

## 활엽수 분재의 선충 조사

최진영 · 정영학<sup>1</sup> · 이동운<sup>2\*</sup> · 추호렬<sup>3</sup> · 박정규<sup>3</sup>

(주)농경, <sup>1</sup>(주)에스엠바이오, <sup>2</sup>경북대학교 생태환경관광학부, <sup>3</sup>경상대학교 응용생명과학부

## Survey of Nematodes in Deciduous Bonsai

Jin Young Choi, Young Hack Jung<sup>1</sup>, Dong Woon Lee<sup>2\*</sup>, Ho Yul Choo<sup>3</sup> and Chung Gyoo Park<sup>3</sup>

Nongkyung LTD, Jincheon 27851, Korea

<sup>1</sup>SM Bio Co, Jinju 52828, Korea

<sup>2</sup>School of Environmental Ecology and Tourism, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

<sup>3</sup>Division of Applied Life Science (BK21 Plus), Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

**ABSTRACT:** Bonsai is part of export forest products in Korea. Demand for bonsai exports to other countries is growing but the need for quarantine hazards must be eliminated in order to export. Plant parasitic nematode is also an important factor in quarantine. The nematodes were surveyed from bonsai farms in 6 areas of Korea. The surveyed deciduous bonsai plants were *Acer palmatum*, *Zinnia elegans*, *Ligustrum obtusifolium*, *Carpinus turcaninowii*, and *Malus sieboldii*. Three plant parasitic nematodes (*Hemicycliophora koreana*, *Rotylenchus blottrotylus* and *Xiphinema americanum*) and three non-parasitic nematodes (*Aporclaimellus donghwaens*, *Egtitus andhricus*, and *Mesodorylaimus usitatus*) were isolated from bonsai. Non-parasitic nematode, *Mesodorylaimus usitatus* was isolated from all surveyed bonsai trees. Only two species of quarantine nematodes (*Hemicylicopora koreana* and *Xiphinema americanum*) were found from bonsai. *A. donghwaens* and *M. usitatus* were isolated from root of bonsai tree. However other nematodes were isolated from soil in bonsai trees.

**Key words:** Bonsai, Export, Nematode, *Hemicycliophora koreana*, *Xiphinema americanum*

**초 록:** 분재는 우리나라의 주요 수출 임산물이다. 외국으로의 분재수출 요구도는 증가하고 있지만 수출을 위해서는 검역적 위해 요소가 제거 되어야 하는데 식물기생선충도 검역의 중요 대상이다. 우리나라 6개 분재원에서 활엽수 분재[단풍나무(*Acer palmatum*), 백일홍(*Zinnia elegans*), 쥐똥나무(*Ligustrum obtusifolium*), 소사나무(*Carpinus turcaninowii*), 에기사과(*Malus sieboldii*)]를 대상으로 발생하는 선충을 조사하였다. 세 종의 식물기생선충[미국검선충(*Xiphinema americanum*), 둥근꼬리불이나선선충(*Rotylenchus blottrotylus*), 한국겹질선충(*Hemicycliophora koreana*)]과 세 종의 비기생 선충 [등화육각창선충(*Aporclaimellus donghwaens*), 둥근꼬리불이나선선충(*Egtitus andhricus*), 계룡중간창선충(*Mesodorylaimus usitatus*)]들이 분재로부터 분리되었다. 비기생선충인 계룡중간창선충은 모든 조사 수종에서 검출되었고, 미국 과 EU연합 검역대상 선충으로는 한국겹질선충과 미국검선충의 두 종만 발견되었다. 등화육각창선충과 계룡중간창선충은 분재목 뿌리에서 분리되었고, 나머지 선충들은 토양에서 분리되었다.

**검색어:** 분재, 수출, 선충, 한국겹질선충, 미국검선충

우리나라의 분재 재배 역사는 중국 정원의 조경 영향을 받아 백제의 진사왕(390년)과 문주왕(475년)이 연못을 이용하여 조경을 했다는 기록이 전해지고 있을 정도로 역사가 깊은데 오늘날에도 취미생활의 일부로 자리잡고 있다(KFRI, 2009).

분재는 수종에 따라 소나무류와 향나무류 계통의 침엽수 분

재와 낙엽활엽수인 잡목류 분재로 나눌 수 있다(KFRI, 2009). 또한 임산물 생산 측면에서 분재는 생산과정에서 분재목의 소재를 생산하는 분재소재와 소재목을 이용하여 완성된 분재를 생산하는 분재완재로 구분 할 수 있는데 분재소재의 생산량은 378,306본, 생산액은 112억여 원에 달하고, 분재완재의 생산량은 200,660본, 생산액은 100억여 원에 달한다(Forest Service, 2016). 분재류들 중 침엽수종은 곱솔(*Pinus thunbergii*), 소나무(*Pinus densiflora*), 향나무(*Juniperus chinensis*)가 주종을 이루

\*Corresponding author: whitegrub@knu.ac.kr

Received March 5 2018; Revised October 18 2018

Accepted November 2 2018

어 통계에 기록되고 있으며 활엽수종으로는 소사나무(*Carpinus turzhanovii*)와 철쭉(*Rhododendron schlippenbachii*)이 통계에 기록되고 있다(Forest Service, 2016). 분재 산업에 대한 풍부한 인프라를 가지고 있는 우리나라는 기술력이 접목 된다면 타 농작물에 비하여 수출이 용이 할 뿐만 아니라, 수출경쟁력도 갖출 수 있다(KFRI, 2009; Eun et al., 2016). 그러나 수출 잠재력이 큰데 비하여 산업화 기반이 약하여 수출 증가에 애로 사항이 많은데 장애요인 중의 하나가 식물기생선충이다.

수목을 이용하는 분재는 식물기생선충의 피해를 받고 있고, 또 받을 가능성이 높아 검역대상이 되고 있다. 미국과 유럽연합은 분재에 대하여 재배지 관리 인증을 요구하고 있으며 검역과정 중에 선충 조사를 강화하고 있다(Eun et al., 2016).

우리나라에 서식하는 식물기생선충은 12과 132종인데(Choi, 2001) Choi et al. (1992a)은 우리나라 묘포장의 119수종에서 11과 35종의 식물기생선충을 보고한바 있다. Eun et al. (2016)이 침엽수종 분재를 대상으로 조사한 바 있는데 55개체의 조사 대상 분재목에서 7과 21속의 선충을 검출하였다. 식물기생선충은 기주 특이성이 있어 기주별에 따라 기생하는 선충의 종류가 차이를 보이는데 분재의 소재인 수목의 경우도 마찬가지이다(Choi et al., 1992b). 본 연구는 활엽수 분재소재를 대상으로 식물기생선충의 종류를 조사하여 분재 수출의 검역적 위험요소를 평가하는 기초 자료를 제공하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 조사지역

본 연구는 전국단위에서 과거 분재 수출을 수행한 이력이 있는 분재원들 중 규모와 조사대상 수종을 모두 재배하고 있는 곳을 대상으로 하였다. 경기도 고양시의 금송분재원, 충북 청주시의 청매원분재원, 경북 문경시의 YS분재원, 경북 김천시의 고려분재원, 경남 창원시의 흥춘분재원, 전남 무안군의 금솔분재원 등 총 6지역이었다.

### 조사대상 분재의 종류

조사대상 분재목은 단풍나무(*Acer palmatum*), 백일홍(*Zinnia elegans*), 쥐똥나무(*Ligustrum obtusifolium*), 소사나무, 애기사과(*Malus sieboldii*)로 수종 선택은 수출이 용이하고 외국의 소비자들이 선호하는 수종으로 결정하였다.

## 토양 및 식물체로부터 선충 분리

조사 지역의 각 분재원에서 조사대상의 분재의 종류 5종의 분재를 무작위로 각 3개체를 선택하여 각 분재의 중심으로부터 8~10 cm 지점 3곳의 15~20 cm 깊이에서 토양 500 g을 채취하였다. 채취한 토양은 지퍼백에 넣어 40 L용량의 아이스박스에 담아 실험실로 운반하여 골고루 섞은 다음 300 g을 취하여 선충을 분리하였다. 선충의 분리는 20 mesh, 325 mesh, 400 mesh 체를 이용한 체법과 Baermann funnel법을 응용하여 분리하였다. 각 지역별 분재원 별로 분재의 종류 5종의 식물체를 무작위로 3개체를 채집하였고, 선충 분리는 식물의 가지, 뿌리, 잎을 3~4 cm로 잘게 잘라서 각각 Baermann funnel법으로 하였다(Choi and Na, 1994).

## 선충 표본 제작

분리한 선충은 80°C로 가열한 FG:4-1용액(40% formalin 100 ml, glycerin 10 ml, 증류수 890 ml)으로 고정하였다. 그리고 Seinhorst의 글리세린법으로 순수글리세린을 침투시켰다(Choi and Na, 1994). 즉, 고정병을 94%의 에칠알콜이 들어 있는 데시게이트 속에 넣어 뚜껑을 닫은 채로 40°C의 항온기에 12시간 보관하면서 Seinhorst's solution II 용액(glycerin 5 cc + 96% alcohol 95 cc)으로 탈수시키고는 40°C의 항온기에 다시 24시간 두면서 선충이 순수 글리세린 속에 남게 하였다. 그리고 파라핀환법으로 선충 프레파라트를 만들어 광학현미경하에서 분류·동정하였다(Choi and Na, 1994).

## 선충의 분류·동정

선충의 분류·동정은 광학현미경(LICA DM 5500, Germany) 하에서 형태적 특징을 비교하였고, 측정치는 de Man의 측정치를 이용하였는데 주요한 형태적 특징 부위는 광학현미경(IEICA DM 5500, Germany)을 이용하여 촬영하였다. 선충의 분류 동정은 선충 목록집 등(Choi, 1996, 2001, 2011)을 참고하였다. 활엽수 분재에서 발견된 식물기생선충 이외에도 토양으로부터 높은 밀도로 채집된 비기생선충도 동정하였다.

선충 조사에 사용된 주요 측정치는 아래와 같다.

L = 체장

a = 체장 ÷ 최대 체폭

b = 체장 ÷ 구순에서부터 식도와 장의 접합부까지의 식도 길이

c = 체장 ÷ 꼬리 길이

$$T = (\text{수컷의 정소 길이} \div \text{체장}) \times 100$$

$$V = (\text{구순에서 음문까지의 길이} \div \text{체장}) \times 100$$

## 결 과

### 분재 종류에 따른 선충의 종류

#### 지역 분재원별 분리선충의 종류

각 조사 분재원의 분재에서 분리된 선충의 종류는 6종이었던

데 식물기생선충은 3종 [미국검선충(*Xiphinema americanum*), 등근꼬리붙이나선충(*Rotylenchus blothrotylus*), 한국껍질선충(*Hemicycliophora koreana*)]만 확인되었다(Table 1). 분재원별로 검출되는 선충의 종류와 밀도에 차이를 보였는데 창원과 김천의 분재원에서만 식물기생선충이 검출되었다(Table 1). 문경과 충주, 무안, 고양의 분재원에서는 비기생선충만 검출되었는데 김천의 분재원에서는 한 종의 선충만이 검출되었다. 김천의 분재원을 제외한 창원, 문경, 청주, 고양 등의 분재원에서는 비식물기생선충인 계룡중간창선충(*Mesidorylaimus usitatus*)이 공통적으로 검출되었다(Table 1).

**Table 1.** List of isolated nematodes with density depending on locality and bonsai tree

Region	Host	Plant part			Soil	Nematode <sup>b</sup>
		Leaf	Stem	Root		
Changwon Gyeongnam (Hong chun bonsai center)	<i>A. palmatum</i>	- <sup>a</sup>	-	-	-	-
Changwon Gyeongnam	<i>Z. elegans</i>	-	-	-	+	<b>R. blothrotylus</b>
Changwon Gyeongnam	<i>L. obtusifolium</i>	-	-	-	++	<i>M. usitatus</i>
Changwon Gyeongnam	<i>C. turcaninowii</i>	-	-	-	+	<b>R. blothrotylus</b>
Changwon Gyeongnam	<i>C. turcaninowii</i>	-	-	-	+	<b>X. americanum</b>
Changwon Gyeongnam	<i>M. sieboldii</i>	-	-	-	+	<b>R. blothrotylus</b>
Changwon Gyeongnam	<i>M. sieboldii</i>	-	-	-	+	<b>X. americanum</b>
Mungyeong Gyeongbuk (Y s bonsai center)	<i>A. palmatum</i>	-	-	-	+	<i>M. usitatus</i>
Mungyeong Gyeongbuk	<i>Z. elegans</i>	-	-	-	-	-
Mungyeong Gyeongbuk	<i>L. obtusifolium</i>	-	-	-	-	-
Mungyeong Gyeongbuk	<i>C. turcaninowii</i>	-	-	-	-	-
Mungyeong Gyeongbuk	<i>M. sieboldii</i>	-	-	-	-	-
Gimchon Gyeongbuk (Goryeo bonsai center)	<i>A. palmatum</i>	-	-	-	-	-
Gimchon Gyeongbuk	<i>Z. elegans</i>	-	-	-	-	-
Gimchon Gyeongbuk	<i>L. obtusifolium</i>	-	-	-	-	-
Gimchon Gyeongbuk	<i>C. turcaninowii</i>	-	-	-	-	-
Gimchon Gyeongbuk	<i>M. sieboldii</i>	-	-	-	+++	<b>H. koreana</b>
Cheongju Chungbuk (Chung mae won bonsai center)	<i>A. palmatum</i>	-	-	+++	+++	<i>M. usitatus</i>
Cheongju Chungbuk	<i>Z. elegans</i>	-	-	+	-	<i>A. donghwaens</i>
Cheongju Chungbuk	<i>L. obtusifolium</i>	-	-	-	+	<i>E. andhricus</i>
Cheongju Chungbuk	<i>C. turcaninowii</i>	-	-	-	-	-
Cheongju Chungbuk	<i>M. sieboldii</i>	-	-	+++	++	<i>M. usitatus</i>
Goyang Gyeonggi (Geum song bonsai center)	<i>A. palmatum</i>	-	-	-	+	<i>M. usitatus</i>
Goyang Gyeonggi	<i>Z. elegans</i>	-	-	-	-	-
Goyang Gyeonggi	<i>L. obtusifolium</i>	-	-	-	-	-
Goyang Gyeonggi	<i>C. turcaninowii</i>	-	-	-	+	<i>M. usitatus</i>
Goyang Gyeonggi	<i>M. sieboldii</i>	-	-	-	-	-
Muan Jeonnam (Geum sol bonsai center)	<i>A. palmatum</i>	-	-	-	+	<i>A. donghwaens</i>
Muan Jeonnam	<i>Z. elegans</i>	-	-	-	+	<i>M. usitatus</i>
Muan Jeonnam	<i>L. obtusifolium</i>	-	-	-	-	-
Muan Jeonnam	<i>C. turcaninowii</i>	-	-	+	-	<i>M. usitatus</i>
Muan Jeonnam	<i>M. sieboldii</i>	-	-	-	-	-

<sup>a</sup>-, no nematode; +, collected less than 20 nematodes in 300 cc soil; ++, collected 20 to 40 nematodes in 300 cc soil; +++, collected more than 40 nematodes in 300 cc soil.

<sup>b</sup>Bold = plant parasitic nematode.

## 분재수종과 부위별 선충의 종류와 밀도

단풍나무와 쥐똥나무에서는 검출된 식물기생선충이 없었으며 백일홍, 소사나무, 애기사과 분재의 토양에서는 둥근꼬리붙이나선선충이 발견되었다(Table 1). 미국검선충은 소사나무와 애기사과 분재의 토양에서에서만 채집되었고, 경북 김천의 애기사과 분재의 토양에서는 한국겹질선충(*H. koreana*)이 분리되었다(Table 1). 토양에서의 선충밀도는 김천지역 분재원 애기사과의 분재토에서 한국겹질선충(*H. koreana*)과 청주지역 분재원의 단풍나무 분재토에서 계룡중간창선충(*M. usitatus*)의 밀도가 높았다(Table 1). 뿌리에서는 청주의 단풍나무와 애기사과 분재 뿌리에서 계룡중간창선충(*M. usitatus*)의 밀도가 높았고, 계룡중간창선충(*M. usitatus*)의 밀도는 소나무 분재의 뿌리에서도 다소 높은 편이었다. 그러나 조사 분재의 잎이나 줄기에서는 선충이 발견되지 않았다(Table 1).

## 분재선충의 종류별 형태학적 특징

계룡중간창선충(Appendix Fig. 1A~H, Appendix Table 1)

Order Dorylaimida Pearse, 1942

Family Dorylaimidae de Man, 1876

Genus *Mesodorylaimus* Andrassy, 1959

Species *Mesodorylaimus usitatus* Basson and Heyns, 1974

암컷: 체장은 1.0~1.4 mm이고 몸통은 복부 쪽으로 굽었다. 구순부는 전방으로 점차 가늘어지며 끝 부분의 가로면은 편평하게 둥글다. 창침은 14.0~16.0  $\mu\text{m}$ 이다. guide ring은 홀이고, 전방 끝에서부터 4.3~11  $\mu\text{m}$ 이다. 확장부는 식도 길이의 40~54%를 차지한다. 음문은 가로형이다. 꼬리는 180~227  $\mu\text{m}$ 이다. 항문의 길이는 26.0~43.0  $\mu\text{m}$ 이다. 꼬리는 끝 쪽으로 뾰족하게 가늘어진 원추형이고 복부 쪽으로 굽었다.

동화육각창선충(Appendix Fig. 2A~H, Appendix Table 2)

Order Dorylaimida Pearse, 1942

Family Dorylaimidae de Man, 1876

Genus *Aporcelaimellus* Heyns, 1965

Species *Aporcelaimellus donghwaens* Choi, Khan and Choi, 2001

암컷: 몸은 고정하였을 때 긴 갈고리 모양이다. 식도의 기부는 전방까지 점차 가늘어진다. 표피는 가늘게 주름졌다. 구순부 끝 쪽은 둥글며 기부는 약간 잘록하게 주 몸통과 연결됨으로서 둥근 접시형을 이룬다. Guide ring은 전방 끝에서부터 10~13

$\mu\text{m}$ 에 있다. 창침의 길이는 19.5~24.9  $\mu\text{m}$ 이고, 식도의 확장부는 전체 식도 장의 46~56%를 차지한다. 음문은 종모양이다. 꼬리의 길이는 40~53  $\mu\text{m}$ 이다. 꼬리는 전반적으로 둥그스름하게 복부 쪽으로 굽었고 끝이 약간 뾰족한 원추형이다. 항문의 길이는 33~43  $\mu\text{m}$ 이다. 유충에서만 replacement 창침이 보인다.

한국겹질선충(Appendix Fig. 3A~F, Appendix Table 3)

Order Tylenchida Filipjev, 1934

Family Hemicycloporidae Skarbilovich, 1959

Genus *Hemicyclophora* de Man, 1921

Species *Hemicyclophora koreana* Choi and Geraert, 1971

암컷: 몸통은 잔물결 주름겹질로 싸여져 있는 것처럼 보인다. 특히 꼬리부분이 이중표피처럼 겹으로 뚜렷하다. 고정된 몸은 가늘고 직선형이며 꼬리부분이 약간 복부 쪽으로 굽었다. 구순부는 둥글며 2개의 주름이 뚜렷하다. 체장은 1,100~1,200  $\mu\text{m}$ 이며 구침절구는 잘 발달되었다. 음문은 체장의 85~89%의 위치에 있다. 꼬리의 길이는 137~161  $\mu\text{m}$ 이다. 항문의 길이는 27~44  $\mu\text{m}$ 이다. 꼬리의 후부는 가늘고 끝은 원추형이다.

둥근꼬리붙이나선선충(Appendix Fig. 4A~F, Appendix Table 4)

Order Tylenchida Filipjev, 1934

Family Hoplolaimidae Filipjev, 1938

Genus *Rotylenchus* Baldwin and Bell, 1981

Species *Rotylenchus blothrotylus* (Baldwin and Bell, 1981)

Brzeski and Choi, 1998

수컷: 식도는 전형적인 tylenchoid형으로 전부식도 중부식도구 후부식도구 3부분으로 나뉘져 있다. 구순은 발달되어 있다. 고정된 몸통은 약간 복부로 굽어서 C자 모양이다. 구순부는 몸통과 연결되어 있다. 체장은 500~944  $\mu\text{m}$ 이다. 구침의 길이는 13~24  $\mu\text{m}$ 이다. 꼬리의 길이는 16~25  $\mu\text{m}$ 이다. 수컷의 교접낭은 발달되었다. 원기재에서 *Rotylenchus blothrotylus* 수컷의 길이는 720.3  $\mu\text{m}$ 이고, c는 36.1이었지만 본 조사종은 길이가 808.1  $\mu\text{m}$ 로 약간 길었다.

안드리창치선충(Appendix Fig. 5A~D, Appendix Table 5)

Order Dorylaimida Pearse, 1942

Family Actinolaimidae Thorne, 1939

Genus *Egtitus* Thorne, 1967

Species *Egtitus andhricus* Khan and Jairajpuri 1994

수컷: 창치선충속은 이빨이 있는 것이 특징이다. 창침 자루의 근육이 잘 발달되어 있다. 꼬리는 전반적으로 둥글다. 또한 고정할 경우 C자 형태로 굽어진다. 식도접합부는 Y자형이다. 창침 확장부는 직선형이다. Guide ring이 발달되어 있다. 구침 부분 식도 근육이 잘 발달되어 있다.

미국검선충(Appendix Fig. 6A~F, Appendix Table 5)

Order Dorylaimida Pearse, 1942

Family Longidoridae Thorne 1935

Genus *Xiphinema* Cobb, 1913

Species *Xiphinema americanum* Cobb, 1913

암컷: 구침은 매우 크고 강하다. 또한 구침의 근육도 잘 발달되었다. 몸통은 양쪽 끝부분으로 갈수록 가늘어진다. 고정했을 때는 갈고리형 C자형이 된다. 구침절구는 크고 선명하다. 후부 식도부가 발달되었고 신경절은 구침절구 밑에 있다. 꼬리는 원추형이며 복부 쪽으로 굽었다. 꼬리 끝은 다소 둥글다. 난소는 양난소 형태를 하고 있고, 가로형의 음문을 가지고 있다.

## 고찰

수출 분재의 재료가 대부분 수목이기 때문에 다양한 식물기생선충이 문제될 것(Choi et al., 1992a, 1992b)이라 생각되었으나 식물기생선충보다는 비기생선충이 많이 검출되었다. 단풍나무의 검역 선충은 *Hemicycliopora* sp.와 *Rotylenchus* sp.인데(Moon, 1995) 수출 분재원에서는 비기생선충인 계룡중간창선충과 동화육각창선충만이 검출되었다. 계룡중간창선충은 남아프리카와 우리나라에 분포하고 있는데 우리나라에서는 쥐똥나무 뿌리 주변 토양에서 채집되었다(Choi, 2011). 원기재에서는 암컷 성충의 체장이 1.01~1.44 mm인데 우리나라에서 기재된 본 종의 암컷 체장은 1.31~1.55 mm로 원기재에 비하여 다소 길다고 하였는데(Choi, 2011) 본 조사에서 채집된 개체들의 1.0~1.4 mm로 원기재와 비슷하였다.

동화육각창선충은 팔공산의 노루발풀(*Pyrola japonica*) 뿌리 주변 토양에서 채집되어 최초 기재된 선충인데(Choi, 2011) 본 조사에서 전남 무안의 단풍나무 토양과 충북 충주의 백일홍 뿌리에서 채집되었다. 비기생성 선충 중 안드리창치선충은 충북 충주의 쥐똥나무 토양에서 채집되었는데 이 선충은 전 세계적으로 분포하고 있고, 우리나라에서는 대나무 뿌리 주변 토양에서 채집되어 기재되었다(Choi, 2011).

본 조사에서 확인된 세 종의 식물기생선충은 침엽수 분재에서는 발견되지 않은 종들이었다(Eun et al., 2016). 둥근꼬리리

붙이나선선충은 백일홍과 쥐똥나무, 애기사과의 토양에서 채집되었는데 우리나라에서는 주목(*Taxus cuspidata*)과 복장나무(*Acer manschuricum*), 야생장미(*Rosa* sp.)에서 채집된 바 있어(Choi, 2011) 이번 조사에서 확인된 세 수종은 새로운 기주식물로 기록된다.

한국검선충은 애기사과 토양에서 검출되었는데 검출된 식물기생선충들 중에서는 가장 높은 밀도로 검출되었다. 이 종은 우리나라 전역에서 채집되었는데 사과(*Malus pumila*)를 비롯한 11종의 기주식물이 알려져 있고(Choi, 2011), 미국의 검역 대상 선충의 하나이다(University of Nebraska-Lincoln, 2017).

미국검선충은 포도(*Vitis vinifera*), 단풍나무(*Acer palmatum*), 커피나무(*Coffea arabica*) 등 다양한 과수와 채소작물에 기생하는데 바이러스를 매개하는 주요 선충 중의 하나인데(Choi and Na, 1994) 수출 분재원의 애기사과에서 발견되었다. 이 선충은 유럽연합의 검역대상선충이다(Q-bank, 2017). 이와 같이 미국이나 유럽연합의 검역대상 선충은 한국검선충(*Hemicycliopora koreana*)과 미국검선충(*Xiphinema americanum*)만 검출되었는데 대부분 식물의 외부에서 침입하는 외부기생성 선충들이었다.

침엽수 분재에서는 2과 10종의 식물기생선충이 발견되어(Eun et al., 2016) 본 조사에 비해 다양한 식물기생선충이 확인되었는데 이는 본 조사의 경우 수출대상 분재에 중점을 두어 실제 수출 이력이 있는 분재원을 대상으로 조사를 하여 무작위로 선택한 분재원을 대상으로 한 Eun et al. (2016)의 조사지에 비하여 분재생산 및 관리가 집약적으로 이루어져 상대적으로 적은 종류의 선충이 검출되었을 것으로 생각된다.

수출분재원의 활엽수 분재를 대상으로 식물기생선충을 조사한 결과 미국검선충과 한국검선충과 같은 검역적으로 문제가 될 수 있는 두 선충이 일부 분재원의 분재에서 확인되었다. 하지만 비록 일부의 분재원이기는 하지만 이와 같은 선충들이 분재에서 검출된다는 것은 분재 수출에 큰 장애 요인이 될 수 있다. 따라서 수출분재에 문제될 수 있는 선충이 감염되지 않게 분재원을 관리하는 방법과 Choi et al. (2017)의 결과를 활용하여 분재에 기생하는 선충들을 완전히 제거할 수 있는 방법의 적용을 통해 검역 위해 요소를 제거할 수 있는 분재관리가 필요할 것으로 생각된다.

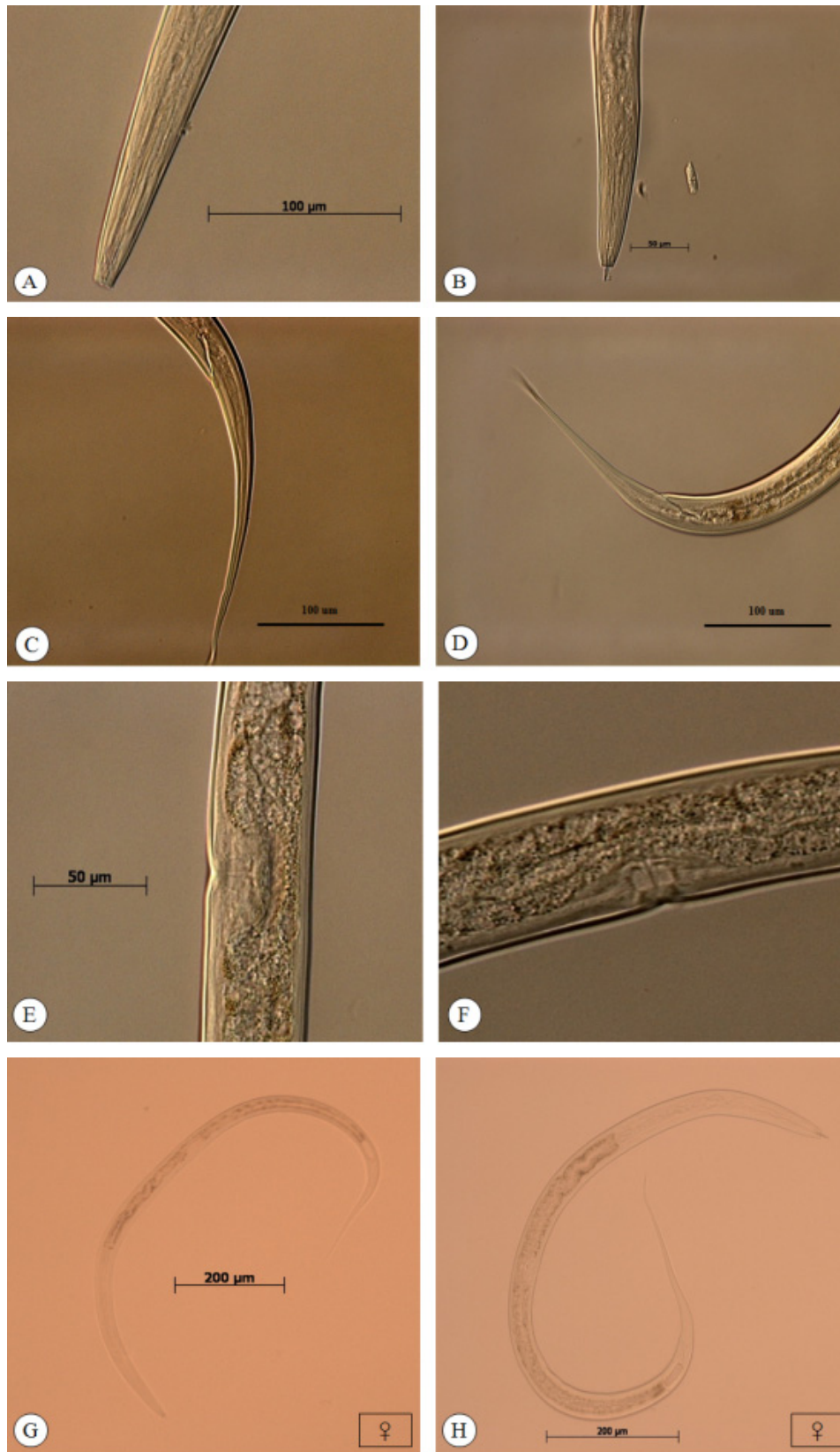
## 사사

본 연구는 검역검사본부의 ‘수출분재의 식물기생선충 조사 및 방제방법 개발’과제의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

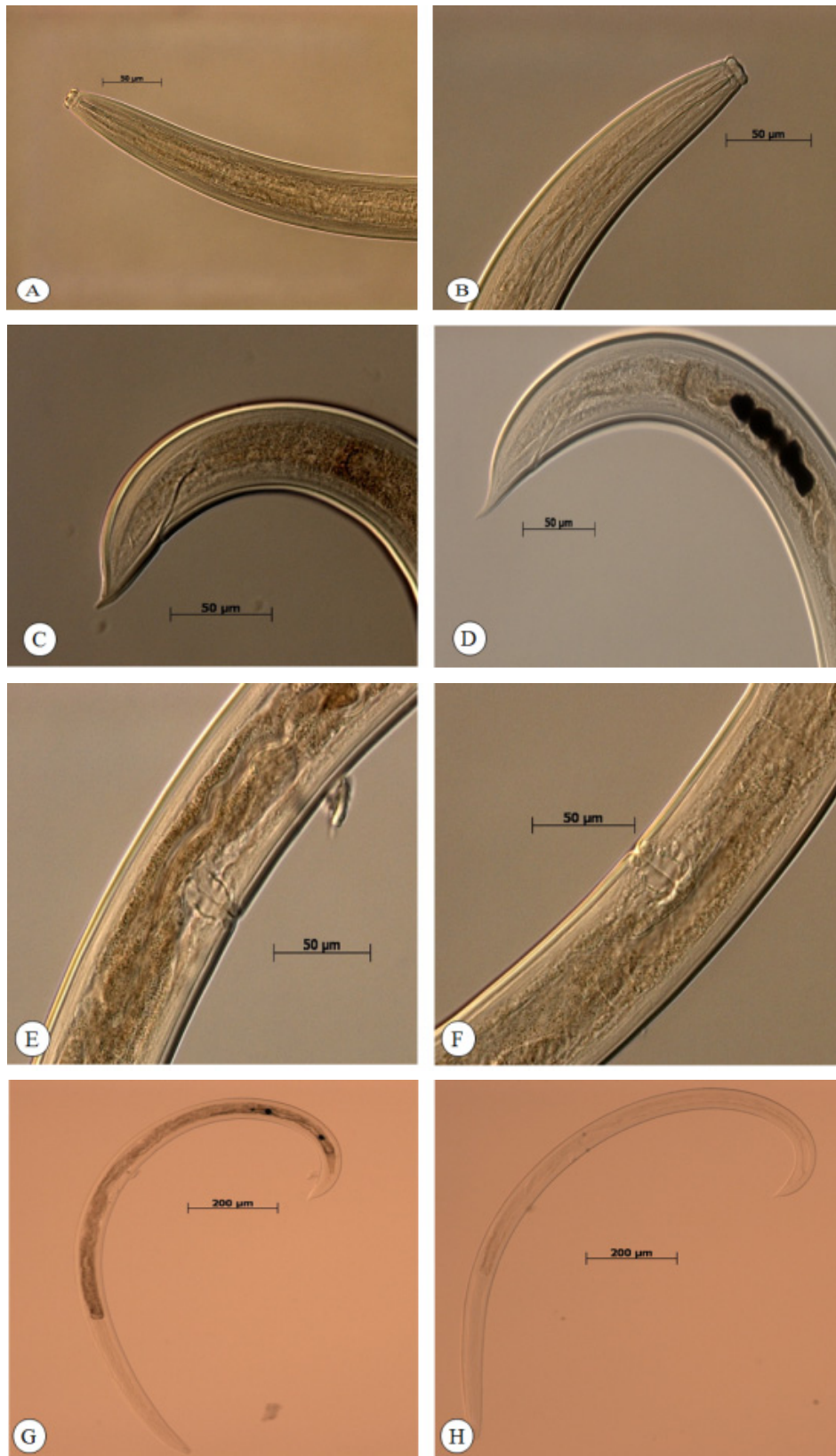
---

## Literature Cited

- Choi, J.Y., Jung, Y.H., Lee, D.W., Choo, H.Y., Park, C.G., 2017. Chemical control of plant-parasitic nematodes in export bonsai. *Korean J. Pestic. Sci.* 21, 261-268.
- Choi, Y.E., 1996. Nematode in Korea. Ililsa, Daegu, Korea.
- Choi, Y.E., 2001. Economic insect pests of Korea 20. *Tylenchida, Aphelenchida* (Nematoda). *Insecta Koreana Suppl.* 27. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
- Choi, Y.E., 2011. Invertebrate fauna of Korea. Nematoda: Enoplea: Dorylaimida, Mononchida. Soil and freshwater nematodes. 13(1). National Institute of Biological Resources, Ministry of Environment. Incheon, Korea.
- Choi, Y.E., Cho, M.R., Moon, Y.S., 1992a. Nematodes associated with forest trees in Korea I. Studies on nematodes associated with saplings. *Korean J. Appl. Entomol.* 31, 50-68.
- Choi, Y.E., Choo, H.Y., Kim, Y.J., Moon, Y.S., Baek, H.S., 1992b. Nematodes associated with forest trees in Korea IV. Distribution and species of nematodes associated with forest trees. *Korean J. Appl. Entomol.* 31, 427-451.
- Choi, Y.E., Na, Y.J., 1994. Plant nematology. Hyeongmunsa, Seoul, Korea.
- Eun, G., Ko, Y., Kang, H., Ha, J., Chun, J., Kim, D., Choi, I., 2016. Survey of nematodes in coniferous bonsai in Korea. *Res. Plant Dis.* 22, 243-248.
- Forest Service, 2016. 2015 survey of forestry product. Forest Service, Daejeon, Korea.
- Korea Forest Research Institute (KFRI), 2009. Development of management technique and culture method of Bonsai. Korea Forest Research Institute; Seoul, Korea.
- Moon, I. S., 1995. Distribution of nematodes associated with forest trees and control of pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* in Korea. Ph.D. Diss., Kyungpook National Univ., Daegu, Korea.
- Q-bank, 2017. European quarantine nematodes. <http://www.q-bank.eu/Nematodes/DefaultInfo.aspx?Page=InfoQuarantine>. Accessed 22 July 2017.
- University of Nebraska-Lincoln, 2017. A list of exotic nematode plant pests of agricultural and environmental significance to the United States. <http://nematode.unl.edu/pesttables.htm>. Accessed 22 July 2017.

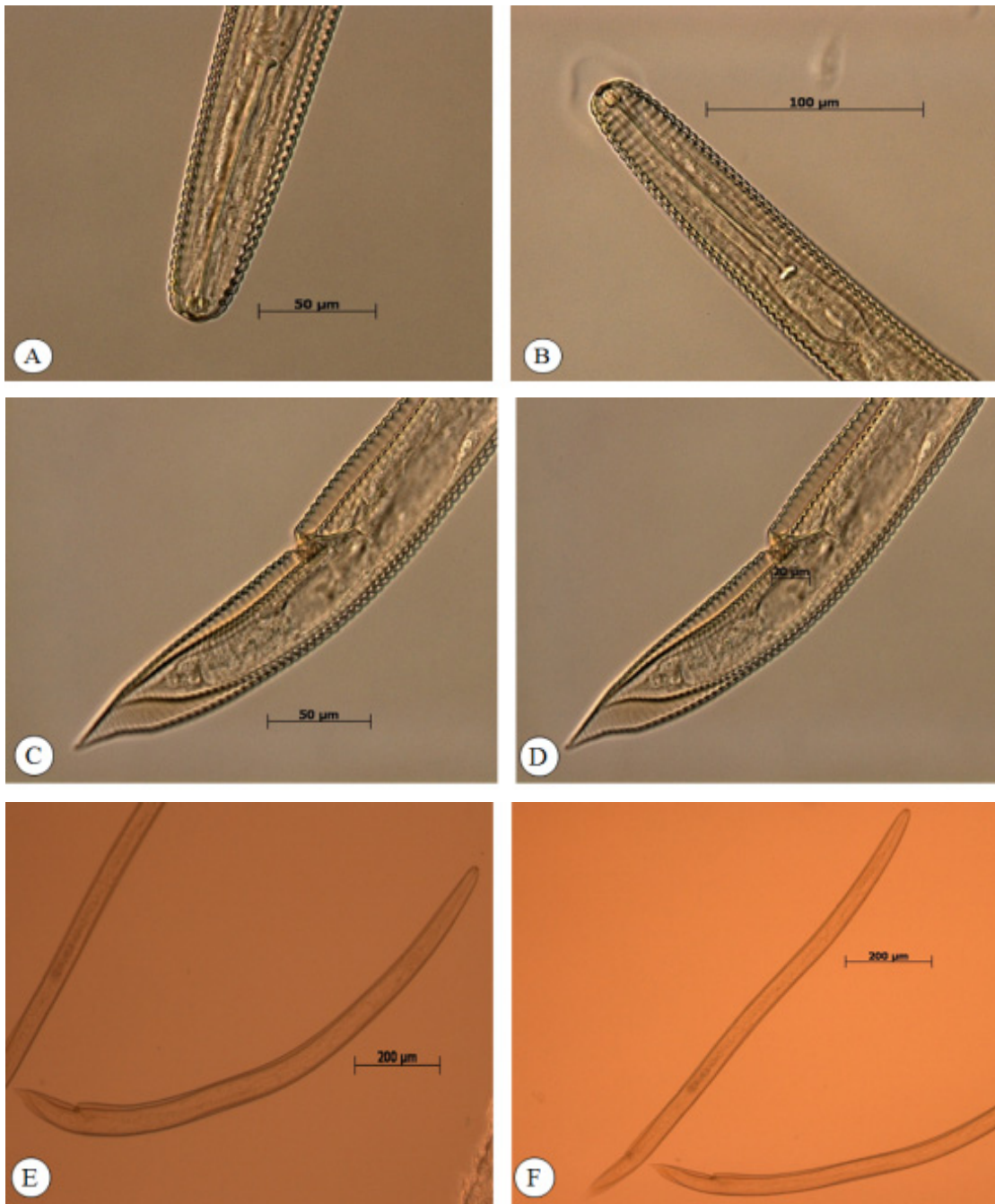


**Appendix Fig. 1.** *Mesodorylaimus usitatus* Basson and Heyns, 1974. A-B, Female lip regions; C-D, Female posterior regions; E-F, Vulva; G-H, Female.

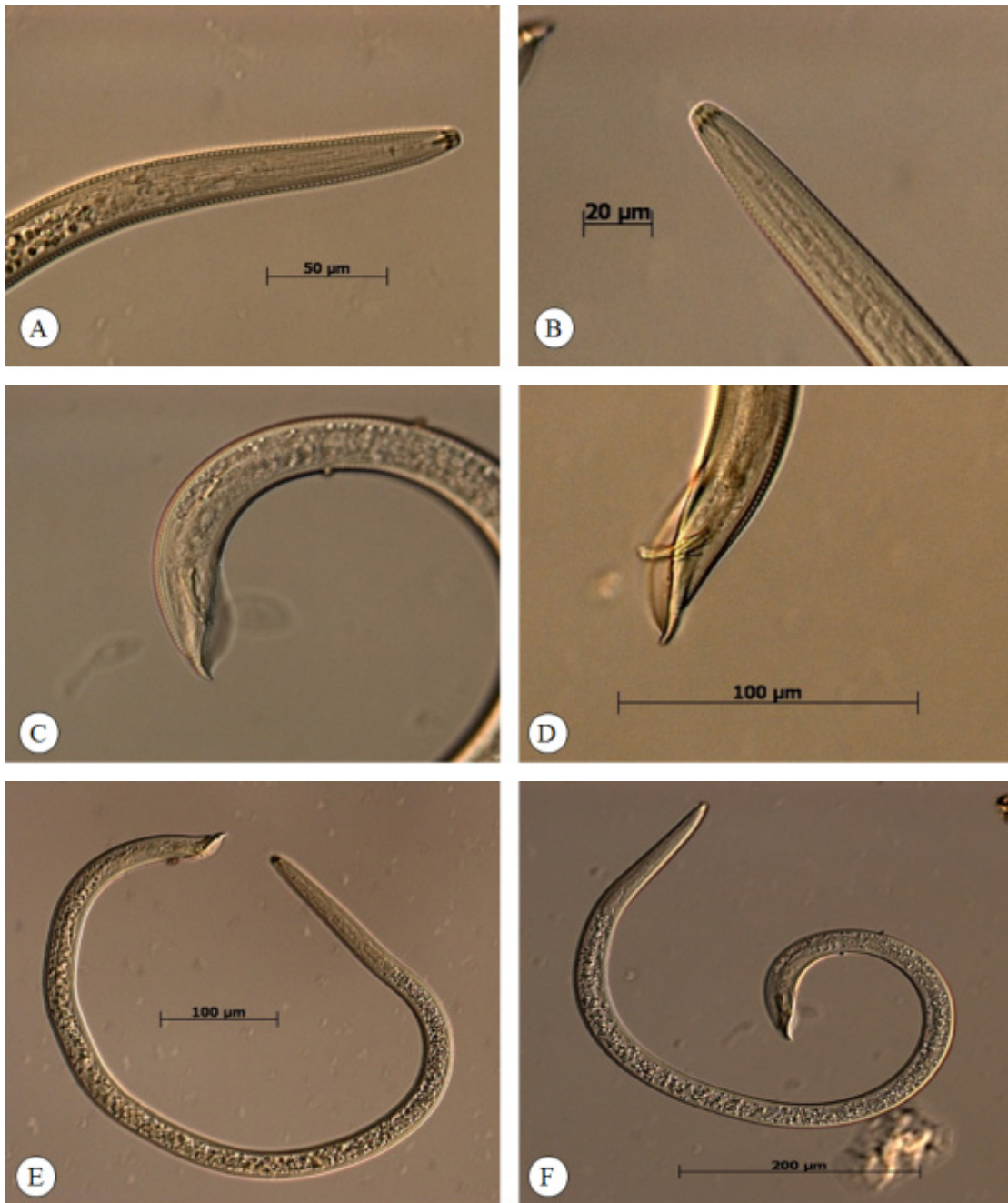


**Appendix Fig. 2.** *Aprocelaimellus donghwaens* Choi, Khan and Choi, 2001. A-B, Female lip regions; C-D, Female posterior regions; E-F, Vulva; G-H, Young adult of female.

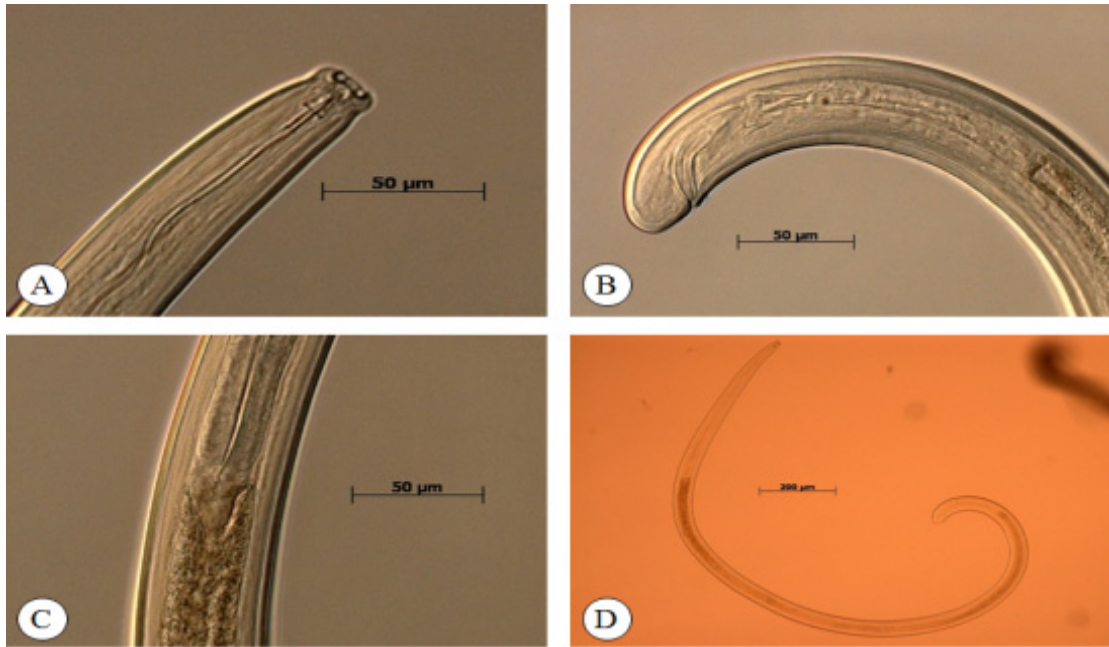




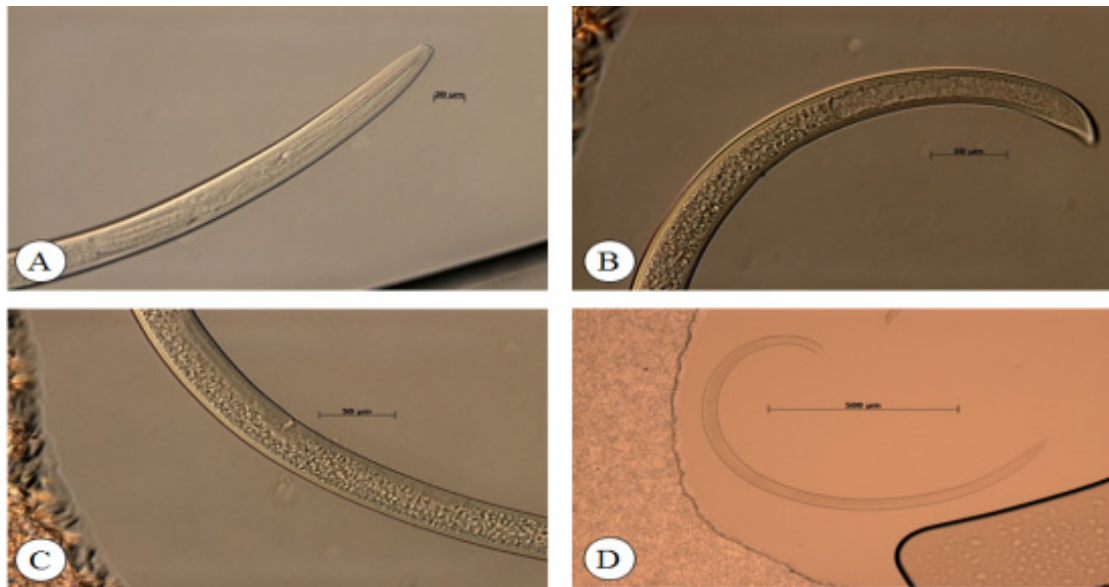
Appendix Fig. 3. *Hemicycliophora koreana* Choi and Geraert, 1971. A-B, Female lip regions; C-D, Female posterior regions; E-F, Female.



**Appendix Fig. 4.** *Rotylenchus blothrotylus* (Baldwin and Bell, 1981) Brzeski and Choi, 1998. A-B, Female lip regions; C-D, Female posterior regions; E-F, Female.



**Appendix Fig. 5.** *Egtitus andhricus* Khan and Jairajpuri 1994. A, Male anterior region; B, Male posterior regions; C, Esophagus; D, Male.



**Appendix Fig. 6.** *Xiphinema americanum* Choi, Khan and Choi, 2001. A, Female anterior region; B, Female posterior regions; C, Vulva; D, Female.

**Appendix Table 1.** Morphometric ratios of adult females and juveniles of *Mesodoryaimus usitatus*

Character	Female	Juvenile
N	27	13
L (mm)	1.2 ± 0.8 (1.0-1.4)	0.9 ± 0.0 (0.8-1.0)
a	31.0 ± 5.1 (22.4-47.0)	26.0 ± 3.8 (22.0-33.0)
b	3.5 ± 0.4 (1.8-4.0)	3.1 ± 0.4 (1.5-3.6)
c	6.0 ± 0.5 (4.7-7.3)	5.8 ± 0.6 (5.1-7.1)
Odontostyle (µm)	15.0 ± 0.8 (14.0-16.0)	14.2 ± 0.4 (13.8-15.0)
Replacement odontostyle (µm)	-	15.0 ± 6.0 (11.0-20.0)
Tail length (µm)	210.0 ± 18.0 (180.0-227.0)	154.0 ± 18.0 (127.0-168.0)
Oral aperture-guiding ring (µm)	7.0 ± 1.7 (4.3-11.0)	5.0 ± 2.0 (3.7-10.0)
V (%)	49.0 ± 2.6 (40.0-54.0)	-
Anus length (µm)	35.0 ± 4.6 (26.0-43.0)	25.0 ± 3.0 (21.0-31.0)

**Appendix Table 2.** Morphometric ratios of young adult females and juveniles of *Aprocelaimellus donghwaens*

Character	Young female	Juvenile
N	2	2
L (mm)	2.72 ± 0.06 (2.76-2.68)	1.1 ± 0.1 (1.0-1.2)
a	29.2 ± 1.3 (28.3-30.1)	26.0 ± 3.6 (23.0-29.0)
b	4.1 ± 0.2 (4.0-4.2)	3.1 ± 0.2 (2.9-3.2)
c	38.8 ± 1.5 (37.7-39.8)	24.0 ± 0.9 (23.5-24.9)
Odontostyle (µm)	20.0 ± 0.2 (19.8-20.1)	19.3
Replacement odontostyle (µm)	-	18.0 ± 0.8 (17.2-18.8)
Tail length (µm)	54.8 ± 1.3 (53.8-55.7)	45.6 ± 4.4 (42.0-48.0)
Oral aperture-guiding ring (µm)	18.4 ± 0.8 (17.8-18.9)	10.0 ± 0.4 (10.0-10.6)
V (%)	51.6 ± 1.1 (50.8-52.3)	-
Anus length (µm)	57.4 ± 0.8 (56.8-57.9)	33.0 ± 1.7 (32.0-35.0)

**Appendix Table 3.** Morphometric ratios of adult females and juveniles of *Hemicycliophora koreana*

Character	Female	Juvenile
N	7	10
L (mm)	1.2 ± 0.0 (1.1-1.2)	0.7 ± 0.0 (435.0-955.0)
a	26.0 ± 3.5 (22.0-30.0)	20.0 ± 4.2 (11.0-23.0)
b	5.2 ± 0.3 (4.7-5.5)	4.0 ± 0.7 (2.1-4.7)
c	8.0 ± 0.4 (7.3-8.7)	-
Stylet length (µm)	116.0 ± 4.9 (111.0-124.0)	101.0 ± 9.6 (84.0-114.0)
Replacement odontostyle (µm)	-	-
Tail length (µm)	150.0 ± 7.5 (137.0-161.0)	-
V (%)	87.0 ± 1.3 (85.0-89.0)	-
Anus length (µm)	34.5 ± 5.6 (27.0-44.0)	-

**Appendix Table 4.** Morphometric ratios of adult males and juveniles of *Rotylenchus blottrotylus*

Character	Male	Juvenile
N	6	1
L (µm)	808.1 ± 181.3 (500.0-944.0)	612
a	32.1 ± 5.4 (25.0-37.7)	27.8
b	5.5 ± 0.8 (4.3-6.3)	4.9
c	26.2 ± 11.0 (13.9-39.8)	-
Stylet length (µm)	21.0 ± 4.2 (13.0-24.0)	24
Tail length (µm)	33.6 ± 9.0 (22.5-46.0)	-
T (%)	94.2 ± 3.3 (89.0-98.0)	-
Anus length (µm)	19.3 ± 4.4 (16.0-25.0)	-

**Appendix Table 5.** Morphometric ratios of adult males of *Egtitus andhricus* and *Xiphinema americanum*

Character	<i>Egtitus andhricus</i>	<i>Xiphinema americanum</i>
N	1	1
L (mm)	1.65	1.71
a	45.3	50.3
b	3.7	6.6
c	56.9	49.0
Stylet length (µm)	21.0	71.0
Tail length (µm)	26.7	31.0
T (%)	55.0	52.0
Anus length (µm)	50.0	34.0