

土壤水分 및 溫度가 뿌리혹線虫 (*Meloidogyne incognita*,  
*M. arenaria*, *M. hapla*) 의 生存에 미치는 影響

朴 秀 俊

韓國煙草研究所 大邱試驗場

(1979. 3. 15 접수)

**Effect of Soil Moisture and Temperature on the Survival of the  
Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne*  
*arenaria* and *Meloidogyne hapla*.)**

Soo June Park

Daegu Experiment Station, Korea Tobacco Research Institute

(Received March 15, 1979)

---

초 록

극단의 土壤水分 (4%, 24%) 과 溫度 (33°C, -2°C) 에서 뿌리혹線虫의 生存率을 조사한 결과 土壤水分 함량에 따른 차이는 인정되지 않았고, 溫度 處理의 경우 33°C 에서는 *Meloidogyne incognita*, -2°C 에서는 *M. hapla* 의 生存율이 높았으며, *M. arenaria* 는 兩 處理에서 양자의 중간 정도의 반응을 보였다. 低溫처리에서 *tolerance* 의 증가는 모든 線虫에서 인정되었으며 특히 *M. hapla* 의 *tolerance* 가 가장 높았다.

**Abstract**

Egg masses of the root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*, *M. arenaria* and *M. hapla*) were exposed to two different regimes of soil moisture (4% and 24%) and temperature (-2°C and 33°C), quite extreme condition in their natural environment, and their survival rate was compared.

Three species did not show any difference in the rate when exposed to either soil moisture for 25 days, with the rate in the range of 8.6% to 10.4%. In response to temperature treatment, however, they differed; the best survival rate was obtained from *M. incognita* at high temperature (33°C) and from *M. hapla* at low temperature (-2°C) plot. The third species (*M. arenaria*) was intermediate in both temperature regimes.

## 緒 論

뿌리혹線虫(*Meloidogyne species*)은 美国, 캐나다, 로데시아를 비롯하여 담배를 栽培하는 대부분의 國家에서 중요한 病害의 하나이며, 美国의 경우 담배圃地의 85%에 달하는 면적에 殺線虫劑를 사용하여 연간 약 2,000 万弗에 달하는 막대한 경비를 뿌리혹線虫 방제에 쓰고 있다. 全世界의 것으로 보아 뿌리혹線虫에 의한 직접 또는 간접적인 피해는 매년 약 100 億弗 가량 된다고 한다.<sup>7)</sup>

뿌리혹線虫은 1976년 현재 37種이 기록되어 있으나 이중 담배에 피해를 가하는 種으로는 *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. hapla*와 *M. javanice* 등 4種類가 알려져 있다. 이 線虫들의 地域의인 분포는 緯度上으로 보아 *M. incognita*와 *M. arenaria*는 35°S와 35°N 사이에 分布하고, *M. hapla*는 35°N以北에 分布하고 있다.<sup>11)</sup> 緯度에 따른 偏重分布로 추측되는 것과 같이 이들의 분포는 土壤의 pH, 土性, 土壤中 酸素의 濃度, 寄主植物 등과 같은 因子들의 영향을 받으나 가장 중요한 因子는 土壤의 水分 및 溫度이다. 이들 因子들에 대한 뿌리혹線虫의 反應은 대부분 알려져 있고 寄主植物에 대한 相異한 反應은 實際로 種 判別法으로 이용되고 있다.<sup>1, 9, 12, 15)</sup>

Daulton과 Nusbaum(4, 5)은 土壤溫度和 水分함량이 相異한 Southern Rhodesia, 美国의 Georgia 및 North Carolina에서 採取한 *M. javanice*를 사용하여 土壤의 溫度 및 水分에 대한 反應을 조사한 결과, 동일종 일지라도 환경 조건을 달리하는 지역에서 상당기간 생존한 뿌리혹線虫은 그 지역 특성에 적응하여 溫度 및 水分함수에 달리 반응한다고 발표함으로써, *Meloidogyne spp.*의 환경에 대한 강한 適應力과 溫度 및 水分에 대한 生理的 race의 존재 가능성을 제시하였다.

우리나라의 경우 1974년 中部地方에서 *M. incognita*, *M. arenaria*, 및 *M. hapla*가 확인, 同定되었고<sup>2)</sup> 또한 담배圃地에서 線虫의 分

布狀態를 調査한 結果<sup>8)</sup>에 의하면 *Meloidogyne spp.*가 44%의 圃場에서 檢出되었고, 人蔘圃場에서는 98%의 檢出率을 보이고 있어 우리나라 全域에 걸쳐 담배 및 人蔘圃場에 뿌리혹線虫이 광범하게 分布된 것으로 보인다.

우리나라는 緯度上으로 보아 濟州道, 全羅南道 일부 지역을 제외하고는 *M. incognita*와 *M. arenaria*의 棲息範圍를 벗어나는 데도 불구하고 이 뿌리혹線虫들이 광범하게 발견되고 있어 이들의 分布와 土壤溫度 및 水分에 대한 反應을 究明하므로서 防除資料의 기초를 삼고자 本試驗을 수행하였다.

## 實 驗

供試線虫(*M. incognita*, *M. arenaria*, *M. hapla*)은 大邱근교에서 채취하고, 溫室에서 "Rutgers" tomato를 사용하여 增殖시켰다. 各線虫의 뿌리혹이 형성되고 Egg masses가 生成되었을 때, Single egg mass들을 分離, 再增殖시켜, Perineal patterns 특징<sup>14)</sup>과 Differential host 反應<sup>10)</sup> 차이로써 供試線虫의 種을 재 확인하였다.

균일한 Stage의 卵을 얻기 위하여 "Rutgers" tomato에 接種시켜 45일간 溫室에서 경과시켜 수도물로 뿌리를 깨끗이 씻은 후 1.05% NaOCl 용액 200 ml이 들어있는 Plastic 容器에 넣어 4분간 浸탕, 卵을 분리시키고, 이것을 500 mesh sieve를 이용하여 NaOCl를 완전히 제거시킨 다음 cc당 4,000 卵의 Egg suspension을 만들었다.

供試線虫의 土壤水分에 대한 反應을 알아보기 위하여 완전히 飽和된 상태와 대단히 낮은 상태 2가지로 처리하였다. 試驗에 사용된 土壤은 모두 Sandy loam으로 蒸氣殺菌하였으며 水分함량은 105°C에서 4시간 Dry oven에서 乾燥하여 定量하였다. 水分함량을 測定하는 것은 Daulton과 Nusbaum의 方法<sup>4, 5)</sup>에 準하여 양끝이 열린 直徑 2.0 cm Glass column에서 水分이 毛細引力에 의하여 균일하게 上昇되는 原理에 의하였다. Glass column은 높이 7.5~47.5

cm로 各各 5cm 높이 간격으로 9 處理 하였으며, Glass column안에는 Sandy loam으로 均一하게 채워 水深이 2.5cm되도록 한 Vat에 똑바로 세웠다. 이때 Glass column의 上下구멍은 솜으로 막아 土壤의 流失 및 水分의 蒸發이 없도록 하였다.

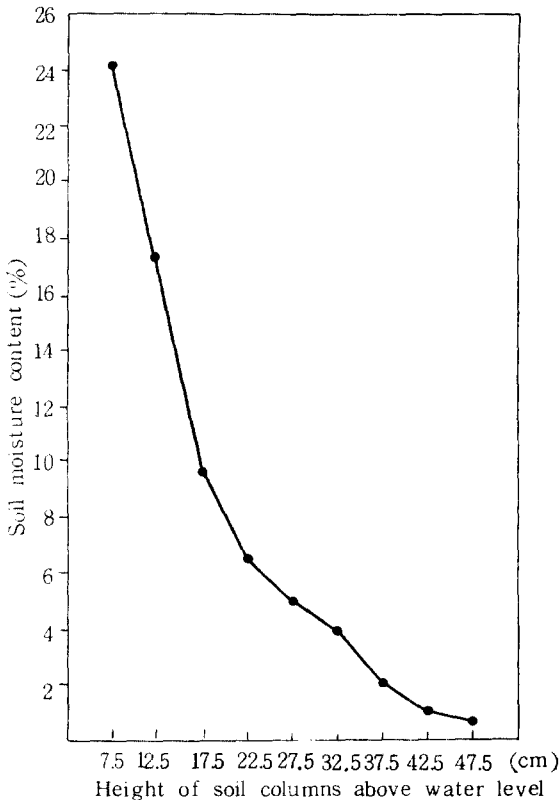


Fig. 1 The regulation of moisture of in top 1cm of soil by use of soil columns.

Fig. 1은 Glass column 최상단에서 1cm 밑 부분까지 土壤水分含量의 5 反復 平均値이다. Glass column 높이 7.5~17.5cm까지는 水分含量이 급속히, 그 후는 다소 완만히 감소하고 있다. 本 試驗에서는 7.5cm 및 32.5cm Glass column을 택하여 水分含量 2.4%와 4%에서 供試線虫을 처리하고 그 반응을 5 反復 平均値로 조사하였다. 線虫에 대한 처리는 Glass column당 8,000 卵씩 Macroset로 接種하고 5~25 日 경과시킨 후 Glass column내에 들어있

는 全 土壤을 蒸氣殺菌한 土壤이 들어있는 Pots에 옮기고 "Rutgers" tomato 幼苗를 옮겨 심어 뿌리혹線虫의 生存率을 調査하였다.

土壤溫度에 대한 반응을 조사하기 위하여 水分處理時 사용하였던 것과 동일한 土壤을 깊이 1.5cm 直径 9.5cm Petri dish에 담고, Incubator와 Subzero에 넣어 線虫處理 48시간전에 33°C와 -2°C로 調定하였으며, 사용된 土壤의 蒸發을 없애기 위하여 Incubator와 Subzero內的 相對湿度를 100% 유지시켜 주었다 供試線虫은 Petri dish 중앙에 8,000 卵씩 接種하여 2~10 日간 경과시켜 水分處理時와 동일한 방법으로 生存率을 調査하였다.

供試線虫들의 溫度에 대한 適應性을 구명하기 위하여 M. *incognita*, M. *arenaria*, M. *hapla*를 -2°C에서 각각 1일, 2일, 8일간 처리한 후 "Rutgers" tomato에 接種하여 Egg masses을 얻고 이것을 1cc당 1,000 卵의 Egg suspension을 만들었다 (Selected culture). 동시에 低溫處理를 하지 않는 Egg suspension도 동일하게 만들어 (Stock culture), M. *incognita*, M. *arenaria*, M. *hapla*를 각각 5, 6, 6, 240 시간 低溫에 처리하여 "Rutgers" tomato에 接種하고 45 日간 경과시킨 후 Gall index value를 구하였다.

뿌리혹線虫의 반응은 Godfrey의 Bioassay 法<sup>6)</sup>에 의하여 生存率로 나타내었다. 이때 Gall Counting을 용이하게 하기 위하여 Egg masses을 Phoxine B로 염색하였으며 Gall Index의 Grade는 역시 Godfrey의 方法<sup>6)</sup>에 준하였다.

### 結果 및 考察

供試線虫 M. *incognita*, M. *arenaria*, 및 M. *hapla*를 土壤水分이 극히 낮은 狀態 (含水量 4%)에 처리했을 때, 處理日數別로 나타낸 反應을 Root-knot index value로 표시한 것이 Fig. 2이다. 분리한 供試線虫의 卵을 그대로 "Rutgers" tomato에 接種한 Control區는 M. *incognita* 78.2, M. *arenaria* 81.0, M. *hapla* 82.8로 나타나고 있어 供試線虫間에

Gall을 형성하는 능력에 있어서는 거의 차이를 보이지 않았다. 處理日數가 경과함에 따라 各線虫의 Gall index value는 거의 直線的으로 감소하고 있으며, 線虫間에도 차이가 없었다. 處理 最終日 역시 *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. hapla*는 각각 9.4, 8.6, 8.9로 역시 비슷하게 나타났다.

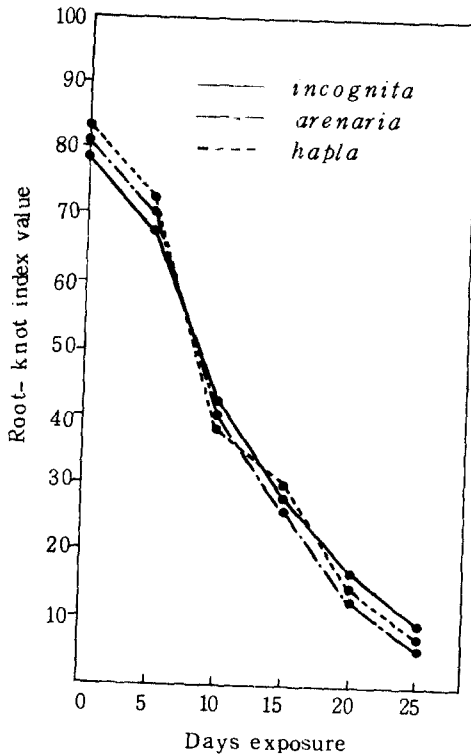


Fig. 2 The relative survival of root-knot nematodes following exposure of eggs to low (4%) soil moisture.

Fig. 3 은 土壤水分이 完全飽和된 상태(含水量 24%)에서 처리한 결과이다. 處理日數 10日까지는 *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. hapla*의 Gall index value가 각각 74.2, 74.8, 78.2로서 Control區에 비하여 큰 차이가 없으나, 그 이후부터는 급속히 감소되며 各線虫間에는 含水量 4% 처리에서와 같이 거의 차이를 보이지 않았고 最終處理日에서도 *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. hapla*의 Gall

index value는 각각 10.4, 9.7, 10.1로 역시 차이를 나타내지 않고 있다. 土壤水分 4%와 24% 처리를 전체적으로 비교하면 10日까지 24% 처리구의 Gall index value가 4% 처리구에 비하여 현저히 높은 것을 제외하고 供試線虫間에는 서로 비슷한 반응양상을 보이고 있다.

뿌리혹線虫의 수분에 대한 種別반응을 종합적

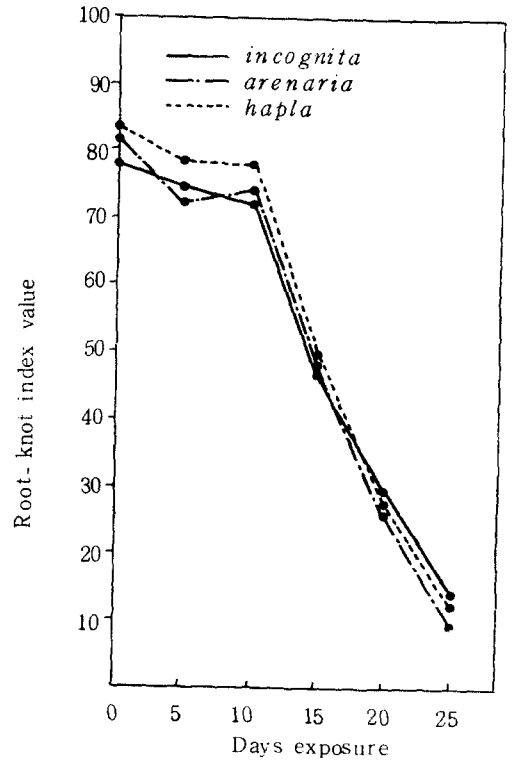


Fig. 3 The relative survival of root-knot nematodes following exposure of eggs to high (24%) soil moisture.

으로 조사된 것은 아직 발표된 바가 없으나, 1962년 Daulton과 Nusbaum의 報告<sup>5)</sup>에 의하면 동일종일지라도 지역을 달리하였을 경우 그 지역의 특성에 따라 土壤水分에 대한 반응을 달리한다고 한다. Tyler<sup>17)</sup>에 의하면 水分含量이 낮은 상태에서 보다도 水分含量이 포화에 가까운 상태에서 뿌리혹線虫의 生存率이 떨어진다고 하였으나 본 시험에서 供試線虫間에 土壤水分의 다소에 관계없이 동일한 반응을 나타낸 것은 供

試線虫 모두가 동일한 降雨量地域에서 장기간 서식함으로써 생긴 결과로 사료된다. 반면에 本試驗에서는 水分含量이 높은 상태에서 生存率이 높고, 水分含量이 낮은 상태에서 生存率이 떨어지고 있는 것은 Tyler의 發表<sup>17)</sup>와는 상반되는데 Tyler는 試驗에서 Egg masses를 사용하였으나 本試驗에서는 Egg suspension을 사용하였기 때문에 Egg masses에 들어있는 Gelatinous material의 영향에 의한 것이 아닌가 생각된다.

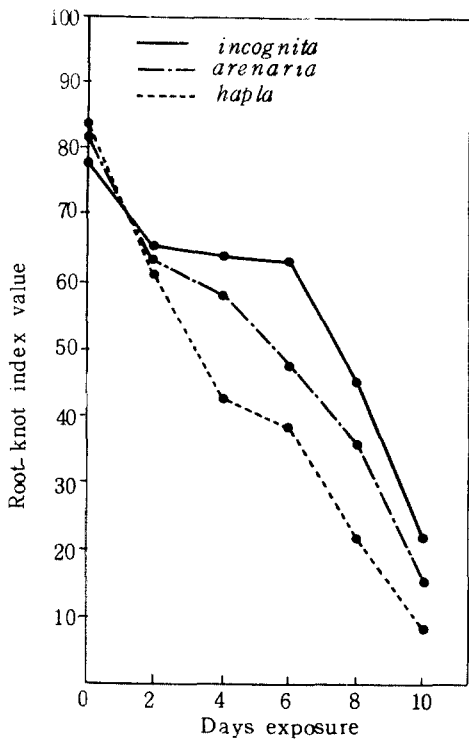


Fig. 4 The relative survival of root-knot nematodes following exposure of eggs at a soil temperature of 33°C.

Fig. 4는 土壤溫度 33°C에 대한 供試線虫의 反應을 處理日數別로 표시한 것이다. 處理日數 2일, 4일까지는 供試線虫간에 별 차이 없이 Gall index value가 떨어지다가 處理日數 6일에는 현저한 차이를 보이고 있다. *M. incognita*는 處理日數 2日, 4日, 6日사이에 Gall index value의 差異를 보이지 않았으나 *M. arenaria*와 *M. hapla*는 급속히 감소하여 처

리일수 6일에는 각각 47.0, 38.8을 나타내어 *M. incognita* 63.0과 좋은 대조를 보이고 있다. 그 이후 供試線虫들의 Gall index value는 거의 같은 양상으로 감소하여 處理日數 10일에는 *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. hapla*가 각각 21.8, 15.2, 8.0을 나타내고 있어 處理日數 6일에 비하여 供試線虫간에 차이가 줄어들긴 하였어도 수분처리시에 비하여 큰 반응 차이를 나타내어 33°C 처리에서는 *M. incognita*의 생존율이 가장 높고, *M. hapla*가 가장 낮으며, *M. arenaria*는 중간에 위치하고 있는 것으로 나타났다.

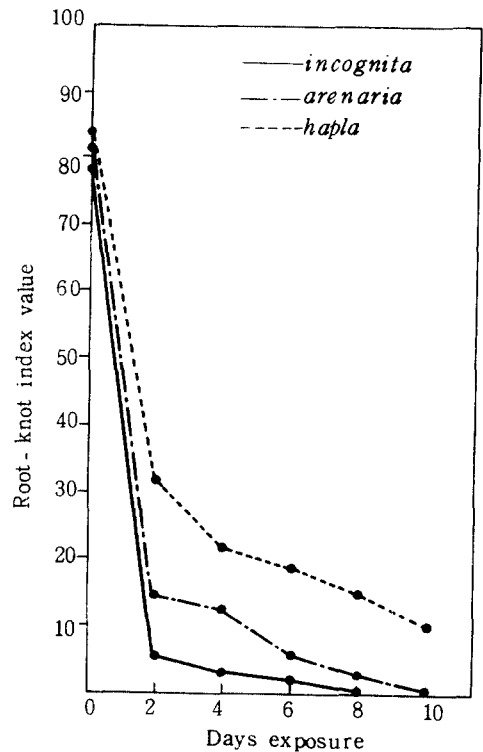


Fig. 5 The relative survival of root-knot nematodes following exposure of eggs at a soil temperature of -2°C.

供試線虫을 -2°C로 處理하여 日數別로 Gall index value를 나타낸 것이 Fig. 5이다. 供試線虫은 모두 處理日數 2일에 生存率이 급격히 떨어져서 *M. incognita*는 5.0, *M. arenaria*는 15.0, *M. hapla*는 31.2의 Gall in-

dex value 를 나타내었으며, 그 이후 供試線虫 모두 완만히 감소하여 *M. incognita*는 處理日數 8日, *M. arenaria*는 10日에 Gall index value가 모두 0으로 되어 모두 사멸된 것으로 나타났으나, *M. hapla*는 최종일에도 10.2로 생존하고 있었다.  $-2^{\circ}\text{C}$ 에 대한 供試線虫들의 반응은  $33^{\circ}\text{C}$ 에 비하여 더욱 뚜렷하였으며  $33^{\circ}\text{C}$  처리와는 반대로 *M. hapla*의 生存率이 가장 높고 *M. incognita*의 生存率이 가장 弱하였으며, *M. arenaria*는  $33^{\circ}\text{C}$  처리에서와 같이 양자의 중간에 위치하였다.

Fig. 4 와 Fig. 5를 전체적으로 비교하면 供試線虫들은 모두 低溫에 비하여 高溫처리에서 生存率이 높게 나타나고 있다. 이러한 사실은 뿌리혹線虫 피해가 熱帶, 亞熱帶, 溫帶地方순으로 연중 평균기온이 높은 지역에서 심하게 나타나고 寒帶地方에서는 거의 문제가 되지 않는 사실과 일치된다고 생각된다. 뿌리혹線虫의 溫度에 대한 반응은 일반적으로 잘 알려져 있다. 즉 *M. incognita*는 高溫에서, *M. hapla*는 低溫에서 Tolerance가 크고, *M. arenaria*는 양자의 중간에 위치하고 있으나 *M. incognita*에 가까운 반응을 보인다고<sup>12)</sup> 했는데 本 試驗에서의 處理溫度는 高溫인 경우 *M. hapla*, 低溫은 *M. incognita*에 치명적인 溫度인데도 불구하고 全 處理區에서 상당한 生存率을 보이고있는 것이 특징이다. 供試線虫들이 極端의 溫度에서 상당한 生存率을 나타낸 것은 供試線虫들이 우리나라에 長期間 生存하므로써 우리나라 氣溫特性에 적응

하였기 때문이라고 판단되나, 水分處理의 경우와는 달리 供試線虫들 간에 차이를 보이고 있다. 지금까지 우리나라는 緯度上으로 보아 濟州道, 全羅南道地方을 제외하고는 *M. hapla*가 주로 서식하는 지대로 IMP에서 보고하고 있다.<sup>11)</sup> 우리나라 北部地方에 주로 분포하고 있는 人蔘圃場에서 檢出되고 있는 뿌리혹線虫이 주로 *M. hapla*인 사실<sup>3)</sup>은 IMP의 指摘과 일치하지만 慶北 中北部地方의 蔘圃場에서 *M. incognita*, *M. arenaria*가 광범하게 발견되는 사실<sup>8)</sup>은 IMP 보고와는 상이하다. 이 문제는 본 시험의 결과에 비추어 이들 線虫들이 복잡하면서 차츰 그 지역 溫度에 적응함으로써 溫度에 대한 Tolerance가 증가한 것으로 보인다. 各 供試線虫別로 Stock culture와 Selected culture를 비교해 보면 (Table 1), 모든 供試線虫들의 Gall index value는 Selected culture에서 2배 정도 높게 나타났으며, 各 供試線虫別로는 *M. hapla*가 4.1배, *M. incognita*가 2.7배, *M. arenaria*가 2.0배 정도로 *M. hapla*의 Gall index value가 가장 높아졌다. 이 사실은 *M. hapla*가 低溫에 대한 適應力이 가장 높고, 다음으로 *M. incognita*, *M. arenaria*의 순이라는 것은 의미한다. 이러한 현상은 다른 生物體에서도 인정되고 있으나,<sup>17)</sup> 이러한 適應性이 후대에 까지 遺傳되는가의 여부에 대하여는 아직 알려져 있지 않다.

우리나라에는 아직까지 뿌리혹線虫에 對한 피해가 심각한 것으로는 보고될바 없으나 본 시험

Table 1. Survival rate of *Meloidogyne* species when exposed twice to  $-2^{\circ}\text{C}$  (selected culture), compared to that of the stock culture<sup>a</sup>

Species	First exposure	Second exposure	Survival rate <sup>b</sup>	
			Stock culture <sup>a</sup>	Selected culture
<i>M. incognita</i>	24 hrs	6 hrs	10.2 %	27.8 %
<i>M. arenaria</i>	48	6	21.4	42.4
<i>M. hapla</i>	192	240	9.8	41.4

a. Eggs of the stock culture were exposed to the temperature only once for the same period as in the second exposure of the selected culture.

b: The rate was calculated on the basis of the total number of eggs survived the first treatment.

결과에 비추어 보면 그 가능성은 항상 존재하고 있음을 알 수 있으며 또한 이 결과는 뿌리혹線虫의 分布 및 防除方法의 기초자료가 될 것으로 사료된다.

### 結 論

뿌리혹線虫 *M. incognita*, *M. arenaria* 및 *M. hapla*를 Perineal patterns의 특징과 Differential host反應差異에 의하여 同定하고 극단적인 土壤의 水分 및 溫度에 대한 反應을 調査한 結果는 다음과 같다.

1. 供試된 뿌리혹線虫들은 4% 및 24% 습水量에서 거의 동일한 反應을 보였다.

2. 土壤溫度 33°C에서는 *M. incognita*의 生存率이 가장 높았고 *M. hapla*가 가장 낮았다. 土壤溫度 -2°C에서는 33°C와는 정반대되는 反應을 보였다. *M. arenaria*는 兩處理에서 모두 중간 정도의 反應을 보였다.

3. 供試線虫을 -2°C에서 처리하여 분리한 것을 -2°C에서 재처리하여, -2°C에서 1회 처리된 線虫들에 비하여 Tolerance가 모두 증가하였으며, 그 중 *M. hapla*의 Tolerance가 가장 높은 것으로 나타났다.

### 參 考 文 獻

1. Bergeson, G. B. *Nematologica* 4: 344 - 354. (1959).
2. Choi, Y. E. A taxonomical and morphological study of plant parasitic nematodes (Tylenchida) from Korea. p. 19 - 60. Ph. D Thesis, Univ. Gent, Belgium. (1974).
3. ——— A study of *Ginseng* parasitic nematodes. Thesis, Univ. Kyung p-

- ook, Korea. (1977).
4. Daulton, Roy A. C. & C. J. Nusbaum. *Nematologica* 8: 157 - 168. (1961).
5. ——— *Meloidogyne J-arenaria*. *Nematologica* 8: 157 - 168. (1962).
6. Godfrey, G. H. *Soil Sci.* 38: 3 - 27. (1934).
7. Milne, D. L. In *Economic Nematology*. J. M. Webster, ed p. 159 - 186. (1972).
8. Park, S. J. & Choi, Y. E. *Kor. J. Pl. Prot.* Vol. 15, No. 3 p. 133 - 136. (1976).
9. Peacock, F. C. *Nematologica* 2: 114 - 122. (1957).
10. Sasser, J. N. *OEPP/EPPO Bull.* No. 6: 41 - 48. (1972 a).
11. ——— *Jour. of Nematologica* 9: 26 - 29. (1977).
12. ——— *Biology, Identification and Control of root knot nematodes*. N. C. State. Uni. Graphics. p. 33 - 102. (1978).
13. Scholander, P. F., Fragg, W., Walters, V. & Irving, L. *Physiol Zool.* 26: 67 - 92. (1953).
14. Taylor, A. L., V. H. Dropkin, & G. O. Martin. *Phytopathology* 45: 26 - 34. (1955).
15. Thomason, I. J. & B. Lear. *Phytopathology* 51: 520 - 523. (1961).
16. Todd, F. A. Extension Research on Wheels N. C. Agr. Ext. Service, N. C. State University. Raleigh, N. C. Dec, 1976. Ag - 51. (1976).
17. Tyler, J. The root-knot nematode. *Circ. Calif. Agr. Expt. Stn.* 330 (Revised 1944) (1933).
18. Wallace, H. R. The biology of plant parasitic nematodes. St. Martin's Press, New York. p. 62 - 69. (1964).