

ORIGINAL ARTICLE

## 동부품종의 국내 분포 뿌리혹선충 저항성 검정

강헌일 · 전태환 · 권순욱 · 김선태 · 강항원 · 김용철 · 김동근<sup>1)</sup> · 고희래<sup>2)</sup> · 최인수\*

부산대학교 식물생명과학과, <sup>1)</sup>부산대학교 생명산업융합연구원 선충연구센터, <sup>2)</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 작물보호과

### Resistance of Cowpea Cultivars to *Meloidogyne arenaria* and *M. incognita* in Korea

Heonil Kang, Taehwan Jun, Soonwook Kwon, Suntae Kim, Hangwon Kang, Yongchul Kim, Donggeun Kim<sup>1)</sup>, Hyoungrai Ko<sup>2)</sup>, Insoo Choi\*

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

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

<sup>2)</sup>Crop Protection Division, Department of Agro-food Safety and Crop Protection, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

#### Abstract

This study was conducted to evaluate resistance of 10 different cowpea cultivars which were introduced from the United States against two major root-knot nematodes, *Meloidogyne arenaria* and *M. incognita*, that affect greenhouse crop cultivation in Korea. The results showed that the resistance of the tested cultivars to the root-knot nematodes varied with the cultivar. Texas Cream 40 showed moderate resistance to *M. arenaria* whereas the other cultivars were susceptible. Purple Hull Pinkeye and Texas Pinkeye Purple Hull were found to be resistant to *M. incognita*, whereas Mississippi Silver showed moderate resistance and the other cultivars were susceptible. As the cultivars exhibit resistance to *M. arenaria* and *M. incognita*, such cultivars resistant to root-knot nematodes should be considered during the cultivation of cowpea as a green manure crop.

**Key words** : Cover crops, *Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne incognita*, Resistance, *Vigna unguiculata*

#### 1. 서론

식물기생성선충은 식물 중에서 다소간이나마 피해를 받지 않는 식물이 거의 없고 우리나라에서는 고추, 땅콩, 딸기, 토마토, 참외, 작약 등의 과채류, 약초 및 기타 중요

경제작물들이 많은 피해를 받고 있다(Park et al., 1999). 뿌리혹선충은 전 세계적으로 분포하고 다양한 작물재배지에 발생하여 경제적으로 큰 피해를 주고 있고 98종의 뿌리혹선충이 보고되어 있다(Jones et al., 2013). 농업적으로 가장 문제되는 뿌리혹선충은 *M. arenaria*와 *M.*

Received 8 October, 2018; Revised 15 November, 2018;

Accepted 13 December, 2018

\*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.

*incognita*, *M. javanica* 및 *M. hapla*로 알려져 있다 (Moens et al., 2009).

국내에서는 *M. arenaria*, *M. incognita*, *M. javanica*, *M. hapla*를 비롯하여 *M. cruciani*, *M. hispanica*, *M. floridensis*, *M. marylandi* 등 모두 8종의 뿌리혹선충이 보고되어 있으며(Cho et al., 1987; Handoo et al., 2004; Kim et al., 2014), 그 가운데 국내 시설재배지에는 *M. arenaria*와 *M. incognita*가 우점종으로 각각 55%와 45%로 분포하는 것으로 알려져 있다(Kim, 2001; Kim et al., 2001b).

동부, 헤어리베치 및 자운영 등의 두과 작물이 녹비작물로 많이 이용되는 것은 세포벽 물질함량이 낮고 질소 함량이 높아 식물체가 연하여 토양에 환원된 후 분해속도가 빠르며 질소 고정 능력이 있어 질소공급 면에서 중요한 역할을 하기 때문이다(Mäder et al., 2002).

특히 동부를 녹비작물로서 70일 재배하면 토양 질소를 225 kg/ha를 고정하며, 100일 재배하면 생체 내 탄소는 95.0 µg/g, 질소는 20.6 µg/g으로 토양의 유기물 함량을 증가시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Patra et al., 1992; Roberts et al., 2005). 그러므로 Codex와 IFOAM의 유기식품 규격에서는 토양 비옥도 유지증진을 위해 합성비료를 사용할 수 없는 유기재배의 특성상 녹비작물 재배를 필수사항으로 규정하고 있다(Ryoo, 2008).

동부는 *M. arenaria*와 *M. incognita*의 뿌리혹선충과 콩씨스트선충(*Heterodera glycines* race 4)의 밀도를 억제시키는 효과가 있는 것으로 보고되었는데(Rodríguez-Kábana et al., 1988), 동부 품종들 중 Magnolia Blackeye, Mississippi Silver, Mississippi Purple, Iron & Clay, Zipper Cream 등이 *M. arenaria*와 *M. incognita*에 저항성으로 보고되었다(Swanson and Van Gundy, 1984; McSorley and Dickson, 1995; McSorley, 1999).

따라서 본 연구는 최근 건강에 대한 관심증가로 안전한 농산물에 대한 관심과 수요가 증가하고 있는 상황에서 발작물 안정생산의 제한인자로 여겨지는 뿌리혹선충에 대한 저항성인 동부 품종을 도입하여 유기농산물 생산을 위한 녹비작물로 추천하고자 국내 주요 뿌리혹선충인 *M. arenaria*와 *M. incognita*에 대한 저항성 검정을 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 실험 재료

본 시험의 저항성 검정에 사용된 동부 품종은 Elite, Iron & Clay, Mississippi Silver, Perple Hull Pinkeye, Queen Anne Blackeye, Texas Cream 40, Texas Cream 8, Texas Pinkeye Purple Hull, White Acre, Zipper Cream(Reimer Seeds Inc, USA) 등 총 10품종을 사용하였다. 동부 뿌리에 발생된 난당의 발육정도를 비교하기 위하여 감수성 표준품종으로 사용되는 토마토(*Solanum lycopersicum* cv. Rutgers)를 이용하였다. 뿌리혹선충은 국내 시설재배지에 분포하는 주요 뿌리혹선충인 *M. arenaria*와 *M. incognita*를 각각 1개의 난당을 이용하여 토마토에 접종하여 증식시킨 후 사용하였다.

### 2.2. 실험 방법

#### 2.2.1. 뿌리혹선충의 접종

동부 10품종 및 토마토는 원예용상토(부농)에 파종하여 육묘하였으며, 그 중 균일한 묘를 골라 *M. arenaria*와 *M. incognita*(유충 200마리/토양 100 cm<sup>3</sup>)가 접종되어 있는 직경 10 cm 토분에 1포기씩 이식하였고 각 품종별 3반복으로 재배하였다. 재배는 온실에서 2016년 7월에서 10월 사이에 하였으며 시험 기간 중의 온실 내 온도는 20-35℃였다.

#### 2.2.2. 저항성 검정

접종 90일 후 토분을 비우고 뿌리를 물로 조심스럽게 씻어 흙을 제거한 후 지상부와 지하부의 길이, 무게 등을 측정하였다. 저항성의 판정은 전체뿌리의 난당수를 조사하거나 전체뿌리에 흑이 발생된 정도(%)를 조사하여 저항성을 판정한다(Taylor and Sasser, 1978). 본 실험에서 사용된 작물의 특성상 전체뿌리에 형성된 난당수를 기준으로 저항성을 판별하였다. 뿌리는 Phloxine B 용액(0.15 g/L)에 15분간 염색하여 흰색용기에 담고 붉게 염색된 난당의 수를 조사하였다. 저항성의 판정은 Taylor and Sasser(1978)의 방법을 응용하여 뿌리에 생긴 난당의 수가 0-2 = 고도저항성(Highly Resistant; HR), 3-10 = 저항성(Resistant; R), 11-30 = 중도저항성(Moderately Resistant; MR), 31-100 = 중도감수성(Moderately Susceptible; MS), 101-300 = 감수성(Susceptible; S), > 301 = 고도감수성(Very Susceptible; VS)으로 판정

**Table 1.** Resistance of cowpea cultivars to two species of root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria*<sup>x</sup>

Crop	Cultivars	<i>M. incognita</i>					<i>M. arenaria</i>				
		Plant		Root weight (g)	No. of eggmass/plant	Resistance rating <sup>y</sup>	Plant		Root weight (g)	No. of eggmass/plant	Resistance rating <sup>y</sup>
		Height (cm)	Weight (g)				Height (cm)	Weight (g)			
Tomato	Rutger (check)	51.3	8.7	4.9	180.7	S	45.3	14.1	8.3	470.3	VS
Cowpea	Elite	32.0 c <sup>z</sup>	8.9 b	7.6 bc	34.7 c	MS	40.3 b	9.2 ab	8.6 ab	143.0 ab	S
	Iron & Clay	154.0 a	26.4 a	22.7 a	155.3 bc	S	133.0 a	20.7 a	19.8 a	98.3 ab	MS
	Mississippi Silver	105.7 b	27.1 a	15.1 b	16.7 c	MR	36.0 b	9.2 ab	6.1 ab	131.7 ab	S
	Purple Hull Pinkeye	61.0 bc	8.0 b	7.8 bc	7.7 c	R	56.3 b	2.9 b	8.5 ab	101.7 ab	S
	Queen Anne Blackeye	42.8 c	10.1 b	8.1 bc	102.7 c	S	94.7 ab	9.2 ab	6.2 ab	86.3 ab	MS
	Texas Cream 40	38.0 c	10.6 b	8.9 bc	342.3 a	VS	37.3 b	10.4 ab	10.8 ab	30.3 b	MR
	Texas Cream 8	61.0 bc	9.5 b	7.7 bc	307.0 ab	VS	76.7 ab	6.3 ab	12.2 ab	83.7 ab	MS
	Texas Pinkeye Purple Hull	46.5 c	8.3 b	8.7 bc	9.3 c	R	64.7 ab	10.0 ab	12.5 ab	68.7 ab	MS
	White Acre	37.2 c	9.7 b	6.4 c	102.0 c	S	36.3 b	4.9 b	5.0 b	223.0 a	S
Zipper Cream	35.7 c	10.0 b	10.0 bc	157.0 bc	S	88.3 ab	8.0 ab	8.9 ab	40.3 b	MS	

<sup>x</sup>Experiments were conducted in a d-10-cm clay pot in a greenhouse with three replications.

<sup>y</sup>The Resistance rating: Number of egg masses per root, 0-2 = HR(highly resistant), 3-10 = R(resistant), 11-30 = MR(moderately resistant), 31-100 = MS(moderately susceptible), 100-300 = S(susceptible), > 301 = VS(very susceptible)(modified from Taylor and Sasser, 1978).

<sup>z</sup>Numbers followed by the same letter are not significantly ( $P = 0.05$ ) different according to Duncan's new multiple range test.

하였다.

### 2.3. 통계분석

동부 품종에 대한 저항성 검정은 통계분석 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan 다중 검정법( $P=0.05$ )을 이용하여 분석하였다.

## 3. 결 과

감수성 표준품종인 Rutgers 토마토 뿌리에 생긴 난낭의 수는 3반복 평균 *M. arenaria*가 470개, *M. incognita*가 181개로 동부 품종의 저항성 판정에는 충분한 밀도였다.

미국에서 도입한 동부 품종의 *M. arenaria*에 대한 저항성 검정 결과는 Table 1과 같았다. Texas Cream 40 품종이 중도저항성으로 나타났으며(난낭수 30개/plant), Zipper cream(난낭수 40개/plant), Texas Pinkeye Purple Hull(난낭수 68개/plant), Texas Cream 8(난낭수 83개/plant), Queen Anne Blackeye(난낭수 86개/plant), Iron & Clay(난낭수 98개/plant) 품종이 중도감수성으로 나타났다. 나머지 Elite(난낭수 143개/plant), Mississippi silver(난낭수 131개/plant), Purple Hull Pinkeye(난낭수 101개/plant), White Acre(난낭수 223개/plant) 품종은 감수성으로 나타났다.

*M. incognita*에 대한 저항성 검정 결과는 Table 1과 같다. 동부 10 품종 중 *M. incognita*에 저항성을 나타낸 품종은 Purple Hull Pinkeye(난낭수 7개/plant)와 Texas Pinkeye Purple Hull(난낭수 9개/plant) 품종이었다. Mississippi Silver(난낭수 16개/plant) 품종은 중도저항성을 나타내었다. Elite(난낭수 34개/plant) 품종은 중도감수성을, White Acre(난낭수 102개/plant), Queen Anne Blackeye(난낭수 102개/plant), Zipper Cream(난낭수 157개/plant), Iron & Clay(난낭수 155개/plant) 품종은 감수성을 나타내었다. 나머지 Texas Cream 8(난낭수 307개/plant)과 Texas Cream 40(난낭수 342개/plant) 품종은 고도감수성으로 나타났다.

국내 시설재배지에서 발생하는 주요 뿌리혹선충인 *M. arenaria*와 *M. incognita*에 모두 저항성인 품종은 없는 것으로 나타났으며, *M. arenaria*에는 Texas Cream 40 품종이, *M. incognita*에는 Purple Hull Pinkeye, Texas Pinkeye Purple Hull 그리고 Mississippi silver 품종이

저항성을 가진 것으로 품종별로 뿌리혹선충의 종에 따라 저항성 반응이 다양하게 나타났다.

## 4. 고 찰

뿌리혹선충은 전 세계적으로 발생하고 있으며 주요 농작물에 발생하여 생산성을 현저히 저해시키고 있다. 작물에 뿌리를 가해하여 뿌리에 혹을 형성하고 식물체 뿌리의 영양분을 섭취하여 성장 장애, 시들음, 잎의 황화 등의 증상이 나타난다(Jones et al., 2013). 감염된 식물체에 발생하는 뿌리혹선충 중 약 95%가 *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita*, *M. javanica* 4종으로 알려져 있다(Khalil et al., 2012). 국내에서는 *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita*, *M. javanica* 4종을 포함한 8종의 뿌리혹선충이 발견되었으며(Cho et al., 1987; Handoo et al., 2004; Kim et al., 2014), 국내 시설재배지에서는 *M. arenaria*, *M. incognita*가 발생하여 작물에 심각한 피해를 주고 있다(Kim, 2001; Kim et al., 2001b).

뿌리혹선충의 경제적 피해 한계 밀도는 작물별로 다양하지만 토양 100 cm<sup>3</sup>당 1egg로 낮은 경우도 있어 방제가 중요하다. 뿌리혹선충의 발생 억제를 위해서 윤작, 객토, 농약사용 등이 이루어지고 있는데(Kim et al., 2001a), 저항성 품종을 이용한 녹비 작물 재배를 통해 뿌리혹선충 발생 억제 효과와 함께 토양 비옥도 증진도 기대할 수 있다.

동부는 뿌리혹선충과 콩씨스트선충의 밀도를 억제시키는 효과가 있는 것으로 보고된 바 있으며(Rodríguez-Kábana et al., 1988), 토양의 유기물 함량을 증진시킬 수 있어 녹비작물로 도입하기 위하여 국내 시설재배지에 발생하는 주요 뿌리혹선충에 대해 저항성을 검정하였다.

도입 동부 10품종 중 국내 시설재배지의 주요 뿌리혹선충인 *M. arenaria*와 *M. incognita* 모두에 대한 저항성은 없었다. 동부를 선충 억제를 위한 녹비작물로 이용할 경우, *M. arenaria*가 감염된 포장에는 Texas Cream 40품종을 심어야 하며, *M. incognita*가 감염된 포장에서는 Purple Hull Pinkeye 또는 Texas Pinkeye Purple Hull 품종을 선택해야 할 것으로 사료된다.

Witcher and Ogle(1987)는 Texas Cream 40 품종이 *M. arenaria*에 대하여 중도저항성(난낭수 24개/plant)으로 본 연구결과와 같은 양상을 나타내었다. 국내 발생

*M. incognita*에 대하여 Purple Hull Pinkey 품종과 Texas Pinkey Purple Hull 품종이 저항성을 나타내었는데, Lehman and Cochran(1991)은 Purple Hull Pinkey 품종이 모든 *M. incognita* race에 대하여 저항성은 아니지만 *M. incognita*에 저항성이라고 하였으며 Miller and Scheuring(1994)은 Texas Pinkey Purple Hull 품종이 *M. incognita* race 1에 대하여 강한 저항성을 나타낸다고 한 것과 같은 결과를 나타냈다.

본 연구결과와 외국의 연구를 비교하였을 때 몇 가지 차이점이 발견되었다. McSorley(1999)는 Iron & Clay 품종이 *M. incognita*, *M. javanica*에 대하여 뿌리혹선충의 난낭이 형성되지 않고, *M. incognita* race 1(2마리/pot)과 *M. javanica*(3마리/pot)에 대한 pot내 선충 밀도도 96% 이상 감소한다고 하였으나, 본 연구결과 국내 *M. incognita*에는 감수성(난낭수 155개/plant)으로 나타났다. 또한, Zipper Cream 품종은 *M. incognita* race 1에 대하여 200마리/100 cm<sup>2</sup> 토양에 재배하였을 때 4마리/100 cm<sup>2</sup> 토양으로 밀도가 감소하여 저항성을 나타낸다는 보고가 있으나(McSorley and Dickson, 1995), 본 연구결과에서는 감수성(난낭수 157개/plant)으로 나타났다. 이는 미국에서의 뿌리혹선충 저항성 검정에 이용된 뿌리혹선충과 국내 발생 뿌리혹선충의 race 차이로 사료된다.

이러한 예로 Swanson and van Gundy(1984)는 Mississippi Silver 품종은 *M. incognita*의 race 1(2마리/Plant), race 2(1마리/plant), race 3(1마리/plant) 그리고 race 4(1마리/plant) 모두 저항성이 있는 것으로 보고 하였으나, Witcher and Ogle(1987)은 *M. incognita* race 3에 대하여 감수성(Egg mass rating 4.0)을 나타낸다고 하였다. 본 연구결과에서는 *M. incognita*에 대하여 중도저항성(난낭수 17개/plant)으로 나타났고 *M. arenaria*에 대해서는 감수성으로 나타났다(난낭수 132개/plant).

뿌리혹선충 저항성 유전자에 관한 연구로, Mississippi Silver 품종에서 *M. incognita*에 저항성을 가진 Rk 유전자가 있다고 밝혔으며(Fery and Dukes, 1980), 이 유전자는 동부의 Iron과 Colossus 품종에서도 존재하였고 *M. javanica*, *M. hapla*, *M. incognita*에 대한 저항성과도 관련이 있었다(Swanson and van Gundy, 1984). 본 연구가 다른 결과를 나타낸 것은 추가적인 연구가 필요하겠으나, 두 가지의 이유로 추측할 수 있다.

첫째는 국내에서 발생한 뿌리혹선충의 분자생물학적

분석연구 결과에 따르면, 미국 Clemson에서 수집한 *M. arenaria*와 국내 성주에서 수집한 *M. arenaria*의 CO II /lrRNA 영역의 염기서열 크기가 각각 1,700 bp와 1,100 bp로 다르게 나타났다(Oh et al., 2009). 또한, 국내 남부 시설재배지에서 발견된 22개의 뿌리혹선충 집단에 대한 race 분석결과, 뿌리혹선충 집단 49%의 *M. incognita* 중 대부분이 *M. incognita* race 1이었지만(23%) 기존 race 판별식과 다른 미확인 race가 발견(18%)되었다(Kim, 2001). 따라서 국내 시설재배지에서도 뿌리혹선충의 새로운 병원성 race가 발생되지 않았을까 추측해 본다. 둘째는 토마토의 경우 *Mi* 유전자를 가진 토마토를 가해할 수 있는 뿌리혹선충 집단이 발견된 바 있으며, 그 집단은 저항성 토마토 품종에 100개 이상의 난낭을 형성할 수 있다고 하였다(Berthou et al., 1989; Roberts et al., 1990).

이는 국내 분포하는 뿌리혹선충의 유전적 차이로 인하여 기주에 대한 반응이 달라질 수 있을 것이라 추측되며, 본 연구를 계기로 전국 시설재배지 대상 *M. incognita*와 *M. arenaria*에 대한 새로운 병원성 race 발생 및 분포에 대한 조사와 유전적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

유기재배는 약제방제 및 화학비료의 사용이 불가하기 때문에 뿌리혹선충이 발생한 유기재배지에서는 답전윤환, 윤작 혹은 선충저항성 품종의 녹비작물 재배가 필수적이다. 도입 동부 품종을 뿌리혹선충 피해 경감을 위한 윤작작물로 이용하기 위해서는 피해 포장의 뿌리혹선충의 종 동정이 우선되어야 할 것이다.

## 5. 결론

국내 시설재배지에서 발생하는 주요 뿌리혹선충인 땅콩뿌리혹선충(*Meloidogyne arenaria*)과 고구마뿌리혹선충(*M. incognita*)에 대한 발생을 억제시키고 유기재배지의 녹비작물로 도입하고자 미국에서 도입한 동부(*Vigna unguiculata* (L.) Walp) 10품종의 저항성을 평가하였다. *M. arenaria*에는 Texas Cream 40이 중도저항성을 나타내었으며, 나머지는 감수성을 나타내었다. *M. incognita*에는 Purple Hull Pinkey와 Texas Pinkey Purple Hull이 저항성을 나타내었고, Mississippi Silver가 중도저항성을 나타내었으며 나머지는 감수성을

나타내었다. 따라서 땅콩뿌리혹선충과 고구마뿌리혹선충에 대한 동부의 저항성은 뿌리혹선충의 종류에 따라 다르게 나타났다. 그러므로 동부를 발작물의 녹비작물로 재배하고자 한다면 뿌리혹선충에 저항성인 동부 품종을 우선적으로 고려할 수 있다.

### 감사의 글

이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

### REFERENCES

- Berthou, F., Ba-Diallo, A., de Maeyer, L., de Guiran, G., 1989, Characterization of virulent (*Mi* gene resistance breaking) biotypes of root-knot nematodes *Meloidogyne goeldi* (Tylenchida) in two vegetable growing areas of Senegal, *Agronomie*, 9, 877-884.
- Cho, H. J., Kim, C. H., Park, J. S., Jeoung, M. G., 1987, Distribution of root-knot nematode, *Meloidogyne* spp. and their races in economic crops in Korea, *Kor. J. Plant Pathol.*, 3, 159-163.
- Fery, R. L., Dukes, P. D., 1980, Inheritance of root-knot resistance in the cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.), *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 105, 671-674.
- Handoo, Z. A., Nyczepir, A. P., Esmenjaud, D., van der Beek, J. G., Castagnone-sereno, P., Carta, L. K., Skantar, A. M., Higgins, J. A., 2004, Morphological, molecular, and differential-host characterization of *Meloidogyne floridensis* n. sp. (Nematoda: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing peach in Florida, *J. Nematol.*, 36, 20-35.
- Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G. J., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G., Kikuchi, T., Manzanilla-Lopez, R., Palomares-rius, J. E., Wesemael, W. M. L., Perry, R. N., 2013, Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Mol. Plant Pathol.*, 14, 946-961.
- Khalil, M. E. H., Allam, A., Barakat, A. T., 2012, Nematicidal activity of some biopesticide agents and microorganisms against root-knot nematode on tomato plants under greenhouse conditions, *J. Plant Prot. Res.*, 52, 47-52.
- Kim, D. G., 2001, Occurrence of root-knot nematodes on fruit vegetables under greenhouse conditions in Korea, *Res. Plant Dis.*, 7, 69-79.
- Kim, D. G., Choi, D. R., Lee, S. B., 2001a, Effects of control methods on yields of oriental melon in fields infested with *Meloidogyne arenaria*, *Res. Plant Dis.*, 7, 42-48.
- Kim, D. G., Lee, Y. G., Park, B. Y., 2001b, Root-knot nematode species distributing in greenhouses and their simple identification, *Res. Plant Dis.*, 7, 49-55.
- Kim, H. W., Kim, D. H., Yang, C. Y., Kang, T. J., Han, K. S., Park, H. W., Jung, Y. H., Jeon, S. W., Song, J. S., Choo, H. Y., 2014, Control effect of sudan grass on root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, in cucumber and lettuce greenhouses, *Res. Plant Dis.*, 20, 264-269.
- Lehman, P. S., Cochran, C. R., 1991, How to use resistant vegetable cultivars to control root-knot nematodes in home gardens, *Fla. Dept. Agric. & Consumer Serv. Division of Plant Industry, Nema. Circ.*, 189, 1-4.
- Mäder, P., Fließbach, A., Duboids, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U., 2002, Soil fertility and biodiversity in organic farming, *Science*, 296, 1694-1697.
- McSorley, R., 1999, Host suitability of potential cover crops for root-knot nematodes, *J. Nematol.*, 31, 619-623.
- McSorley, R., Dickson, D. W., 1995, Effect of tropical rotation crops on *Meloidogyne incognita* and other plant-parasitic nematodes. *J. Nematol.*, 27, 535-544.
- Miller, J. C., Scheuring, D. C., 1994, 'Texas Pinkeye Purple Hull' cowpea, *HortScience*, 29, 926-927.
- Moens, M., Perry, R. N., Starr, J. L., 2009, *Meloidogyne* species - a diverse group of novel and important plant parasites, in: Perry, R. N., Moens, M., Starr, J. L. (eds.), *Root-knot nematodes*, Wallingford, UK.
- Oh, H. K., Bae, C. H., Kim, M. I., Wan, X., Oh, S. H., Han, Y. S., Lee, H. B., Kim, I. S., 2009, Molecular biological diagnosis of *Meloidogyne* species occurring in Korea, *Plant Pathol. J.*, 25, 247-255.
- Park, H. C., Kim, S. M., Kim, Y. C., Lee, C. Y., Choi, I. S., 1999, Occurrence of nematodes in carrot fields, *J. Agri. Tech. & Dev. Inst.*, 3, 31-34.
- Patra, D. D., Bhandari, S. C., Misra, A., 1992, Effect of plant residues on the size of microbial biomass and nitrogen mineralization in soil: incorporation of cowpea and wheat straw, *Soil Sci. Plant Nutr.*, 38, 1-6.

- Roberts, P. A., Dalmasso, A., Cap, G. B., Castagnone-Sereno, P., 1990, Resistance in *Lycopersicon peruvianum* to isolates of *Mi* gene-compatible *Meloidogyne* populations, *J. Nematol.*, 22, 585-589.
- Roberts, P. A., Matthews, W. C., Ehlers, J. D., 2005, Root-knot nematode resistant cowpea cover crops in tomato production systems, *Agron. J.*, 97, 1626-1635.
- Rodríguez-Kábana, R., King, P. S., Robertson, D. G., Weaver, C. F., 1988, Potential of crops uncommon to Alabama for management of root-knot and soybean cyst nematodes, *J. Nematol.*, 21, 101-110.
- Ryoo, J. W., 2008, Growth characteristics and green manure productivities of hairy vetch and woolly pod vetch under different sowing seasons in the highland area, *Korean J. Organic Agri.*, 16, 409-420.
- Swanson, T. A., Van Gundy, S. D., 1984, Cowpea resistance to root knot caused by *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*, *Plant Dis.*, 68, 961-964.
- Taylor, A. L., Sasser, J. N., 1978, Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species), North Carolina State Univ., Raleigh, 111.
- Witcher, W., Ogle, W. L., 1987, Relative resistance of sixteen southern pea cultivars to root-knot, *Plant Dis.*, 71, 399-402.