉이 (<i>Cardamine impatiens</i> L.)		9	9	51.3±51.7	7-152	2		
Campanulaceae		Bonnet bellflower	잔대 (<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i> Hara.)	10	0	0.0±0.0	0	0
			Ballon flower	도라지 (<i>Platycodon grandiflorum</i> A. DC)	10	0	0.0±0.0	0
	Japanese lady flower	더덕 (<i>Codonopsis lanceolata</i> (Siebold & Zucc.) Trautv)	10	0	0.0±0.0	0	0	
Chenopodiaceae	Wild edible greens	명아주 (<i>Chenopodium album</i> L. var. <i>centrorubrum</i> Makino)	10	9	4.0±3.2	0-9	1	

Table 2. Continued

Family name	Plants tested		Status of cyst formation					
	Common name	Scientific name and Commercial name	No. of plants tested	No. of plants infected	No. of cysts / root		Resistance index*	
					Mean±SD	Range		
Chenopodiaceae	Spinach	시금치 (<i>Spinacia oleracea</i> L.)						
		‘삼계’ ‘Samgye’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘아톰’ ‘Atom’	5	5	10.0±6.8	4-21	1	
		‘마이티’ ‘Maiti’	9	8	17.1±30.2	0-94	1	
		‘사계절’ ‘Sagyejeol’	8	8	29.0±28.4	1-71	1	
		‘프렌드’ ‘Peurendeu’	8	8	11.0±8.1	3-28	1	
Compositae	Lettuce	상추 (<i>Lactuca sativa</i> L.)						
		‘그랜드레드피’ ‘Geuraendeuredeupi’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘제일청축면’ ‘Jeilcheongchungmyeon’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘신화적축면’ ‘Sinhwajeokchungmyeon’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘적치마’ ‘Jeokchima’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘청치마’ ‘Cheongchima’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘제일로메인양상추’						
		‘Jeillomeinyangsangchu’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘제일진홍적축면’						
		‘Jeiljinheungjeokchungmyeon’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘포차비 적축면’						
		‘Pochabi jeokchungmyeon’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘여름청치마’ ‘Yeoreumcheongchima’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘그린볼결구양상추’						
		‘Geurinbolgyeolguyangsangchu’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		Chrysanthemum	Chrysanthemum	국화 (<i>Chrysanthemum morifolium</i> L.)				
	‘백마’ ‘Baengma’			10	0	0.0±0.0	0	0
	‘신마’ ‘Sinma’			10	0	0.0±0.0	0	0
	‘핑크프라이드’ ‘Pingkeupeuraideu’			10	0	0.0±0.0	0	0
			‘일월’ ‘Irwol’	10	0	0.0±0.0	0	0
	Medical plant	Medical plant	삼주 (<i>Atractylodes japonica</i> Koidz)	10	0	0.0±0.0	0	0
			Wild edible greens					
			곰취 (<i>Ligularia fischeri</i> (Ledeb.) Turcz)	10	0	0.0±0.0	0	0
참취 (<i>Aster scaber</i> Thunb.)			9	1	0.1±0.3	0-1	1	
곤드레 (<i>Cirsium setidens</i> Nakai)			10	0	0.0±0.0	0	0	
수리취 (<i>Synurus deltoides</i> (Aiton) Nakai)			10	0	0.0±0.0	0	0	
개쑥 (<i>Heteropappus hispidus</i> (Thunberg) Less.)			7	5	4.4±7.6	0-21	1	
		땅파리 (<i>Physalis angulata</i> L.)	10	4	1.1±2.0	0-6	1	
Cucurbitaceae	Cucumber	오이 (<i>Cucumis sativus</i> L.)						
		‘신세대’ ‘Sinsedae’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘구월낙합’ ‘Guwollakap’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘은성’ ‘Eunseongi’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘장백침’ ‘Jangbaekchim’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘백미’ ‘Baengmi’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘흑미인’ ‘Heungmiin’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘이좋은백침’ ‘Ijoenbaekchim’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘맛사지 맛짱’ ‘Matsajimatjjang’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘백침’ ‘Baekchim’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘입추낙합’ ‘Ipchunakap’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		‘아시아은천’ ‘Asiaeuncheon’	10	0	0.0±0.0	0	0	
		Cucurbitaceae	Oriental melon	참외 (<i>Cucumis melo</i> var. <i>makuwa</i> Makino)				
‘금노다지은천’ ‘Geumnodajjeuncheon’	10			0	0.0±0.0	0	0	

Table 2. Continued

Family name	Plants tested		Status of cyst formation				
	Common name	Scientific name and Commercial name	No. of plants tested	No. of plants infected	No. of cysts / root		Resistance index*
					Mean±SD	Range	
Cucurbitaceae	Watermelon	수박 (<i>Citrullus lanatus</i> Matsum.)					
		‘서태자’ ‘Seotaeja kkulsubak’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘달고나’ ‘Dalgona kkulsubak’	10	0	0.0±0.0	0	0
	Pumpkin	단호박 (<i>Cucurbita maxima</i> Duch)					
‘단밤’ ‘Danbam’		10	0	0.0±0.0	0	0	
Fabaceae	Bean	강낭콩 (<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>humilis</i> Alef.)					
		‘강낭콩’ ‘Gangnangkong’	4	4	24.3±27.0	4-61	1
	<i>Glycine max</i> (L.) Merr	‘적색강낭콩’ ‘Jeoksae gangnangkong’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘재래종강낭콩’ ‘Jaeraejong gangnangkong’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘얼룩이34’ ‘Eollugi34’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘웰빙얼룩이’ ‘Welbingeollugi’	8	0	0.0±0.0	0	0
		콩 (<i>Glycine max</i> (L.) Merr.)					
		‘태광’ ‘Taegwang’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘풍산’ ‘Pungsan’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘대풍’ ‘Daepoong’	10	0	0.0±0.0	0	0
Fabaceae	Medical plant	황기 (<i>Astragalus membranaceus</i> Bunge)					
		‘황기’ ‘Hwanggi’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘아성황기’ ‘Aseonghwanggi’	10	2	0.3±0.7	0-2	1
		‘풍성황기’ ‘Pungseonghwanggi’	6	1	0.3 0.8	0-2	1
		‘정선황기’ ‘Jeongseonhwanggi’	10	3	1.6±3.5	0-11	1
		‘중국황기’ ‘Junggukwanggi’	9	2	0.6±1.1	0-5	1
		‘몽골황기’ ‘Monggolhwanggi’	10	0	0.0±0.0	0	0
		감초 (<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch)	3	0	0.0±0.0	0	0
	Green manure	클로버 (<i>Trifolium repens</i> L.)					
		‘크림슨클로버’ ‘Keurimseunkeullobeo’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘버십클로버’ ‘Beosimkeullobeo’	7	0	0.0±0.0	0	0
		‘화이트클로버’ ‘Hwaiteukeullobeo’	6	5	20.5±28.4	0-76	1
		‘서브클로버’ ‘Seobeukeullobeo’	11	4	1.0±1.5	0-4	1
		‘레드클로버’ ‘Redeukeullobeo’	2	0	0.0±0.0	0	0
		네마장황 (<i>Crotalaria Juncea</i> L.)	9	0	0.0±0.0	0	0
		베치 (<i>Vicia villosa</i> Roth)					
		‘헤어리베치’ ‘Heeoribechi’	11	0	0.0±0.0	0	0
‘베치1호’ ‘Bechi1ho’	7	7	106.0±99.9	8-245	2		
세스바니아 (<i>Sesbania cannabina</i> L.)	7	7	135.1± 70.9	65-268	2		
자운영 (<i>Astragalus sinicus</i> L.)	3	3	178.0± 156.5	62-356	2		
Lamiaceae	Perilla	들깨 (<i>Perilla frutescens</i> var. <i>japonica</i> Hara)					
		‘단조’ ‘Danjo’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘백진’ ‘Baekjin’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘조임’ ‘Joim’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘평안’ ‘Pyeongan’	10	0	0.0±0.0	0	0
	Medical plant	형개 (<i>Schizonepeta tenuifolia</i> var. <i>japonica</i> (Maxim.) Kitag.)	10	0	0.0±0.0	0	0
	Liliaceae	Welsh onion	파 (<i>Allium fistulosum</i> L.)				
‘홍구조파’ ‘Honggujopa’			4	0	0.0±0.0	0	0
‘흑금장’ ‘Heukgeumjang’			9	0	0.0±0.0	0	0
‘장열파’ ‘Jangyeolpa’			9	0	0.0±0.0	0	0
‘석창외대’ ‘Seokchangoedae’			6	0	0.0±0.0	0	0
‘금장외대’ ‘Geumjangoedae’			9	0	0.0±0.0	0	0

Table 2. Continued

Family name	Plants tested		Status of cyst formation				
	Common name	Scientific name and Commercial name	No. of plants tested	No. of plants infected	No. of cysts / root		Resistance index*
					Mean±SD	Range	
Liliaceae	Chives	부추 (<i>Allium tuberosum</i> Rottler ex Spreng.)					
		‘부추왕’ ‘Buchuwang’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘왕벨트’ ‘Wangbelteu’	8	0	0.0±0.0	0	0
		‘진홍그린벨트’ ‘Jinheunggeurinbelteu’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘그린벨트’ ‘Geurinbelteu’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘아시아그린벨트’ ‘Asiageurinbelteu’	10	0	0.0±0.0	0	0
	Onion	대농그린 ‘Daenonggeurin’	6	0	0.0±0.0	0	0
		양파 (<i>Allium cepa</i> L.)					
		‘천하중합고’ ‘Cheonhajunghapgo’	4	0	0.0±0.0	0	0
		‘황룡볼’ ‘Hwangnyongbol’	10	0	0.0±0.0	0	0
	Lily	‘진홍대고’ ‘Jinheungdaego’	9	0	0.0±0.0	0	0
		‘아시아천주적’ ‘Asiacheonjujeok’	9	0	0.0±0.0	0	0
		백합 (<i>Lilium longiflorum</i> Thunb)					
		‘시베리아’ ‘Siberia’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘옐로윈’ ‘Yellowin’	10	0	0.0±0.0	0	0
Pedaliacea	Sesame	‘메두사’ ‘Medusa’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘브라이트타워’ ‘Beuraiteutawo’	10	0	0.0±0.0	0	0
		참깨 (<i>Sesamum indicum</i> L.)					
		‘고품’ ‘Gopum’	10	8	2.5±1.7	0-5	1
Poaceae	Corn	‘평안’ ‘Pyeongan’	10	3	0.5±0.8	0-2	1
		‘안산’ ‘Ansan’	10	5	1.0±1.3	0-4	1
		옥수수 (<i>Zea mays</i> L.)					
		‘미흑찰’ ‘Miheukchal’	7	3	1.3±1.9	0-5	1
		‘흑점2호’ ‘Heukjeom2ho’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘강일옥’ ‘Gangirop’	10	0	0.0±0.0	0	0
	Green manure	‘미백2호’ ‘mibaek2ho’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘미백찰’ ‘Mibaekchal’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘아리찰’ ‘Arichal’	9	0	0.0±0.0	0	0
		라이그라스 (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.)	10	0	0.0±0.0	0	0
Polygonaceae	Buckwheat	수단그라스 (<i>Sorghum almum</i> Parodi.)	10	0	0.0±0.0	0	0
		들묵새 (<i>Festuca myuros</i> L.)	10	0	0.0±0.0	0	0
		하우스솔고 (<i>Sorghum</i> spp.)	10	0	0.0±0.0	0	0
		귀리 (<i>Avena sativa</i> L.)	10	0	0.0±0.0	0	0
	Medical plant	메밀 (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench)					
Rosaceae	Rose	‘약산’ ‘Yakseon’	10	9	67.1±65.3	0-198	2
		‘대산’ ‘Daesan’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘양설’ ‘Yangseol’	10	0	0.0±0.0	0	0
	Apple	장엽대황 (<i>Rheum palmatum</i> L.)	9	0	0.0±0.0	0	0
		장미 (<i>Rosa hybrida</i> L.)					
		‘디바’ ‘Diba’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘레몬드림’ ‘Remondeurim’	10	0	0.0±0.0	0	0
	Pear	‘앤드리스리브’ ‘Aendeuriseureobeu’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘로즈유미’ ‘Rojeuyumi’	10	0	0.0±0.0	0	0
		사과 (<i>Malus pumila</i> Mill.)					
Rosaceae	Pear	‘M9’	10	0	0.0±0.0	0	0
		‘M26’	10	0	0.0±0.0	0	0
Rosaceae	Pear	배 (<i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>culta</i> Nakai)					
		‘콩배’ ‘Kongbae’	10	0	0.0±0.0	0	0

Table 2. Continued

Family name	Plants tested		Status of cyst formation						
	Common name	Scientific name and Commercial name	No. of plants tested	No. of plants infected	No. of cysts / root		Resistance index*		
					Mean±SD	Range			
Rutaceae	Citrus	탱자 (<i>Poncirus trifoliata</i> L. Raf.)	10	0	0.0±0.0	0	0		
		시쿠와사 (<i>Citrus depressa</i> cv. Shekwasha Hayata)	10	0	0.0±0.0	0	0		
Solanaceae	Eggplant	가지 (<i>Solanum melongena</i> L.)							
		‘흑마장’ ‘Heungmajang’	9	0	0.0±0.0	0	0		
		‘동부흑장’ ‘Dongbuheukjang’	10	0	0.0±0.0	0	0		
	Hot pepper	고추 (<i>Capsicum annuum</i> L.)	‘흑일품’ ‘Heugilpum’	10	0	0.0±0.0	0	0	
			‘금탑’ ‘Geumtap’	10	0	0.0±0.0	0	0	
			‘농우 파리푹고추’ ‘Nongu kkwariputgochu’	10	8	1.2±0.9	0-3	1	
		‘청양’ ‘Cheongyang’	9	2	0.3±0.7	0-2	1		
			‘녹광’ ‘Nokgwang’	7	0	0.0±0.0	0	0	
				‘롱그린 맛고추’ ‘Ronggeurin matgochu’	7	0	0.0±0.0	0	0
			‘베로파’ ‘Baerotta’		11	0	0.0±0.0	0	0
				‘무한질주’ ‘Muhanjilju’	3	0	0.0±0.0	0	0
			‘태신’ ‘Taesin’		6	0	0.0±0.0	0	0
				‘길상’ ‘Gilsang’	8	0	0.0±0.0	0	0
			‘당조마일드’ ‘Dangjomaildeu’		9	0	0.0±0.0	0	0
				‘우리진’ ‘Urigeon’	4	0	0.0±0.0	0	0
			‘PR씩쓸이’ ‘PRssaksseuri’		9	0	0.0±0.0	0	0
				Tomato	토마토 (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill)				
			‘서광102’ ‘Seogwang102’		10	0	0.0±0.0	0	0
			‘슈퍼도태랑’ ‘Syupeodotaerang’		10	0	0.0±0.0	0	0
			‘선명’ ‘Seonmyeong’		10	0	0.0±0.0	0	0
	Potato	감자 (<i>Solanum tuberosum</i> L.)							
		‘수미’ ‘Sumi’	10	0	0.0±0.0	0	0		
		‘자영’ ‘Jayeong’	10	0	0.0±0.0	0	0		
‘고운’ ‘Goun’		2	1	1.5±2.1	0-3	1			
‘하령’ ‘Haryeong’		10	0	0.0±0.0	0	0			
Solanaceae	Tobacco	담배 (<i>Nicotiana tabacum</i> L.)	10	1	0.3±0.9	0-3	1		
		<i>N. N.</i>							
		<i>N. occidentalis</i>	10	0	0.0±0.0	0	0		
		<i>N. C.</i>	10	4	1.1±1.9	0-5	1		
		<i>N. white burley</i>	10	0	0.0±0.0	0	0		
		<i>N. samsan</i>	10	0	0.0±0.0	0	0		
		<i>N. glutinosa</i>	8	2	1.0±1.9	0-5	1		
		<i>Ky-57</i>	9	2	0.4±1.0	0-3	1		
		<i>N. clevelandill</i>	10	0	0.0±0.0	0	0		
		<i>C. amaranticola</i>	8	4	2.0±2.9	0-8	1		
		Medicinal plant	독말풀 (<i>Datura stramonium</i> L.)	10	2	0.3±0.7	0-2	1	

*Resistance index: 0 = resistant/immune; 1 = moderately susceptible; 2 = susceptible

한 결과 장미, 사과, 배, 땃자, 시쿠와사 모두 비기주로 나타났다. 가지과(Solanaceae)는 총 32품종을 검정하였다. 고추는 12 품종 중 10품종은 비기주였으나 농우파리꽃고추와 청양고추는 중감수성이었고, 감자 중에서는 고운 1품종, 담배에서는 *N. N.*, *N. C.*, *N. glutinosa*, Ky-57, *C. amaranticola* 등 4품종이 중감수성이었다. 독말풀은 중감수성이므로 나타났다. 즉 가지와 토마토에서는 씨스트가 전혀 형성되지 않아 모두 비기주이고 고추, 감자, 담배는 비기주와 중감수성이 혼재하는 것으로 나타났다. 이러한 검정결과는 가지의 일부품종에서 씨스트가 형성되었으며, 고추와 감자, 담배 품종에서는 검정한 품종 모두에서 씨스트가 형성되지 않았고 Jimson weed (독말풀)은 비기주이며, 야생토마토는 씨스트가 매우 잘 형성된다(Steele, 1983)는 보고와 큰 차이를 보이고 있는데 이는 시험의 오차라기보다는 품종의 다변화에 따른 유전적 차이에서 비롯된 것이라 생각된다.

Steele (1965)은 283속 535종의 식물을 대상으로 사탕무씨스트선충에 대한 기주특성을 분류하였는데 95속 218종을 기주 식물로 보고하였다. 명아주과와 십자화과는 약 80%, 지치과(Boraginaceae)와 비늘꽃과(Onagraceae)는 각각 17%, 14%가 기주였다고 하였다. 본 연구에서는 검정 대상 십자화과 모든 품종이 기주식물이었으며 비기주 품종은 없는 것으로 나타났다. 지치과는 지치 1종만을 검정하기는 하였으나 기주로 나타남으로써 Steele (1965)의 보고와 차이를 보이고 있다. 이러한 차이는 본 연구에서는 총 286종으로 적은 수가 검정되었고 검정대상을 주로 상용화되어 있는 품종을 대상으로 한 반면, Steele (1965)의 경우에는 야생종 사탕무나 꽃무, 개갓냉이속 등을 포함하여 폭넓게 다양한 식물들을 대상으로 하였기 때문인 것이라 생각된다. 실제로 미국에서는 선충저항성 식물을 이용한 윤작법이 활용되고 있는데 이때 사탕무씨스트선충에 강한 저항성을 보이는 야생사탕무가 이용되고 있다(Yu, 1984).

사탕무씨스트선충 감염지 대체작목 추천

사탕무씨스트선충 발생지역에서 배추 대체작목을 선정하거나 종합관리방안 마련시 윤작 등에 활용할 수 있도록 사탕무씨스트선충 씨스트가 전혀 형성되지 않은 130개 품종을 목록화하였다(Table 3). 검정대상 품종 모두 씨스트가 전혀 형성되지 않아 비기주로 확인된 과(科)는 비름과, 초롱꽃과, 박과, 꿀풀과, 백합과, 장미과, 운향과 등 7과이고 그 외 미나리과, 명아주과, 국화과, 콩과, 화본과, 마디풀과, 가지과 등 7과는 작물 및 품종에 따라 약감수성 또는 비기주에 혼재하여 분포하였다. 셀러리, 당근, 도라지, 더덕, 잔대, 국화, 상추, 삼주, 오이, 참외, 호박,

수박, 콩, 감초, 들깨, 부추, 파, 백합, 양파, 귀리, 사과, 배, 장미, 감귤, 가지, 토마토 등은 검정대상 품종에서 사탕무씨스트선충이 전혀 발생하지 않은 저항성/비기주 작물인 것으로 나타났다.

따라서 사탕무씨스트선충 감염지에서는 높은 감수성을 가진 배추, 무, 양배추, 열무, 케일, 청경채, 겨자 등 십자화과 작물과 선충 증식이 가능한 중감수성 품종은 재배를 하지 않는 것이 바람직하다. 사탕무씨스트선충 감염지에서는 Table 3에 기재된 사탕무씨스트선충이 전혀 증식되지 않는 저항성/비기주 품종을 활용하여 윤작을 통해 장기적인 관리를 해야 사탕무씨스트선충의 피해와 확산을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

세계적으로 십자화과 및 명아주과 식물에 매우 큰 피해를 주고 있는 사탕무씨스트선충이 2011년도에 우리나라 고랭지배추 재배지에서 피해가 확인된 이후 지속적으로 발생면적이 증가하고 있는 실정이다(Kwon et al., 2016). 사탕무씨스트선충의 확산을 효과적으로 억제하지 못할 경우 우리나라 고랭지배추 생산의 중심지인 강원도지역에 경제적으로 큰 타격이 올 수 있으며, 그로 인해 고랭지배추 수급차질로 인한 파동이 예상된다. 또한 전국적으로 확산될 경우 김치가 주요 부식채소인 우리나라의 식생활 특성을 고려할 때 전국적인 배추와 무 생산에도 큰 차질이 예상된다. 따라서 조기에 확산 방지대책이 강구되어야 할 것이다. 유럽이나 미국 등 외국에서 활용되고 있는 사탕무씨스트선충 관리방법으로는 재배지의 위생관리, 비기주작물 윤작, 조기정식, 살선충제 사용, 유인작물(trap crop) 활용, 저항성 작물 재배 등이 있다. 미국의 와이오밍대학교에서는 이러한 방법들을 종합하여 가장 효율적인 사탕무씨스트선충 관리 방법으로 재배지 청결관리+ 비기주작물 윤작+ 제초+ 유인작물 활용을 추천하고 있다(Koch et al., 1998). 콩이나 옥수수, 보리를 수확한 후 저항성 무(oil radish)를 유인작물(trap crop)로 심은 경우 사탕무씨스트선충 밀도가 50~75% 정도 감소하였다. 그러나 윤작이 사탕무씨스트선충 관리를 위해 매우 중요한 요소이지만 2~3년 이상 지속적으로 사용하면 효과가 낮아진다(Smith et al., 2004; Koch et al., 1998; Koch and Gray, 1997). 따라서 와이오밍 등지에서는 선충약제를 사용하면서 저항성 사탕무를 이용한 윤작법을 활용한다(Griffin, 1987). 우리나라에서도 사탕무씨스트선충의 효율적인 관리를 통해 확산을 방지하기 위해 다양한 연구가 추진되고 있는데, 본 연구결과에서 비기주작물로 선정된 품종을 이용하면 효과적인 관리체계를 수립하는데 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 사탕무씨스트선충이 발생된 태백시 등 고랭지 배추재배지에서 경제성 및 지리적, 기후적 특성을 고려하여 본 연구결과에서 저항성/비기주작물로 확인된 작물 중에서 배추 대체작물을 선정하여 활용한다면 사탕무씨스트선충의 피해와 확산을 줄이는

Table 3. List of plants and varieties resistant/immune to *Heterodera schachtii*

Family	Common name	Varieties or Scientific name	No.of var.
Amaranthaceae	Globe amaranth	<i>Gomphrena globosa</i> L.(천일홍)	1
Apiaceae	Carrot	Seonhongbom5chon(선홍봄5촌), Yeoreum5bok(여름5복), Heukjeon(흑전), Juhong(주홍), Sinheukjeochon(신흑전5촌), Tamnedeu(탐레드)	6
	Celery	Yudaasia(유다아시아), Dongwon(동원)	2
Campanulaceae	Balloon flower	<i>Platycodon grandiflorum</i> (JACQ.) A. DC(도라지)	1
	Bonnet bellflower	<i>Codonopsis lanceolata</i> (Siebold & Zucc.) Trautv. (더덕)	1
	Japanese lady bell	<i>Adenophora triphylla</i> var. japonica (Regel) H. Hara (잔대)	1
Chenopodiaceae	Spinach	Samgye(삼계)	1
Compositae	Chrysanthemum	Baengma(백마), Sinma(신마), Pingkeupeuraideu(핑크프라이드), Irwol(일월)	4
	Lettuce	Geuraendeuredeupi(그랜드레드피), Jeilcheongchungmyeon(제일청춘면), Sinhwajeokchungmyeon(신화적춘면), Jeillomeinyangsangchu(제일로메인양상추), Cheongchima(청치마), Jeiljinheungjeokchungmyeon(제일진흥적춘면), Pochabijeokchungmyeon(포차비적춘면), Yeoreumcheongchima(여름청치마), Geurinbolgyeolguyangsangchu(그린볼결구양상추), Jeokchima(적치마)	10
	Medicinal plant	<i>Atractylodes japonica</i> Koidz.(삼주)	1
	Wild edible greens	<i>Cirsiumsetidens</i> (Dunn) Nakai(곤드레), <i>Ligularia fischeri</i> Ledebour(곰취), <i>Symurusdeltoides</i> (Aiton) Nakai(수리취)	3
Cucurbitaceae	Cucumber	Sinsedae(신세대), Guwollakap(구월낙합), Matsajimatjang(맛사지맛짱), Eunseongbaekdadagi(은성백다다기), Jangbaekchimdadagi(장백침다다기), Baengmibaekdadagi(백미백다다기), Heungmiinbaekdadagi(흥미인백다다기), Ijoeunbaekchimdadagi(이좋은백침다다기), Baekchimdadagi(백침다다기), Ipchunakap(입추낙합), Asiaeuncheonbaekdadagi(아시아은천백다다기)	11
	Oriental melon	Geumnodajieuncheon(금노다지은천)	1
	Pumpkin	Danbam(단밤)	1
	Watermelon	Seotaejakkulsubak(서태자꿀수박), Dalgonakkulsubak(달고나꿀수박)	2
	Fabaceae	Bean	Taegwang(태광), Pungsan(풍산), Daepoong(대풍), Eollugi34(얼룩이34), Welbingeollugi(웰빙얼룩이)
	Clover	Keurimseunkeulloboe(크림슨클로버), Redeukeulloboe(레드클로버), Beosimkeulloboe(버سيم클로버)	3
	Green manure	<i>Crotalaria juncea</i> L.(네마장황), Hairy vetch(헤어리베치)	2
	Kdney bean	Jeoksaejakkulsubak(적색강낭콩), Jaeraejonggangnangkong(재래종강낭콩)	2
	Medicinal plant	<i>Astragalus membranaceus</i> Bunge(황기), <i>Astragalus membranaceus</i> Bunge var. mongholicus Hsiao(몽골황기), <i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch(감초)	3
Lamiaceae	Medicinal plant	<i>Schizonepeta tenuifolia</i> var. japonica (Maxim.) (형개)	1
	Perilla	Danjo(단조), Baekjin(백진), Joim(조임), Pyeongan(평안)	4
Liliaceae	Chives	Buchuwang(부추왕), Wangbelteu(왕벨트), Jinheunggeurinbelteu(진흥그린벨트), Geurinbelteu(그린벨트), Asiageurinbelteu(아시아그린벨트), Daenonggeurin(대농그린)	6
	Welsh onion	Honggujopa(홍구조파), Heukgeumjang(흑금장), Jangyeolpa(장열파), Seokchangoedae(석창외대), Geumjangoedae(금장외대)	5
	Lily	iberia(시베리아), Yellowin(옐로윈), Medusa(메두사), Beuraiteutawo(브라이트 타워)	4
	Onion	Cheonhajunghapgo(천하중합고), Hwangnyongbol(황룡볼), Jinheungdaego(진흥대고), Asiacheonjujeok(아시아천주적)	4
	Poaceae	Corn	Heukjeom2ho(흑점2호), Gangirok(강일옥), mibaek2ho(미백2호), Mibaekchal(미백찰), Arichal(아리찰)
	Green manure	Ryegrass(라이그라스), Sudan grass(수단그라스), <i>Festuca myuros</i> L.(들목새), Hauseusolgo(하우스솔고)	4
	Oat	<i>Avena sativa</i> L.(귀리)	1
Polygonaceae	Buckwheat	Daesan(대산), Yangseol(양설)	2
	Medicinal plant	<i>Rheum palmatum</i> L.(장엽대황)	1

Table 3. Continued

Family	Common name	Varieties or Scientific name	No.of var.
Rosaceae	Apple	Pt(M9), P6(M26)	2
	Pear	Kongbae(콩배)	1
	Rose	Diba(디바), Remondeurim(레몬드림), Aendeuriseureobeu(앤드리스러브), Rojeuyumi(로즈유미)	4
Rutaceae	Hirami lemon	<i>Citrus depressa</i> Hayata (시쿠와사)	1
	Trifoliolate orange	<i>Poncirus trifoliata</i> Raf.(탱자)	1
Solanaceae	Hot pepper	Geumtap(금탑), Nokgwang(녹광), Ronggeurin matgochu(롱그린 맛고추), Baerotta(베로따), Muhanjilju(무한질주), Taesin(태신), Gilsang(길상), Dangjio maildeu(당조마일드), Urigeon(우리건), PRssaksseuri(PR씩쓸이)	10
	Eggplant	Heungmajang(흑마장), Dongbuheukjang(동부흑장), Heugilpum(흑일품)	3
	Potato	Sumi(수미), Jayeong(자영), Haryeong(하령)	3
	Tobacco	<i>N. occidentalis</i> , <i>N. white burley</i> , <i>N. samsan</i> , <i>N. clevalandill</i>	4
	Tomato	Seogwang102(서광102), Syupeodotaerang(슈퍼도태랑), Seonmyeong(선명)	3
Total			130

데에도 도움이 될 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 시험연구사업인 ‘주요 원예작물 해충 발생 모니터링 (PJ01136803)’ 과제의 지원으로 수행되었습니다.

Literature Cited

- Baldwin, J.G. and Mundo-Ocampo, M., 1991. Heteroderinae, cyst and non cyst forming nematodes. In: Nickel WR (ed) A manual of agricultural nematology. pp.275-362. Marcel Dekker Inc., New York, NY, USA.
- Cooke, D., 1991. Europe goes green to control beet cyst nematode. *British Sugar* 59, 44-47.
- Curto, G., 2008. Sustainable methods for management of cyst nematodes, p.221-237. In: Ciancio, A. and K.G. Mukerji (eds.). Integrated management and biocontrol of vegetable grain crops nematodes, Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Evans, K. and Rowe, J.A., 1998. Distribution and economic importance. IN: Sharma SB (ed.). The cyst nematodes. pp.1-30. Kluwer academic publishers, London, UK.
- Gardner, J and Caswell-Chen, E.P., 1993. Penetration, development and reproduction of *Heterodera schachtii* on *Fagopyrum esculentum*, *Phacelia tenacetifolia*, *Raphanus sativus*, *Sinapis alba* and *Brassica oleracea*. *J. Nematol.* 25, 695-702.
- Gray, F.A., 1995. Distribution and incidence of sugarbeet diseases in the Wind river and Big horn river basins of Northwest Wyoming. *Univ. of Wyoming Agric. Exp. Stn. Bull.* B-1031.
- Griffin, G.D., 1981. The relationship plant age, soil temperature, and population density of *Heterodera schachtii* on the growth of sugarbeet. *J. Nematol.* 13, 184-190.
- Griffin, G.D., 1987. Efficiency of using split and post plant applications of aldicarb for control of *Heterodera schachtii* on sugarbeet. *Ann. Appl. Nematol.* 1, 119-122.
- Hafez, S.L. and Hara, K., 1989. *Heterodera schachtii* populations can be reduced by planting a trap crop or applying low rates of Temik to rotation crops. *J. Sugar Beet Res.* 26(1), A10.
- Hafez, S.L. and Seyedbagheri, M.M., 1997. Sugarbeet cyst nematode: Impact on sugarbeet production in Idaho and Eastern Oregon. *Univ. of Idaho, USA.*
- Harveson, R.M. and Jackson, T.A., 2008. Sugar beet cyst nematode. *Univ. of Nebraska, USA.*
- Kazlauskaitė, S. and Coosemans, J., 2009. Reproductive rate of the *Heterodera schachtii* different winter rapeseed cultivars. *Lzuo Mokslo Darbai.* 83, 38-42.
- Koch, D.W. and Gray, F.A., 1997. Nematode-resistant oil radish for control of *Heterodera schachtii*. I. Sugarbeet-barley rotations. *J. of sugar beet research.* 34, 31-43.
- Koch, D.W., Gray, F.A. and Krall, J.M., 1998. Nematode-resistant oil radish for *Heterodera schachtii* control II. Sugarbeet - dry bean-corn rotations. *J. of sugar beet research.* 35, 63-75.
- Kwon, O.G., Shin, J.H., Kabir, F.M., Lee, J.K. and Lee, D.W., 2016. Dispersal of sugar beet cyst nematode (*Heterodera schachtii*) by water and soil in highland Chinese cabbage fields. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 34, 195-205.
- Lee, J.K., Park, B.Y. and Cho, M.R., 2013. Sugarbeet cyst nematode occurrence and prevention of diffusion, 2013 Annual meeting on the Korean society of pesticide science. p. 60. (Abstr.)
- Lilley, C.J., Atkinson, H.J. and Urwin, P.E., 2005. Molecular aspect of cyst nematodes. *Molecular Plant Pathology.* 6, 577-588.
- Müller, J., 1999. The economic importance of *Heterodera schachtii* in Europe. *Helminthologia.* 36, 205-213.
- Müller J. and Steudel, W., 1983. Der Einfluss der Kulturdauer verschiedener Zwischenfrüchte auf die abundanzdynamik von *Heterodera schachtii* Schmidt. *Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzd.*

-
- (Braunschweig), 35, 103.
- Park, J.S., 1963. Survey on the kind distribution of plant parasitic nematodes in Korea. *Inst. Pl. Envir.*, 6, 27-44.
- Park, S.H., Chae, W.B. Jang, S.W., Cho, W.S., Kang, B.K. and Lee, D.H., 2014. Kimchi cabbage. RDA Interrobang, No.137. Jeonju. Korea SAS/STAT® 9.3 user's guide. 2011. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Riggs, R.D. and Schuster, R.P., 1998. Management. In *The cyst nematodes*. Boston; London; Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 388-416.
- Roberts, P.A., 1992. Current status of the availability, development, and use of host plant resistance to nematodes. *J. Nematol.* 24, 213-227.
- Schmidt A., 1871. Ueber den Ruben-Nematoden (*Heterodera schachtii* A.S.). *Ztschr. Ver. Ruben-zuckerindust, Zollverein*, v. 21 n. F.8, 1-19.
- Smith, H. J., Gray, F.A. and Koch, D.W., 2004. Reproduction of *Heterodera schachtii* Schmidt on Resistant Mustard, Radish, and Sugar Beet Cultivars. *J. Nematol.* 36, 123-130.
- Son, W.M., Song, M.O. and Cho, M.R., 2013. National list of species of Korea. *Invertebrates-II*. 127 pp. National Institute of Biological Resources.
- Steele, A.E. 1965. The host range of the sugar beet nematode, *Heterodera schachtii* Schmidt. *Journal of the A.S.S.B.T.* 13, 573-603.
- Steele, A.E., Toxopeus, H. and Heijbroek, W., 1983. Susceptibility of plant selections to *Heterodera schachtii* and a race of *H. trifolii* parasitic on sugar beet in the Netherlands. *J. Nematol.* 15, 281-288.
- Yu, M.H. 1984. Resistance to *Heterodera schachtii* patellares section of the genus beta. *Euphytica* 33, 633-640.
- Zaspel, I. and Fichtner, E., 1985. [Study of the multiplication of *Heterodera schachtii* on rape, radish and mustard]. *Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz*, Bd. 21, 215-220. Table 1. List of plants tested for resistance screening against *Heterodera schachtii*.