

## 시설원예지에 분포하는 뿌리혹선충의 종류 및 간이 동정법

김동근\* · 이영기<sup>1</sup> · 박병용<sup>1</sup>

성주과채류시험장, <sup>1</sup>농업과학기술원

### Root-knot Nematode Species Distributing in Greenhouses and Their Simple Identification Scheme

Dong-Geun Kim\*, Young-Kee Lee<sup>1</sup> and Byeong-Yong Park<sup>1</sup>

Seongju Fruit Vegetable Experiment Station, Seongju 719-861, Korea

<sup>1</sup>National Institute of Agricultural Science and Technology, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

(Received on February 15, 2001)

Species and races of root-knot nematodes in greenhouses in southern Korea were investigated and a simple identification scheme was provided. Among 23 populations of root-knot nematodes, *Meloidogyne arenaria* race 2 was 59%, *M. incognita* race 1 was 23%, and an unknown race of *M. incognita* was 18%. Total length of *M. arenaria* juveniles was 411  $\mu\text{m}$  (306-503  $\mu\text{m}$ ) and that of *M. incognita* was 394  $\mu\text{m}$  (312-488  $\mu\text{m}$ ); however, the ranges of two species were overlapped and could not be used to distinguish the two species. Excretory pore in female head was a consistent character to differentiate *M. arenaria* and *M. incognita*.

**Keywords :** *Cucumis melo*, host differentials, morphological characteristics, root-knot nematodes, perineal pattern

## 서 론

뿌리혹선충(*Meloidogyne* spp.)은 Meloidogynidae과에 속하는 선충으로 세계적으로 78종이 분포하고 있으며(Jepson, 1987), *M. arenaria*(땅콩뿌리혹선충), *M. hapla*(당근뿌리혹선충), *M. incognita*(고구마뿌리혹선충), *M. javanica*(자바니카뿌리혹선충) 등 4종이 농업상 중요 뿌리혹선충이다(Choi, 1978; Choi and Choi, 1982; Choi and Choo, 1978). 이 선충들은 주로 우리나라의 주요 시설원예작물인 오이, 수박, 참외 등에 많은 피해를 주는데, 뿌리혹선충에 심하게 감염된 식물은 조기 고사하거나, 수확량이 감소하는 등 그 피해가 심각하다(Kwon *et al.*, 1998; Park, 2000; Park *et al.*, 1995).

뿌리혹선충을 방제하는 방법으로는 여러 가지가 있는데(Heald, 1987), 그 중 효과가 높으면서 환경 친화적인 방법은 저항성 작물을 이용한 윤작이다(Kinloch *et al.*, 1972; Rhoades, 1976). 저항성 윤작작물을 이용할 때에는 반드시 포장에 서식하고 있는 뿌리혹선충의 종을 먼저 동

정하여야 하는데, 그 이유는 뿌리혹선충이 선충의 종이나 race에 따라 저항성 품종에 대한 반응이 상이하기 때문이다. 예를 들어 *M. arenaria*는 땅콩을 가해하고, *M. incognita*는 땅콩을 가해하지 못하며, 고구마는 그 반대이다(Sasser, 1954).

뿌리혹선충 종 동정에는 암컷, 수컷, 유충에 관한 약 30여 가지의 형태적 관찰치를 이용하거나, 세포학적, 생화학적 혹은 효소표현형을 이용하는데(Sasser and Carter, 1985), 중요 4종의 뿌리혹선충을 race까지 동정하기 위해서는 기주판별 품종을 이용한다(Hartman and Sasser, 1985). 국내의 시설재배지대에 분포하는 뿌리혹선충의 종류 및 분포에 관해서는 여러 번 연구가 되었으나(Cho *et al.*, 2000; Choi, 1978; Choi and Choi, 1982; Choi and Choo, 1978), race에 대한 연구는 최근 10여년 간 없었다. 뿌리혹선충은 78종으로 종류가 많고, 유성생식과 무성생식을 동시에 함으로서 한 종 안에서도 변이가 심하여 선충전문가가 아닌 일반 연구자들이 뿌리혹선충을 정확히 동정하기는 어려운 현실이다.

따라서 이 연구에서는 1) 우리나라 시설원예지에 주로 분포하고 있는 뿌리혹선충의 종과 race를 밝혀 방제의 기초자료로 활용하고, 2) 밝혀진 주요 뿌리혹선충의 종 및

\*Corresponding author

Phone) +82-54-931-8129, Fax) +82-54-931-1753

E-mail) kimdgkr@chollian.net

race에 대해서는 간이 동정법을 제시하여 일반 연구자들도 쉽게 뿌리혹선충 동정이 가능하도록 하는데 목적을 두었다.

## 재료 및 방법

뿌리혹선충 채집 및 판별품종을 이용한 종 및 race판정. 1996-1998년에 경북 성주를 중심으로 칠곡, 남지, 부산의 시설재배지로부터 23점의 뿌리혹선충에 감염된 식물의 뿌리와 뿌리주변의 토양을 2 kg 정도 채집하였다.

채집한 흙은 굵은 돌과 식물 뿌리 등을 골라내고, 3번 이상 잘 섞어 선충의 밀도를 균일하게 한 후, 직경 10 cm 토화분에 담았다. 시험전 토양의 뿌리혹선충 유충 밀도는 토양을 잘 섞은 후, 그 중에서 300 cm<sup>3</sup>를 취하고 원심분리법(Southey, 1986)으로 선충을 분리하여 조사하였으며, 유충의 밀도는 시료당 최소 100마리/100 cm<sup>3</sup> 이상이었다.

판별품종을 이용한 뿌리혹선충 종 및 race판별은 Hartman and Sasser(1985)의 방법을 따랐는데, 각 화분에는 부농상토를 사용하여 미리 육묘한 6종의 판별품종을(Table 1) 한 화분 당 한 포기씩 옮겨 심었으며, 각 품종별 3반복으로 하였다. 뿌리혹에 생긴 난낭조사는 시험 50일 후 하였는데, 토화분을 비우고 뿌리를 물로 조심스럽게 씻어 뿌리에 붙은 흙을 제거한 후 뿌리를 phloxin B 용액(15 mg/l)에 15분간 염색하였다. 염색된 뿌리는 흰색용기에 담아 뿌리에 생긴 붉게 염색된 난낭의 수를 계수하였다. 난낭지수(egg mass index)는 한 포기 당 난낭의 수가 10개 이하이면 저항성, 31개 이상이면 감수성으로 판정하였다(Hartman and Sasser, 1985).

암컷의 형태적 관찰. 해부현미경하에서 식물 뿌리를 찢어 뿌리혹선충 암컷을 잡아내어 45% lactic acid가 들어있는 플라스틱 사레에 옮겼다. 사레 위에서 선충 암컷의 중간 부분을 해부칼로 끊어 털바늘로 가볍게 비벼 내용물을 제거하였으며, 꼬리부분의 perineal pattern과 머리부분 표본을 따로 만들었다. 한 슬라이드 위에 머리와 꼬리를 상하로 같이 두어 상호 비교하였으며, 400-1,000배 광학현미경하에서 검경하였다(Taylor and Netscher, 1974).

유충 및 수컷의 형태적 관찰. 채집한 토양을 혼합한 후 300 cm<sup>3</sup>를 취하여 centrifugal sugar flotation법으로 선충을 분리하였으며(Southey, 1986), 해부현미경하에서 생체 슬라이드를 만들고 광학현미경 400-1,000배에서 유충은 전체 길이, hyaline 길이, 꼬리 길이를 측정하였고, 수컷은 머리 모양, 수컷 구침 절구에서 dorsal esophageal gland orifice까지의 거리 등을 조사하였다. 분리된 선충은 2 ml 병에 넣어 FG4:1으로 고정하여 보관하였다. *M. arenaria*와 *M. incognita*는 유충의 길이만으로 2종의 동정이 가능하다는 보고에 따라(Taylor and Sasser, 1978) 각 지역에서 분리된 뿌리혹선충 유충의 전체 길이를 측정하였다. 유충은 광학현미경 200배 하에서 drawing tube(Olympus, Japan)를 이용하여 그림을 그리고, digital-map meter(Comcurve-9, Koizumi Sokki Mfg Co., Japan)로 길이를 측정하였다.

통계적 분석. 각 지역에서 발견된 뿌리혹선충을 동정한 후, 종류별로 유충의 길이에 대한 기본 통계치를 제시하기 위하여 최고, 최저, 평균, 변이계수, 분산, 표준편차, 왜도(skewness), 첨도(kurtosis), Shapiro-Wilk 정규분

**Table 1.** Typical responses of four common *Meloidogyne* species and their races to the North Carolina differential host test (Hartman and Sasser, 1985)

Species and race	Differential hosts <sup>a</sup>					
	Tobacco	Cotton	Pepper	Watermelon	Peanut	Tomato
<i>M. incognita</i>						
Race 1	- <sup>b</sup>	-	+	+	-	+
Race 2	+	-	+	+	-	+
Race 3	-	+	+	+	-	+
Race 4	+	+	+	+	-	+
<i>M. arenaria</i>						
Race 1	+	-	+	+	+	+
Race 2	+	-	-	+	-	+
<i>M. javanica</i>						
	+	-	-	+	-	+
<i>M. hapla</i>						
	+	-	+	-	+	+

<sup>a</sup>Tobacco (*Nicotiana tabacum*) cv. NC95; Cotton (*Gossypium hirsutum*) cv. Deltapine 16; Pepper (*Capsicum frutescens*) cv. California Wonder; Watermelon (*Citrullus lanatus*) cv. Charleston Grey; Peanut (*Arachis hypogaea*) cv. Florrunner; Tomato (*Lycopersicon esculentum*) cv. Rutgers.

<sup>b</sup> +: >31 galls/plants; -: <10 galls/plant.

포도를 검정하였다(SAS, 1990).

### 결과 및 고찰

남부 시설원예지대에서 채집된 뿌리혹선충 23개 집단 을 동정한 결과는 Table 2와 같다. 23개 집단 중 *M. arenaria* race 2가 13개 집단(59%)으로 우점종이었으며 *M. incognita* 는 9개 집단이었다(41%). *M. incognita*는 race 1이 5개 집 단(23%)이었고, 나머지 4개 집단(18%)은 미확인 race였 다. 이 미확인 race는 토마토와 수박에만 난당을 만들고 나머지 판별품종에는 난당을 만들지 않아 Hartman and Sasser(1985)가 제시한 race 1-4에 속하지 않는 새로운 race 였다(Table 2).

성주의 참외시설재배지대에 *M. arenaria*가 우점하고 있

다는 사실은 최근 보고되었는데(Cho *et al.*, 2000), 이번 조사를 통하여 그것이 다시 확인되었다. 남부 시설재배지 에는 그동안 *M. incognita*가 우점하는 것으로 알려져 왔 었는데(Cho *et al.*, 1987; Choo *et al.*, 1987), 그동안의 재 배양식 변화나 재배작물의 변화로 우점종이 *M. incognita* 에서 *M. arenaria*로 바뀐 것이 아닌가 생각되며, 앞으로 의 저항성품종 육종, 윤작작물 선발 등의 연구에는 *M. incognita*와 아울러 *M. arenaria*를 필히 고려하여야 할 것 이다. *M. arenaria*에는 세계적으로 2종의 race가 보고되어 있는데, 남부 시설재배지의 *M. arenaria*는 모두 race 2였 다(Table 1).

뿌리혹선충의 생활사 중에서 토양 속에서 가장 쉽게 많 은 개체를 발견할 수 있는 것은 뿌리혹선충의 유충으로, 많은 연구자들이 유충을 이용한 뿌리혹선충의 동정을 시

**Table 2.** Differential host test of *Meloidogyne* species and races collected from greenhouses in southern Korea

Area		Population No.	Species & race <sup>a</sup>	Differential hosts <sup>c</sup>						Host	
Province	Location			Tomato (egg mass <sup>b</sup> )	Water-melon	Tobacco	Pepper	Cotton	Peanut		
Kyungbuk	Daega	1	Ma·R2	+(461)	+	+	-	-	-	Oriental melon	
	Daega	2	Ma·R2	+(320)	+	+	-	-	-	Tomato	
	Gacheon	3	Ma·R2	+(215)	+	+	-	-	-	Oriental melon	
	Chojeon	4	Ma·R2	+(208)	+	+	-	-	-	Oriental melon	
	Chojeon	5	Ma·R2	+(96)	+	+	-	-	-	Oriental melon	
	Baekjin	6	Ma·R2	+(376)	+	+	-	-	-	Oriental melon	
	Seongju	Weolhang	7	Ma·R2	+(52)	+	+	-	-	-	Oriental melon
		Weolhang	8	Ma·R2	+(83)	+	+	-	-	-	Oriental melon
		Daega	9	Ma·R2	+(419)	+	+	-	-	-	Oriental melon
		Seonnam	10	Ma·R2	+(119)	+	+	-	-	-	Oriental melon
		Seonnam	11	Ma·R2	+(333)	+	+	-	-	-	Oriental melon
		Gacheon	12	Ma·R2	+(350)	+	+	-	-	-	Oriental melon
		Seonnam	13	Ma·R2	+(83)	+	+	-	-	-	Oriental melon
Kyungnam	Namji	14	Mi·R1	+(142)	+	-	+	-	-	Cucumber	
	Changnyung	Namji	15	Mi·R1	+(120)	+	-	+	-	-	Cucumber
		Namji	16	Mi·R1	+(245)	+	-	+	-	-	Cucumber
Kyungbuk	Chilgog	Gisan	17	Mi·R1	+(91)	+	-	+	-	-	Oriental melon
	Seongju	Seonnam	18	Mi·R1	+(81)	+	-	+	-	-	Oriental melon
		Chilgog	Gisan	19	Mi·X	+(348)	+	-	-	-	Oriental melon
Kyungnam	Busan	Gangseo	20	Mi·X	+(365)	+	-	-	-	Oriental melon	
Kyungbuk	Seongju	Seongju	21	Mi·X	+(222)	+	-	-	-	Oriental melon	
		Seongju	22	Mi·X	+(162)	+	-	-	-	Oriental melon	

<sup>a</sup> Ma: *Meloidogyne arenaria*, Mi: *M. incognita*, R1: Race 1, R2: Race 2, X: unknown race.

<sup>b</sup> Number of egg masses/plant; replicated three times.

<sup>c</sup> See Table 1 for explanation.

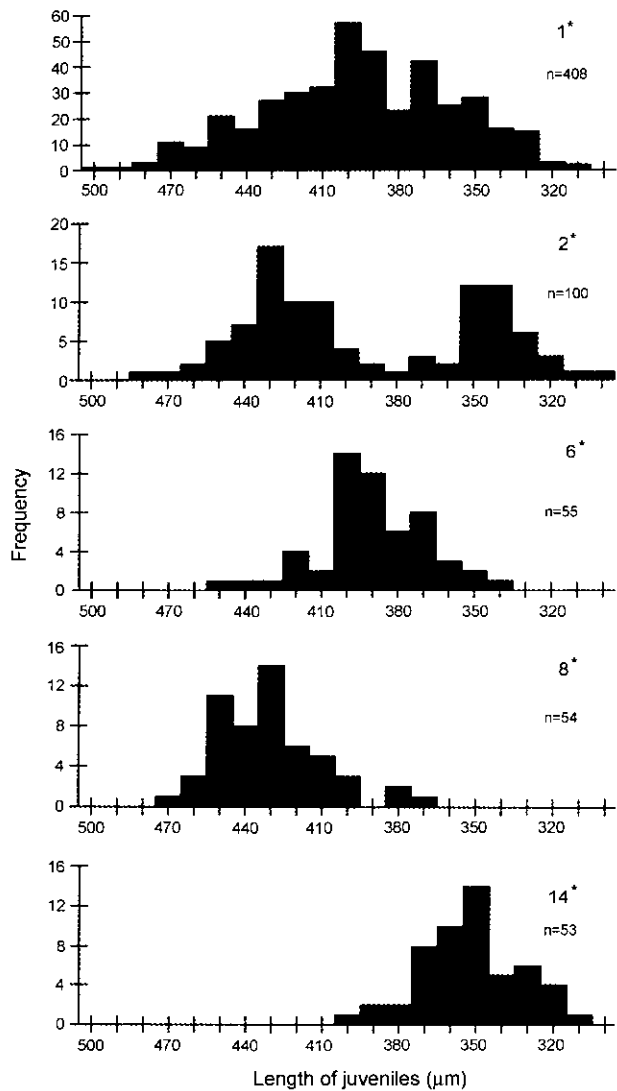


Fig. 1. Selected frequency distribution by juvenile body length in populations of *Meloidogyne* from greenhouses in southern Korea. \*Numbers are corresponding to population No. in Table 2.

도하였다(Franklin, 1979; Jepson, 1987; Sasser and Carter, 1985; Taylor and Sasser, 1978). 미국의 Taylor and Sasser (1978)는 *M. incognita*와 *M. arenaria*를 동정하는데는 유충의 길이가 분류 척도(key)라고 하고, “*M. arenaria*는 유충의 길이는 470  $\mu\text{m}$ (450-490  $\mu\text{m}$ )이며 *M. incognita*의 376  $\mu\text{m}$ (360-393  $\mu\text{m}$ ) 보다 거의 100  $\mu\text{m}$ 가 길고 두 종의 유충 길이는 겹치는 부분이 없으므로 쉽게 구분할 수 있다”고 하였다. 이번 조사에서 *M. arenaria*와 *M. incognita*로 동정된 집단들에 대하여 유충의 길이를 측정한 결과, *M. arenaria* 유충의 길이는 평균 411  $\mu\text{m}$ (306-503  $\mu\text{m}$ )이었으며, *M. incognita*의 유충 길이는 394  $\mu\text{m}$ (312-488  $\mu\text{m}$ )였다(Table 3, Fig. 1). 국내의 *M. arenaria*와 *M. incognita*

유충은 미국의 경우와 달리 길이와 범위가 서로 겹치고 있어 동정에 참고하기 어려웠다(Fig. 1).

성주과채류시험장(1번 집단)의 뿌리혹선충은 *M. arenaria*였는데, 유충 408마리의 길이는 평균 400  $\mu\text{m}$ (312-503  $\mu\text{m}$ )로 그 범위가 기존에 발표된(Taylor and Sasser, 1978) *M. arenaria*와 *M. incognita*의 길이 범위에 포함된다. 따라서 이 뿌리혹선충 집단에 *M. incognita* 선충이 혼합됐는지를 밝히기 위하여, 400  $\text{m}^2$ 의 온실을 48개 구역으로 나누고 각 구역별로 뿌리표본을 채집하여 총 63마리의 암컷 머리를 조사한 결과, 암컷 머리의 excretory pore는 예외 없이 구침 길이의 2배 뒤쪽에 위치하고 있어, 모두 *M. arenaria*로 나타났다. 성주과채류시험장의 뿌리혹선충에 대한 네덜란드에서의 효소표현형 조사 결과는 *M. arenaria* A-2 type였다(Karssen, unpublished data). 이상의 결과를 종합하면, 뿌리혹선충 *M. arenaria*와 *M. incognita* 유충 길이는 미국과 한국이 다르며, 국내의 경우 유충의 길이는 뿌리혹선충 종 동정에 이용될 수가 없다는 것을 알 수 있었다.

유충의 길이에 대한 통계적 분석치는 Table 3과 같다. 대부분의 뿌리혹선충 집단은 Shapiro-Wilk 정규분포도 검정에서 유의성이 없어 정규분포를 하고 있었으며, 그 중 유충 길이 분포가 비정규분포인( $P = 0.0001$ ) 2번 집단의 경우 뚜렷한 2개의 peak를 나타내 혼합집단의 양상을 보여주었다(Fig. 2). 뿌리혹선충 유충의 길이에 대한 왜도는 왼쪽으로는 최저 -0.6862(8번 집단), 오른쪽으로는 최고 +0.6862(13번 집단)였으며, 첨도는 가장 평평한 것이 -1.3780(2번 집단), 가장 뾰족한 것이 +1.5377(8번 집단)였다(Table 3).

그 외 유충의 구침길이, hyaline, 꼬리 길이 등을 조사하였으나, 2종을 구분하는 뚜렷한 특징은 없었다. Eisenback 등(1981)은 뿌리혹선충 수컷을 이용하여 여러 가지 분류학적 연구를 하였는데, 이번 조사에서 관찰한 *M. arenaria* 수컷의 머리 모양은 둥근 모양이었으며, *M. incognita* 수컷의 머리 모양은 각이 뚜렷하여 상호 구분이 가능하였다(Eisenback *et al.*, 1981). 그러나 수컷은 토양에서 드물게 발견되고, 슬라이드 위에 수컷의 머리가 놓이는 방향에 따라 모양이 달라져 많은 숙달과 또 많은 표본이 필요하므로 실용적인 이용은 어려울 것으로 생각된다.

이번 조사를 통하여 국내에 분포하는 *M. arenaria*와 *M. incognita* 등 2종의 종 동정에서 가장 균일하면서, 쉽고, 간편하게 참고할 수 있었던 것은 암컷의 머리에 있는 excretory pore였다(Fig. 4A, B). 대부분의 경우 excretory pore 만으로 *M. arenaria*와 *M. incognita*를 구분할 수 있었는데, 즉 excretory pore가 구침길이의 2배 정도 뒤에 위치하고 있으면(Fig. 4A) *M. arenaria*이고, 구침 길이와

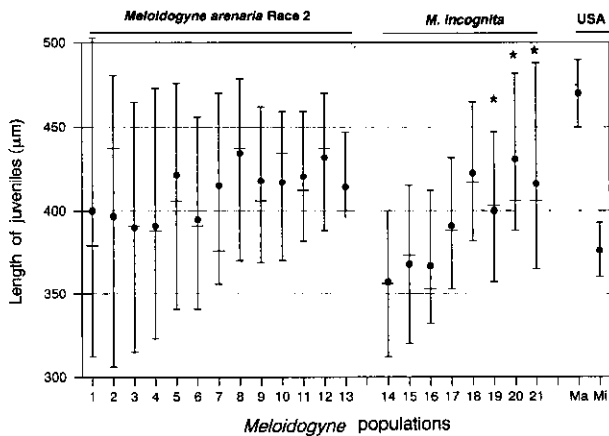
**Table 3.** Descriptive statistics on populations of *Meloidogyne* juveniles body length ( $\mu\text{m}$ ) from greenhouses in southern Korea

Population No. <sup>a</sup>	Species Races <sup>b</sup>	No. of obs.	Descriptive statistics on juvenile body length <sup>c</sup>								
			Mean( $\mu\text{m}$ )	C.V.	SD	Variance	Q3-Q1	Skewness	Kurtosis	W:Normal	Pr<W
1	Ma·R2	408	400	9.2	36.7	1346	53.0	+0.1645	-0.4092	0.9760	0.0132
2	Ma·R2	100	397	11.5	45.4	2062	88.0	-0.2418	-1.3780	0.8910	0.0001
3	Ma·R2	45	390	7.8	30.4	926	42.0	-0.1133	+0.2103	0.9931	0.9974
4	Ma·R2	49	391	10.6	41.6	1731	69.0	+0.2140	-0.9891	0.9513	0.0701
5	Ma·R2	55	422	7.6	31.9	1019	41.0	-0.5527	-0.2400	0.9579	0.1025
6	Ma·R2	55	395	5.6	22.2	493	27.0	+0.1900	+0.5581	0.9884	0.9539
7	Ma·R2	45	415	7.0	29.0	843	38.0	-0.0447	-0.7590	0.9703	0.4301
8	Ma·R2	54	435	4.8	20.8	431	21.0	-0.9497	+1.5377	0.9431	0.0206
9	Ma·R2	64	418	4.7	19.7	389	26.0	-0.3814	-0.0603	0.9656	0.1749
10	Ma·R2	49	417	5.2	21.8	473	32.0	-0.1299	-0.4901	0.9755	0.5692
11	Ma·R2	54	421	4.9	20.6	426	29.0	-0.2692	-0.9763	0.9430	0.0204
12	Ma·R2	40	432	4.5	19.3	373	25.5	-0.3011	-0.2048	0.9728	0.5543
13	Ma·R2	20	414	3.3	13.6	184	24.5	+0.6862	-0.1969	0.8667	0.0095
14	Mi·R1	53	357	5.5	19.7	387	27.0	+0.0040	-0.1533	0.9833	0.8306
15	Mi·R1	52	368	5.5	20.2	407	29.0	-0.1075	-0.1461	0.9797	0.7063
16	Mi·R1	48	367	4.8	17.7	312	27.5	+0.3401	-0.1916	0.9767	0.6198
17	Mi·R1	27	391	5.3	20.9	435	30.0	-0.1006	-0.3676	0.9620	0.4352
18	Mi·R1	49	423	4.3	18.1	329	17.0	+0.1708	+0.3734	0.9695	0.3691
19	Mi·X	20	400	5.9	23.7	561	29.0	-0.0300	-0.2004	0.9824	0.9469
20	Mi·X	23	431	5.7	24.4	596	41.0	+0.0799	-0.5493	0.9747	0.7898
21	Mi·X	89	416	5.9	24.4	596	28.0	+0.4207	+0.2576	0.9674	0.1166

<sup>a</sup> Population numbers correspond to those in Table 2.

<sup>b</sup> Ma: *Meloidogyne arenaria*, Mi: *M. incognita*, R1: Race 1, R2: Race 2, X: unknown race.

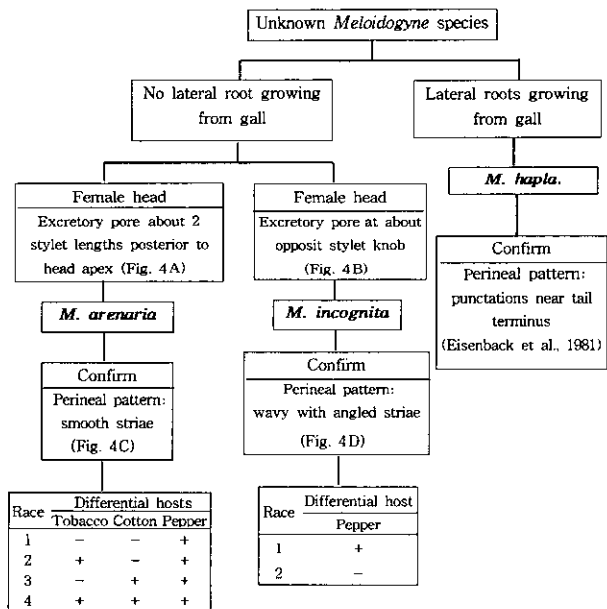
<sup>c</sup> C.V.: coefficient of variation, SD: standard deviation, Q3-Q1: the distance between the upper 75% and lower 25% quantiles, skewness: a measure of the symmetry of the frequency distribution for each population, kurtosis: a measure of the extent to which the frequency distribution (curve) is "peaked"; that is, the extent of the relative steepness of the ascent in the vicinity of the mode, W:Normal: Shapiro-Wilk statistics.



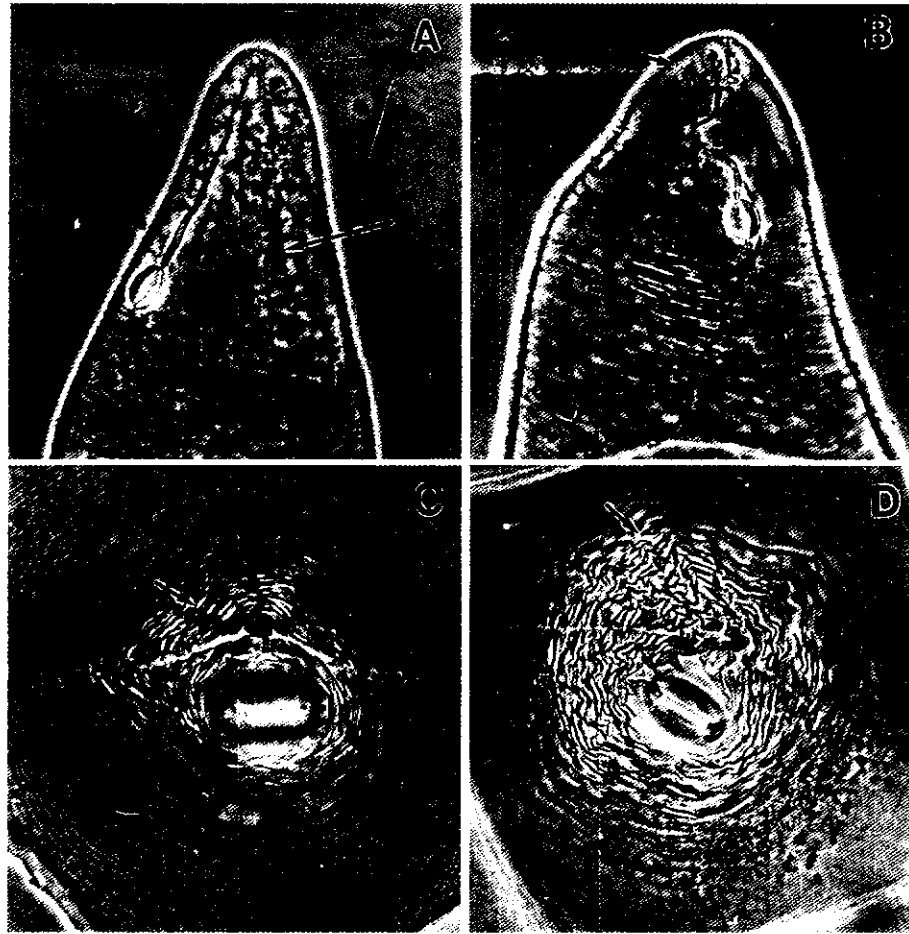
**Fig. 2.** Juvenile body length of *Meloidogyne* populations from greenhouses in southern Korea: ranges (—), means (●), and mode (—). *M. incognita* populations were race 1 and unknown race (\*). Numbers correspond to population No. in Table 2.

같은 위치에 있으면(Fig. 4B) *M. incognita*였다.

이상의 결과를 바탕으로 만든 국내 뿌리혹선충의 간이



**Fig. 3.** Simple identification scheme for *Meloidogyne* species and races from greenhouses in southern Korea.



**Fig. 4.** Female head and perineal patterns used for simple identification scheme of *Meloidogyne* species. **A.** *M. arenaria* female head. Excretory pore is about 2 stylet lengths posterior to head apex (arrow). **B.** *M. incognita* female head. Excretory pore is near the stylet knob (arrow). **C.** Perineal pattern of *M. arenaria*. The key character is smooth striae. **D.** Perineal pattern of *M. incognita*. The key character is wavy with angled striae.

동정법은 Fig. 3과 같다. 뿌리혹이 고구마 모양이면, *M. arenaria* 또는 *M. incognita*인데, 암컷 머리의 excretory pore의 위치로서 2종을 구분한다. 즉 excretory pore의 위치가 구침길이의 2배 뒤쪽에 있으면(Fig. 4A) *M. arenaria*이며, 구침의 바로 옆에 있으면(Fig. 4B) *M. incognita*(구침길이의 1배)이다. 뿌리혹 모양이 털 혹이면 *M. hapla*로 판정하는데, 확인은 perineal pattern으로 한다. *M. hapla*의 perineal pattern에는 꼬리 부분에 점(punctuation)이 있는데(Eisenback *et al.*, 1981), 이것은 다른 종에는 전혀 나타나지 않는 특징으로 쉽게 *M. hapla*를 구분할 수 있다.

뿌리혹선충의 종을 race까지 판정하려면 원래 6종의 판별품종을 이용하여야 하는 번거로움이 있는데, 위의 간이동정법으로 *M. arenaria*와 *M. incognita*를 구분한 후에 추가로 race를 판정한다면 종에 따라 1-3 판별품종 만으로 race 구분이 가능하겠다. 즉 *M. arenaria*인 경우는 California

Wonder 고추를 이용하여, 고추에 난낭이 생기면 *M. arenaria* race 1, 생기지 않으면 *M. arenaria* race 2이다. *M. incognita*로 밝혀진 경우에는 고추, 담배, 목화 3종을 이용하면 되는데, 고추에만 난낭이 생기고 다른 품종에는 생기지 않으면 race 1, 담배, 고추에 난낭이 생기면 race 2, 목화, 고추에 난낭이 생기면 race 3, 담배, 목화, 고추, 모두에 난낭이 생기면 race 4이다(Table 1). 국내에서 *M. incognita* race 1, 2, 3은 발견되었으나(Cho *et al.*, 1978), race 4는 아직 발견되지 않았다.

성주 등 참외 시설재배지에서 저항성 품종을 이용하거나 또는 윤작을 통하여 뿌리혹선충을 방제하려고 할 때에는 반드시 포장에 서식하고 있는 뿌리혹선충의 종을 먼저 동정하여야 하는데, 이 논문에서 제시한 간이 뿌리혹선충 분류법은 일반 연구자의 뿌리혹선충 종 판정에 도움이 될 것으로 생각한다. 참외 시설재배지에는 예전과는

달리 *M. arenaria* race 2가 우점하고 있으므로 앞으로 윤작체계 연구, 저항성품종 육종 등의 시험에는 *M. arenaria* race 2를 필히 고려하여야 할 것이다.

## 요 약

남부 시설재배지에 서식하는 뿌리혹선충의 종류와 race를 조사하고 그들에 대한 간이동정법을 제시하였다. 남부 시설재배지에는 *Meloidogyne arenaria* race 2(59%), *M. incognita* race 1(23%), *M. incognita* 미동정 race(18%)가 분포하고 있었으며, 우점종은 땅콩뿌리혹선충(*M. arenaria*) race 2였다. 유충의 길이는 *M. arenaria*가 411  $\mu$ m(306-503  $\mu$ m), *M. incognita*가 394  $\mu$ m(312-488  $\mu$ m)로 두 종의 범위가 겹치고 있어 종 동정에 참고하기 어려웠으며, *M. arenaria*와 *M. incognita*의 종 동정에 가장 쉽게 이용할 수 있는 특징은 암컷의 머리에 있는 excretory pore 위치였다.

## 참고문헌

- Cho, H. J., Kim, C. H., Park, J. S. and Jeong, M. G. 1987. Distribution of root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. and their races in economic crops in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 3: 159-163.
- Cho, M. R., Lee, B. C. Kim, D. S., Jeon, H. Y., Yiem M. S. and Lee, J. O. 2000. Distribution of plant-parasitic nematodes in fruit vegetable production areas in Korea and identification of root-knot nematodes by enzyme phenotypes. *Korean J. Appl. Entomol.* 39: 123-129.
- Choi, Y. E. 1978. Studies on root-knot nematodes in Korea. *Kasetsart J.* 12: 31-35.
- Choi, D. R. and Choi, Y. E. 1982. Survey on plant parasitic nematodes in cropping by controlled horticulture. *Korean J. Plant Protec.* 21: 8-14.
- Choi, Y. E. and Choo, H. Y. 1978. A study on the root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) affecting economic crops in Korea. *Korean J. Plant Protec.* 17: 89-98.
- Choo, H. Y., Kim, H. K., Park, J. C., Lee, S. M. and Lee, J. I. 1987. Studies on the patterns of plastic film house, their growing conditions, and diseases and pests occurrence on horticultural crops in southern part of Korea. Insects and nematodes associated with horticultural crops and effect of nursery soil conditions on the infection of root-knot nematode. *Korean J. Plant Prot.* 26: 195-201.
- Eisenback, J. D., Hirschmann, H., Sasser, J. N. and Triantaphyllou, A. C. 1981. *A Guide to the Four Most Common Species of Root-knot Nematodes (Meloidogyne spp.), with a Pictorial Key.* North Carolina State University, Raleigh, North Carolina. 48 pp.
- Franklin, M. T. 1979. Taxonomy of genus *Meloidogyne*. In: *Root-knot Nematodes (Meloidogyne Species) Systematics, Biology and Control*, ed. by F. Lamberti and C. E. Taylor, pp. 37-54. Academic Press, London.
- Hartman, K. M. and Sasser, J. N. 1985. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal-pattern morphology. In: *An Advanced Treatise on Meloidogyne*. Vol. II, ed. by K. R. Barker, C. C. Carter and J. N. Sasser, pp. 69-77. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.
- Heald, C. M. 1987. Classical nematode management practices. In: *Vistas on Nematology*, ed. by J. A. Veech and D. W. Dickson, pp. 100-105. Society of Nematologists. Maryland.
- Jepson, S. B. 1987. *Identification of Root-knot Nematodes (Meloidogyne Species).* CAB International, Wallingford, Oxon, United Kingdom. 265 pp.
- Kinloch, R. A. and Hinson, K. 1972. The Florida program for evaluating soybean (*Glycine max* L. Merr.) genotypes for susceptibility to root-knot nematode disease. *Proc. Soil Crop Sci. Soc. Florida* 32: 173-176.
- Kwon, T. Y., Jung, K. C., Park, S. D., Sim Y. G. and Choi B. S. 1998. Cultural and chemical control of root-knot nematodes, *Meloidogyne* sp. on oriental melon in plastic film house. *RDA J. Crop Prot.* 40: 96-101.
- Park, D. K. 2000. Studies on injury by continuous cropping and its solutions in oriental melon (*Cucumis melo* L.) - with a special reference to root-knot nematode and soil salt stress. Ph D. Thesis. Andong Nat'l. Univ. 90 pp.
- Park, S. D., Kwon, T. Y., Jun, H. S. and Choi, B. S. 1995. The occurrence and severity of damage by root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in controlled fruit vegetable field. *RDA J. Agric. Sci.* 37: 318-323.
- Rhoades, H. L. 1976. Effects of *Indigofera hirsuta* on *Belonolaimus longicaudatus*, *Meloidogyne incognita*, and *M. javanica* and subsequent crop yield. *Plant Dis. Rep.* 60: 384-386.
- SAS. 1990. *SAS/STAT User's Guide.* Version 6. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sasser, J. N. 1954. Identification and host-parasite relationship of certain root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). *Bulletin Maryland Agric. Sta. A-77, (Tech.)*. 31pp.
- Sasser, J. N. and Carter, C. C. 1985. *An Advanced Treatise of Meloidogyne* Vol. I. North Carolina State University Graphics, Raleigh, North Carolina. 422 pp.
- Southey, J. F. 1986. *Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes.* Her Majesty's Stationery Office, London. 202 pp.
- Taylor, A. L. and Netscher, C. 1974. An improved technique for preparing patterns of *Meloidogyne* spp. *Nematologica* 20: 268.
- Taylor, A. L. and Sasser, J. N. 1978. *Biology, Identification and Control of Root-knot Nematodes (Meloidogyne Species).* North Carolina State Univ. Graphics, North Carolina. 111 pp.