

## *Arthrobotrys conoides*에 의한 선충포획의 전자현미경적 연구

朴 眞 淑 · 朴 龍 根

(韓南大學 生物學科)

### Electron microscopic observations on the trapping of nematode by *Arthrobotrys conoides*

Park, Jin-Sook and Yong-Keun Park

(Department of Biology, Han-Nam University)

#### ABSTRACT

The nematode-trapping process by *Arthrobotrys conoides* was investigated with the aid of scanning and transmission electron microscopy.

1. *A. conoides* captures nematode by means of three-dimensional network.
2. The wall of trap cell was thicker than that of vegetative hypha and the trap cell was more rich in cell organelles such as endoplasmic reticulum, mitochondria and electrondense granule.
3. The electron-dense granule, which could be found only in trap organs, gradually disappeared during its penetration into nematode cuticle.
4. The osmiophilic area was found at adhering site between the trap organ and nematode cuticle. And the trap organ started to penetrate the nematode at one or more sites where it adhered to the nematode.
5. In some cases, any appressorium was not found at the site of penetration.
6. When the fungal-nematode culture was conserved for 2~3 weeks, numerous young nematodes were found to be adhered to spores, resulting in death.

#### I. 서 론

진균류의 일종인 선충을 포획하여 섭식하는 능력에 관한 연구는 1888년 Zopf에 의해 처음 시작된 이래, 이러한 균주들의 포획기관 형성 및 포획기작에 대한 연구가 계속되어 오고 있다. 더우기 선충 포획균이, 식물에 기생하는 선충의 생물학적 조절수단으로 고려되면서 포획기작에 대한 이해는 중요하게 인식되고 있다.

특히, 전자현미경을 이용한 미세구조적 연구는 Nordbring-Hertz(1972)가 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 *A. oligospora*의 포획기관을

관찰한 이래, 주사전자현미경 및 투사전자현미경(TEM)을 이용하여 *A. dactyloides*(Heintz & Pramer, 1972), *Dactylaria candida*(Dowsett & Reid, 1977), *Dactylaria brochopaga*(Dowsett & Reid & Caesele, 1977) 및 *Dactylella lyspiga*(Wimble & Young, 1983) 등의 선충포획기작에 관해 활발하게 이루어졌다.

본 연구에서는 우리나라 토양에 널리 분포하며, 포획능이 우수한 *Arthrobotrys conoides*(Drechsler, 1937)를 선정하여 선충이 포획되는 일련의 과정과 그에 따른 미세구조적 변화를 밝힘으로써 선충 포획기작의 기초를 제공하고자 한다.

\* 본 연구는 1983년도 과학재단 연구비의 지원아래 수행된 것임.

## II. 재료 및 방법

### 1. 균주의 분리 및 배양

선충 포획균 *A. conoides*는 인삼 토양에서 분리해 내어 corn meal agar(Difco)배지에 접종하여 25°C 배양기에서 6일간 배양하였다.

### 2. 선충의 배양

토양중에 자유롭게 서식하는 선충을 Bearmann funnel 방법으로 분리하여 Nigon 배지에 25°C에서 stock culture하였다.

stock culture에서 nematode block을 떼어 새로운 Nigon배지에 접종하고, 선충의 성장밀도가 가장 높은 3~4일 째에 Bearmann funnel 방법으로 선충을 추출하여 멸균 증류수로 약 500rpm에서 10분씩 3회 원심분리 하였다.

### 3. 선충 포획과정의 전자현미경적 관찰

#### (1) SEM 관찰

CMA(corn meal agar) 배지에서 6일간 배양한 *A. conoides*의 균사체 위에 선충을 첨가하여 25°C에서 배양한 후 약 9시간 이후부터 해부현미경으로 관찰하여 포획기관이 형성된 곳과 선충이 포획되어 있는 지점의 agar block(약 1×1×0.5cm)을 떼어 내어 2% OsO<sub>4</sub>에 24시간 동안 실온에서 증기 고정하고, 이어 agar block을 40% acetone에서부터 100% acetone I, II까지 점진적으로 탈수한 다음, Cp-3 임제점 건조 장치로 건조하였다.

혹은 고정 후 탈수 과정을 거치지 않고 약 5주간 air dry 하였다.

건조된 재료는 양면 접착 tape로 Aluminum 시료대에 부착한 다음 Eiko IB-3 ion coater를 이용하여 약 300Å 두께로 Au-coating하여 ISI-SS 40 SEM으로 10Kv에서 관찰하였다.

#### (2) TEM 관찰

SEM의 경우와 동일한 방법으로 재료(약 2×2×2mm)를 만들어서, paraformaldehyde-glutaraldehyde로 3시간 동안 前고정 하고 phosphate buffer(pH 7.2~7.4)로 3회 세척한 다음 다시 2% OsO<sub>4</sub>로 3시간 동안 後고정하여 phosphate buffer로 3회 세척하였다.

이어 alcohol series를 통하여 탈수한 후, Epon 812 mixture에 포매하여 60°C에서 36시간 동안

중합 반응시켰다.

절편은 ultramicrotome(LKB)으로 제작하여 동 grid에 부착시킨 후 uranyl acetate에 20분간 염색하고 다시 lead citrate에 15분간 염색하였다. 염색 후 JEE-4X vacuum evaporator로 탄소 증착하여 JEM-100S TEM으로 8Kv에서 관찰하였다.

## III. 결 과

### 1. SEM 관찰

CMA배지에서 *A. conoides*를 6일간 배양하고 이 위에 선충을 첨가하였을 경우, 배양 9시간 만에 처음 trap이 형성되기 시작하여 24시간 전후하여 가장 많은 수가 관찰되었고, trap cell의 직경은 6~7μm 정도였다.

trap의 형태는 복잡한 ring의 복합체인데 형성 단계의 처음에는 영양균사에서 trap cell이 돌출하기 시작하고, 신장하면서 만곡하여 세포가 어느정도 신장하면 제 2 또는 제 3의 세포가 前者에 이어 발생하여 결국 3~4개의 세포로 구성된 ring을 형성하는 것으로 나타났다. 보다 시간이 진행된 것에서는 임체적 구조를 갖는 ring의 복합체로 나타났고 각 ring에서는 3~4개의 격막이 확인되었다(Fig. 1).

선충 첨가 9시간 정도 되었을 때 선충이 포획기관의 내면(Fig. 2) 혹은 외면에(Fig. 3)에 포획되어지는 것이 관찰되었으며 포획기관의 쉘면에 점착 물질이 둘러싸여 있는 것으로 확인되었다(Fig. 4, arrow).

포획후, 선충체물질의 소화의 증거로 포획된 후 어느정도 시간이 경과된 것에서는 내부에 발달된 infection hyphae를 뚜렷히 볼수 있었으며(Fig. 5, arrow) 최종적으로 infection hyphae만이 선충의 형체대로 뭉쳐있는 것이 관찰되었다(Fig. 6)

선충포획과정에서 선충이 포획된 후 1시간 이내에 포획기관으로 부터 발생된 appressorium이 관찰되었고(Fig. 7, arrow) 반면 침투시 appressorium이 형성되지 않은 경우도 관찰되었다(Fig. 8)

그밖에 포획된 후 죽은선충의 생식공을 통해 영양균사가 침투한 것이 확인되었으며(Fig. 9),

선충 포획균과 선충의 혼합 배지를 오래 두었을 경우(2~3주), 선충의 유충이 분생자병을 따라 올라가 포자에 부착되어 죽는 현상도 관찰되었다. (Fig. 10)

## 2. TEM 관찰

*A. conoides*의 trap cell과 영양균사는 다핵세포이고 격막은 전형적인 ascomycetous type으로 pore의 양쪽에 Woronin body를 갖는 것으로 관찰되었다(Fig. 11, 12). trap cell과 영양균사는 몇가지 점에서 현저한 차이를 보였는데, trap cell은 영양균사(0.035~0.065 $\mu$ m)에 비해 세포벽이 훨씬 두껍고(약 3~4배), 미토콘드리아는 간상형으로 endoplasmic reticulum과 함께 풍부했으며, 영양균사에서는 볼 수 없는 전자밀도가 높은 과립(electron-dense granule, 0.1~0.4 $\mu$ m)들이 발견되었다(Fig. 11). 이 과립들은 포획기관이 선충 체내로 침투된 후에도 관찰되었으나(Fig. 14) 시간이 좀 더 경과된 것에서는 볼 수 없었다(Fig. 15).

Trap cell과 infection hyphae에는 좀더 큰 electron-dense granule(1~2.5 $\mu$ m)이 관찰되었고(Fig. 14, 15, arrow), 특히 infection hyphae에 풍부한 것으로 나타났다.

선충이 포획기관에 접촉했을 때 선충과 포획기관 사이에는 점착물질로 생각되어지는 electron-dense layer가 항상 확인되었으며(Fig. 13, 14, 15) 이 지점에서 선충 cuticle이 분해되고 trap cell이 침투한 것을 볼 수 있었다(Fig. 14).

선충 체내로 infection peg가 뚫고 들어간 후에는 둥근 infection bulb가 형성 되었으며(Fig. 14, 15, 16) 선충 침투 부위의 infection peg내에 격막이 형성되어 trap cell과 infection bulb를 경계짓고 있는 것이 관찰되었다(Fig. 15).

침투는 한 군데에서 일어나는 것이 보통이었으나 간혹 두 군데에서도 침투가 일어나 2개의 infection bulb가 동시에 형성되어진 것이 관찰되었다(Fig. 16).

Fig. 17은 침투 후 시간이 경과되면서 체내에 infection hyphae가 발달한 선충의 횡단면으로 infection hyphae 내에는 커다란 액포가 발달되어 있으며 얇아진 cuticle과 선충 체조직이 거의 소실되어 있는 것을 볼 수 있다.

또한 생식공을 통해 침투한 경우도 관찰되었

는데, 이 경우에는 침투부위의 가장자리가 손상되지 않은 것이 뚜렷이 나타났으며(Fig. 18, arrow), cuticle을 뚫고 침투한 경우와는 달리 침투부위 주변에 electron-dense layer가 나타나지 않았다.

## IV. 고 찰

선충 포획의 기작에 관한 연구는 trap cell과 영양균사의 미세구조적 차이를 밝히고 선충 포획에 따른 trap cell내의 일련의 변화를 관찰하고 규명하는데 그 기초를 두고 이루어져 왔다.

지금까지 이루어져 온 선충 포획균 *Dactylella drechslerii*, *Monacrosporium rutgeriensis*, *Arthrobotrys dactyloides*(Heintz & Pramer, 1972), *Dactylaria candida*(Dowsett & Reid, 1977), *Dactylaria brochopaga*(Dowsett & Reid, 1977), *Arthrobotrys oligospora*(Nordbring-Hertz & Stalhammar-Carlemalm, 1978), *Dactylaria scaphoides*(Dowsett & Reid, 1979), *Dactylella lyspiga*(Wimble & Young, 1983) 등에 관한 연구에서 이들 균주의 trap cell에는 모두 영양균사에서는 볼 수 없는 전자밀도가 높은 과립들(electron-dense granule)이 풍부히 존재한다는 것이 밝혀졌으며, 이들 과립은 선충 포획에 밀접한 관련을 갖는 것으로 보고 되었다.

포획기관이 수축고리(constricting ring)인 *A. dactyloides*에 관한 연구에서 Heintz & Pramer(1972)는 과립을 둘러싸고 있는 막이 구조적으로 원형질막과 유사하며 서로 융합할 수 있어 ring cell의 확장시 원형질막의 표면증가에 기여한다고 가정하였으나, 같은 포획기구를 갖는 *Dactylaria brochopaga*에 관한 Dowsett & Reid(1977)의 연구에서는 이러한 과립은 선충을 포획함으로써 ring cell이 팽창되었을 때는 소실되지만, ring cell의 팽창이 선충에 의해 유도된 것이 아닐 때는 과립이 소실되지 않음을 발견하여, Heintz & Pramer의 결과와는 다른 견해를 보였다. 한편 포획기관으로써 three-dimensional networks을 형성하는 *A. oligospora*(Nordbring-Hertz & Stalhammar-Carlemalm, 1978), *Dactylaria scaphoides*(Dowsett & Reid, 1979)의 연구에서는 전자밀도가 높은 과립들이 trap cell에

서 선충과 접촉부위에 풍부하며 선충 cuticle은 바로 그 지점에서 분해되고, 그러한 과정은 포획기관의 선충 침투시 사라진다는 관찰에 근거하여 이 과정들이 점착물질을 분비하거나 선충의 cuticle층을 뚫는 분해효소를 분비할 것으로 추정하였다. Dowsett & Reid는 trap cell의 침투 후 선충 체물질의 소화를 돕는 exoenzyme을 생산할 가능성도 제시하였다. 역시, 점착성 포획기관을 갖는 *Dactylella lyspiga* (adhesive knob)에 관한 연구에서 Wimble & Young (1983)은 선충과 포획기관 사이에 점착대를 형성한 뒤에도 포획이 풍부히 존재함을 관찰하고 이 과정들이 점착능에는 작용하지 않을 가능성을 시사하였다.

*A. conoides*를 실험균주로 한 본 연구에서는 선충과 포획기관의 접촉부에 electron-dense layer가 항상 존재하고 그 부위에서 침투가 이루어졌으며, trap cell에 풍부하던 전자밀도가 높은 과정들은 침투과정에서 소실되어 지는 것으로 관찰되었는데, 이는 Nordbring-Hertz & Stalhammar-Carlemalm (1978) 혹은 Dowsett & Reid (1979)의 결과와 일치한다.

cuticle 침투기작에 관하여는 본 실험의 결과, cuticle층이 기계적 압력에 의해 심하게 눌러지거나 밀려난 부분이 없었으며 효소 활성을 가지는 것으로 생각되는 electron-dense layer가 축적된 부위에서 침투가 일어났고, 생식공을 통해 침투했을 경우는 electron-dense layer가 관찰되지 않았으므로 화학적 분해에 의한 것이 cuticle 침투의 주요 기작으로 생각된다. Brown & Harrey (1927)는 식물 기생성 곰팡이의 침투과정 연구에서 기계적 침투의 역할을 강조했으나, Mckeen 등 (1969)은 녹병균의 infection peg 주변에서 일어나는 숙주 세포벽의 변화에 관한 연구에서 infection 동안 숙주의 세포벽에 화학적 변화가 일어난다는 것을 입증했고, Dowsett & Reid (1977, 1979) 역시 화학적 분해에 의해 cuticle이 소실됨을 밝히고 선충 cuticle의 분해효소는 electron-dense granule에서 기원할 것으로 추정하였다. 또한 포획기관은 활성가수분해효소를 지시하는 fluorescein diacetate로 밝게 염색된다는 것이 밝혀진 바 있다 (Nordbring-Hertz, 1977b. Söderström, 1977).

과립의 기능은 점착물질 및 cuticle 분해효소

를 분비할 것으로 추정된다. 그러나 과립의 점착물질의 분비 여부 및 점착물질의 성질은 더 연구되어야 할 과제이다.

trap cell에 분포하는 electron-dense granule의 크기는 종에 따라 약간 차이를 보이는 것으로 나타났으며 (*Dactylella drechslerii*; 0.1~0.4 $\mu$ m, *A. oligospora*; 0.15~0.3 $\mu$ m, *A. dactyloides*; 0.1~0.2 $\mu$ m, *M. rutgeriensis*; 0.2~0.3 $\mu$ m) 대부분 막성 소기관인 것으로 관찰되었으나, *Dactylaria scaphoides* (Dowsett & Reid, 1979)의 경우 막성이 아닌 것으로 관찰되었다. 본 실험균주에서는 0.1~0.4 $\mu$ m 크기의 막성 소기관인 것으로 나타났다.

그밖에 trap cell에는 electron-dense granule 외에도 mitochondria, endoplasmic reticulum이 풍부한 것으로 나타났는데 이는 trap cell의 높은 물질대사 활성을 반영하는 것이라 할 수 있으며, 풍부한 endoplasmic reticulum의 존재는 점착물질 및 효소의 분비, 운반과 관련있을 것으로 생각된다.

포획기관을 둘러싸고 있는 점착물질은 선충 포획균의 분류 특징 (classifying feature)으로 인정되어 왔으며 (Duddington, 1962) 1972년 Nordbring-Hertz에 의해 최초로 SEM사진으로 증명된 바 있다. 본 실험에서는 acetone에 의한 탈수 과정을 거치지 않고 air-dry한 재료에서 점착물질을 관찰할 수 있었다.

또한, infection hyphae는 영양균사에 비해 굵으며 불규칙하게 가지를 내고 꼬여 knot를 형성하는 것을 발견하였는데 이는 Barron (1973, *Rhopalomyces elegans* Corda)과 Dowsett & Reid (1977, *Dactylaria candida*)의 관찰 결과와 일치된다.

선충의 체물질이 소화된 후에도 cuticle이 비교적 오래 남아있는 것이 관찰되었는데 이러한 사실은 침투에 관련된 효소는 침투부위에 국부적으로 형성된다는 Dowsett & Reid (1979)의 견해와 일치하는 것이다.

Dowsett & Reid (1977)는 three-dimensional networks을 형성하는 *Dactylaria scaphoides*는 infection peg내에 격막을 형성치 않는다고 기술하였으나 같은 포획균을 재료로 한 1979년 (Dowsett & Reid)의 실험에서는 격막이 형성됨을

발표하였다. 본 실험에서는 격막이 형성되지 않은 것과 형성된 것을 모두 관찰하였는데 trap cell의 미세구조적 변화로 보아 갓 침투된 것에 비해 비교적 오래된 것에 격막이 형성되어 있어, 결과적으로 격막은 침투 초기에는 형성되지 않았다가 시간이 경과됨에 따라 형성되어 지는 것으로 생각된다. 또한 *Dactylaria scaphoides*의 경우 선충 침투시 appressorium을 형성하는 것으로 보고 되었는데, 본 실험균주의 경우 appressorium이 형성되지 않고 침투되는 경우도 발견되었다.

선충 체내에서 cuticle을 뚫고 체외로 성장하는 infection hyphae는 TEM으로 관찰된 바 있

는데 (Dowsett & Reid, 1977) 본 연구에서는 cuticle을 뚫고 밖으로 성장하여 포자를 형성한 것이 광학현미경으로 관찰되었으며 포획기관이 선충과 접촉된 부위에서 한 군데 혹은 두 군데 이상에서도 동시에 infection bulb가 형성됨으로, 한 포획기관에서 동시에 두 군데 이상 침투가 가능함을 볼 수 있었다.

선충과 선충 포획균의 혼합배지를 오래 두었을 경우(2~3주), 선충의 유충이 conidiophore를 따라 올라가 포자에 접촉되어 죽는 현상이 관찰되었는데, 이것은 포자로부터 접촉성 유인물질이 분비되기 때문인 것으로 생각된다.

## V. 적 요

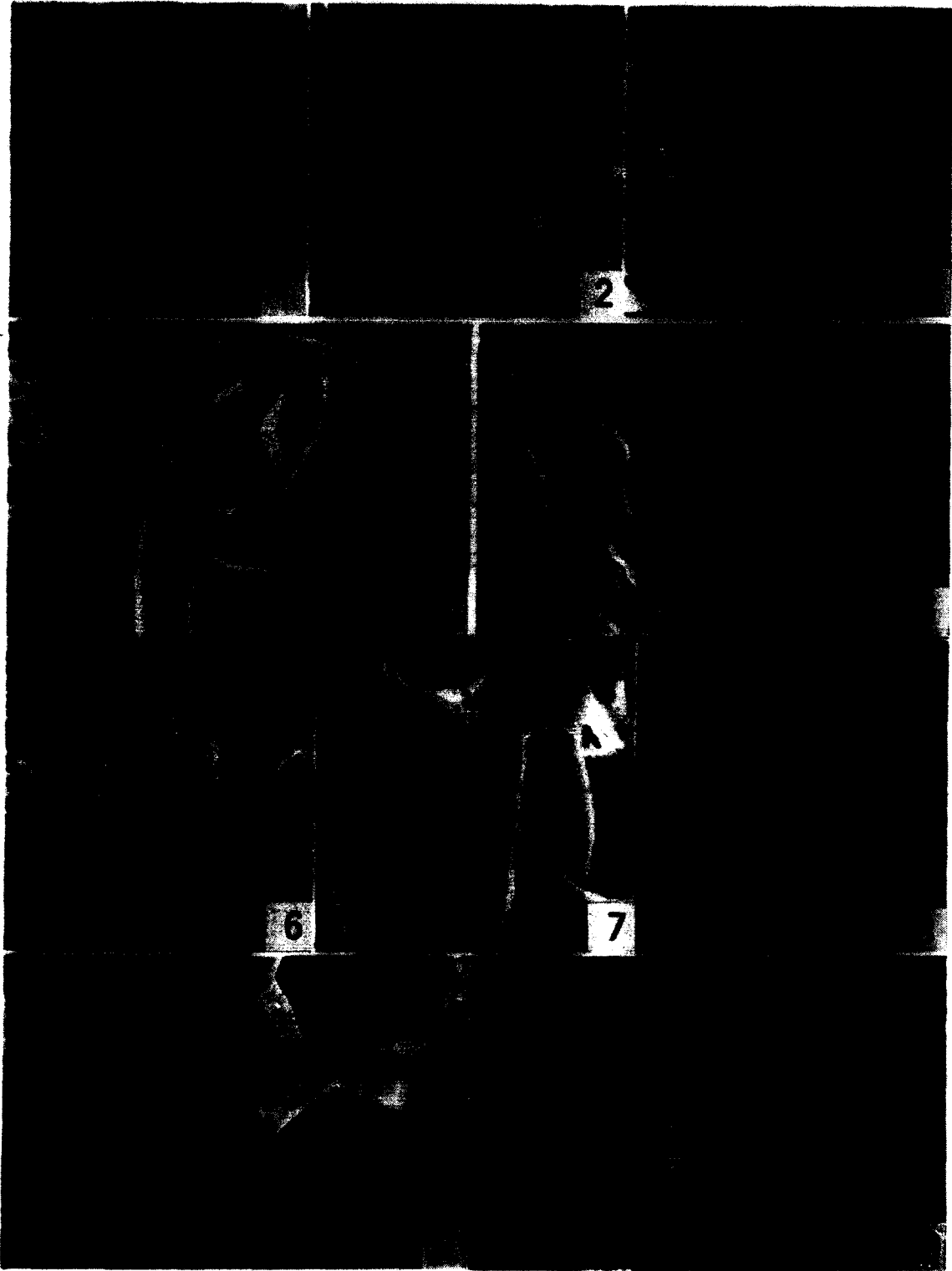
A. conoides에 의한 선충 포획과정을 SEM과 TEM을 이용하여 관찰하였다.

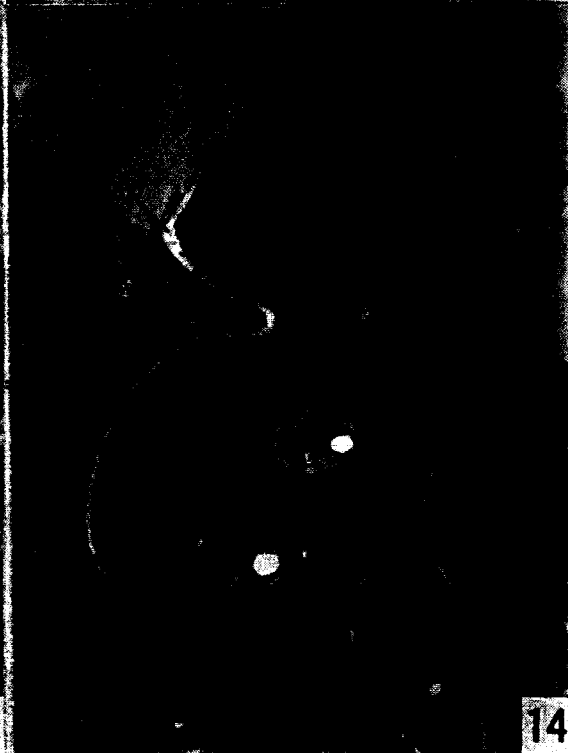
1. A. conoides는 점착성 three-dimensional networks에 의해 선충을 포획한다.
2. Trap cell은 영양균사에 비해 세포벽이 두꺼우며 endoplasmic reticulum, mitochondria 및 electron-dense granule이 풍부하다.
3. 포획기관에서만 관찰되는 전자밀도가 높은 과립은 포획기관이 선충을 점착하여 침투하는 과정에서 소실된다.
4. 포획기관과 선충이 부착된 사이에서 osmiophilic layer가 관찰되었고 바로 이 지점으로 부터 침투가 일어난다. 한 포획기관에서 두 군데 이상 동시 침투가 가능하다.
5. 포획기관의 선충내 침투시 appressorium이 형성되지 않고 침투되는 경우가 있다.
6. 균주와 선충의 혼합배지를 2~3주 두었을 때, 유충들이 포자에 접촉되어 죽는다.

## REFERENCE

- Brown, W., and C.C. Harvey. 1927. Studies in the Physiology of parasitism. X. On the entrance of parasitic fungi into the host plant. Ann. Bot (London). 41:643-662.
- Dowsett, J.A., J. Reid., and L. Van Caesseele. 1977. Transmission and scanning electron microscope observations on the trapping of nematodes by *Dactylaria brochopaga*. Can. J. Bpt. 55:2945-2955.
- Dowsett, J.A., and J. Reid. 1977a. Light microscope observations on the trapping of nematodes by *Dactylaria candida* Can. J. Bot. 55:2956-2962.
- Dowsett, J.A., and J. Reid. 1977b. Transmission and scanning electron microscope observations on the trapping of nematodes by *Dactylaria candida*. Can. J. Bot. 55:2963-2970.
- Dowsett, J.A., and J. Reid. 1979. Observations on the trapping of nematodes by *Dactylaria scaphoides* using optical, transmission and scanning-electron-microscopic techniques. Mycologia. 71:379-391.
- Drechsler, C. 1937. Some Hyphomycetes that prey on free-living terricolous nematodes. Mycologia. 29:447-552.
- Duddington, C.L. 1962. Predaceous fungi and the control of eelworms. Viewpoints Biol. 1:151-200.
- Heintz, C.E., and D. Pramer. 1972. Ultrastructure of nematode trapping fungi. J. Bacteriol. 110:1163-1170.
- McKeen, W.E., R. Smith., and P.K. Bhatiacharya. 1969. Alternations of the host wall surrounding the infection peg of powdery mildew fungi. Can. J. Bot. 47:701-706.
- Nordbring-Hertz, B. 1972. Scanning electron microscopy of the nematode-trapping organs in *Arthrobotrys oligospora*. Physiol. Plant. 26:279-284.
- Nordbring-Hertz, B. 1977b. Nematode-induced mor-

- phogenesis in the predaceous fungus *Arthrobotrys oligospora*. *Nematologica*. 23:443-451.
- Nordbring-Hertz, B., and M. Stalhammar-Carlemalm. 1978. Capture of nematodes by *Arthrobotrys oligospora*, an electron microscope study. *Can. J. Bot.* 56:1297-1307.
- Pramer, D. 1964. Nematode-Trapping fungi. *Science*. 144:382-388.
- Shepherd, A.M. 1955. Formation of the infection bulb in *Arthrobotrys oligospora* Fresenius. *Nature*. 175:475.
- Söderström, B. 1977. Vital staining of fungi in pure cultures and in soil with fluorescein diacetate. *Soil Boil. Biochem.* 9:59-63.
- Wilble, D.B., and T.W.K. Young. 1983. Capture of nematodes by adhesive knobs in *Dactylella lyspiga*. *Microbios.* 36:33-39.
- Zopf, W. 1888. Zur Kenntnis der Infektionskrankheiten niederer Tiere und Pflanzen. *Nova. Acta. Lep. Carol.* 52:314-376.









## EXPLANATION OF FIGURES

## Abbreviations:

AM: Adhesive material	AP: Appressorium
CW: Cell wall	GR: Electron-dense granule
IB: Infection bulb	IH: Infection hypha
M: Mitochondria	IP: Infection peg
NC: Nematode cuticle	N: Nucleus
RER: Rough endoplasmic reticulum	NT: Nematode tissue
TC: Trap cell	ST: Septum
WB: Woronin body	V: Vacuole

**Fig. 1-10.** Scanning electron micrographs.

**Fig. 1.** Three dimensional networks of trap organs of *A. conoides*.  $\times 1,400$ .

**Fig. 2.** A captured nematode by the inner surface of trap organ.  $\times 680$ .

**Fig. 3.** A nematode trapped by the outer surface of two trap organs.  $\times 1,120$ .

**Fig. 4.** The trap organ was coated with adhesive material. Note a slit within adhesive coat (arrow).  $\times 1,450$ .

**Fig. 5.** Infection hyphae can be observed clearly (arrow) within nematode body.  $\times 1,160$ .

**Fig. 6.** No fragment of any cuticle is observed after completely digestion of a nematode.  $\times 1,070$ .

**Fig. 7.** A captured nematode and an appressorium (arrow) produced by trap organ.  $\times 2,200$ .

**Fig. 8.** Trap organs penetrating the nematode cuticle.  $\times 5,000$ .

**Fig. 9.** The vegetative hyphae entered nematode body through the ovipore.  $\times 2,200$ .

**Fig. 10.** The young nematode adhered to the spores of *A. conoides*.  $\times 900$ .

**Fig. 11-18.** Transmission electron micrographs.

**Fig. 11.** Cross section of trap cell showing vacuole(V), nucleus(N), mitochondria(M), electron-dense granule (GR) and rough endoplasmic reticulum(RER).  $\times 8,200$ .

**Fig. 12.** Longitudinal section of vegetative hypha, showing a typical ascomycetous septum(ST) possessing a simple pore and associated woronin body(WB).  $\times 20,000$ .

**Fig. 13.** A trap organ(left) is attached to a nematode with adhesive material perhaps secreted from fungus cell. Arrows indicate unidentified granules.  $\times 7,200$ .

**Fig. 14.** A trap organ penetrating nematode body wall, resulting in formation of a infection bulb.  $\times 4,200$ .

**Fig. 15.** The more advanced infection stage than in Fig. 14. Note the septum (ST).  $\times 10,200$ .

**Fig. 16.** A trap organ penetrating at two sites of nematode body and the infection bulbs were formed in nematode body.  $\times 4,500$ .

**Fig. 17.** Nearly all of a nematode body was digested by several infection hyphae, while thin cuticle remaining.  $\times 6,300$ .

**Fig. 18.** The hyphae entered a dead nematode through ovipore and the edge of the pore seems to be undamaged (arrow). No electron-dense layer, or adhesive layer is visible.  $\times 6,000$ .