

## 당근혹線虫이 고추와 토마토의 生育 및 收量에 미치는 影響

趙 賢 濟 · 韓 相 贊

### Effects of Root-knot Nematode, *Meloidogyne hapla*, on Growth and Yield of Pepper and Tomato

H.J. Cho and S.C. Han

#### ABSTRACT

Effects of the root-knot nematode, *Meloidogyne hapla*, on the growth and yields of hot-pepper (var.: Cheongyong gochu) and tomato (var.: Bogsu #2) were studied with inoculating 500, 2,500, 5,000, 7,500, 10,000 and 20,000 nematodes per plant in pots. Results were analyzed with comparing weight of fruits harvested throughout the season from both hot-pepper and tomato, and with mineral contents in dried stools and roots of pepper plant 20 weeks after the inoculation.

No significant difference was found on the plant growth at all levels of inoculation until the 8th week after the inoculation. However, the plant growth was significantly depressed from the 12th week in the pots inoculated with over 10,000 nematodes, and the yields were reduced by 16% in hot-pepper and 14% in tomato respectively when 10,000 nematodes were inoculated.

#### 緒 言

뿌리혹線虫은 1877年 브라질 Jobert에 의해 리오데 제이로 커피나무에서 처음 發見되었으며 Goeldi가 37년에 *Meloidogyne exigua*라 命名한 것으로 現在 塗種이 알려지고 있다.<sup>1)</sup> 우리 나라에 있어서는 1938 横尾<sup>6)</sup>에 의해 처음으로 報告되었고 *Meloidogyne pla*, *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* 등 4 이 分布하고 이 중 당근혹線虫, *M. hapla*, 이全體 50% 임이 밝혀졌다.<sup>4)</sup>

美國線虫學會<sup>1)</sup> 報告에 의하면 뿌리혹線虫으로 인하 고추와 토마토의 境遇 每年 15%의 減收를 가져 온 고 하며, Barker<sup>2)</sup> 등은 토마토 播種時 당근혹線虫이

土壤 500g當 25,000 마리어면 收量이 25% 程度 減收 된다고 하였으며, Olthof 등<sup>10)</sup>은 토마토에 당근혹線虫 을 낮은 密度로 接種하였을 때는 生育을 促進시켰으나 土壤 1kg當 6,120 마리와 27,950 마리를 接種하였을 때는 各各 10%와 40%의 減收를 招來하였다고 한다. 또한 Vrain<sup>17)</sup>은 당근혹線虫을 密度別로 당근에 接種 하여 試驗한 結果 地上部와 地下部 生育을 抑制하였고 地上部の Tolerance level은 地下部보다 높았다고 報告하였다.

Nasr<sup>9)</sup>, Shafiee<sup>14)</sup>, Bergeson<sup>3)</sup>, 등은 뿌리혹線虫, *M. incognita*,의 寄生으로 복숭아, 고추, 토마토에서 各各 N,P 등의 成分이 增加하였다고 하며, Hanonik<sup>5)</sup>는 *M. incognita*를 담배에 接種하여 16가지 아미노산 含量을 調査한 結果 健全株보다 28~149% 增加하였다고

한다.

朴<sup>12)</sup> 등은 고추의境遇 뿌리혹線虫 檢出圃場의 約 30%가 土壤 50g當 1,000마리 以上の 높은 密度를 나타냈다고 하며, 韓 等의 調査에 의하면 고추 主産園地에서 뿌리혹線虫의 圃場檢出率이 約 80%로 發生圃場이 많았고, 土壤 50g當 50마리 以上 檢出되는 圃場이 21%로 이들 圃場은 線虫의 被害가 많을 것이라고 하였다(1980, 農技研). 그러나 線虫의 密度에 따른 作物別 被害 程度에 關한 報告가 없으므로 本 試驗은 우리 나라에 많이 發生하는 당근혹線虫의 被害 程度와 經濟的 被害 水準을 決定하고자 實施하였다.

### 材料 및 方法

供試品種으로 고추는 청용고추, 토마토는 복수 2호를 使用하였고 4月 3日 나무상자에 播種하였으며 假植은 토마토 4月 25日, 고추 4月 27日에 하였다. 土壤(粘土 30%, 모래 60%, 堆肥 10%)은 Methyl bromide로 72時間 蒸氣 消毒하여 2週日間 蓋스를 發散시키고 포트에 채운후 5月 13日에 토마토, 5月 18日에 고추를 포트當 3株씩 定植하였다. 線虫 接種은 토마토에서 增殖시킨 卵囊을 蒐集 Vrain 方法으로 採集한 2期幼虫을 5月 18日부터 5月 26日까지 1株當 0, 500, 2,500, 5,000, 75,000, 10,000 및 20,000 마리씩 作物 周圍에 4方向으로 3cm 깊이에 接種하였으며 各 處理 6포트씩 하였다. 生育調査는 線虫接種 直後와 2, 4 및 8週後의 草長과 收穫後 地上部의 무게 및 뿌리의 무게를 測定하였으며 收量은 7月初부터 2~3日 間隔으로 成熟한 열매의 數와 무게를 測定하였고 線虫密度는 收穫後 土壤 100g 當의 線虫數를 Baermann's funnel 法으로 分離 調査하였다. 植物體의 無機成分 含量으로 T-N率은

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>로 濕式 分解後 Indophenol blue 反色 色法으로, 그 외 元素는 Ternary solution으로 分解後 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 Vanadate 法, SiO<sub>2</sub>는 灰化重量法, 나머지 K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, Fe, Mn, Cu, Zn은 原光分光分析法으로 測定하였다.

### 結果 및 考察

#### 1. 線虫 接種 水準과 고추 生育과의 關係

당근혹線虫 接種 水準에 따른 고추의 草長은 表 에서 보는 바와 같이 接種 直後인 5月 中旬부터 接種 個月 後인 7月 中旬까지는 별로 差異가 없었다. 그러나 收穫後 地上部의 무게는 '81年의 境遇 無接種 85.8g에 比하여 株當 2,500 마리區는 81.5g, 5,000 리區 78.7g, 10,000 마리區 75.9g 및 20,000 마리 74.0g으로서 生育이 各各 5%, 8.3%, 11.5%, 14 減退하였고 80年(表 2)에는 無接種區 39.9g에 比하여 5,000 마리區 26.5g, 10,000 마리區 26.4g, 20,000 리區 26.7g으로 各各 34% 程度 生育이 떨어졌다. 리의 境遇 無接種區 41.2g에 比하여 2,000 마리 35.9g, 5,000 마리區 34.9g, 10,000 마리區 32.9g으 各各 13.9%, 15.3% 및 20.2%의 生育이 低下되었나 '81年(表 1)에는 뿌리의 發育이 處理間에 差異 없었는데 이는 試驗을 遂行한 포트의 크기가 全體 植物體를 쏟아서 採取 할 수 있을 程度로 規格이 작 않았으므로 고추 뿌리를 포트에서 뽑는데 問題가 있 成績에서 除外시키는 것이 바람직하다.

地上部 生育(무게)에 影響을 미치는 당근혹線虫 初期 密度는 고추 1株當 2,500~5,000 마리였으며 리 發育에 影響을 주는 密度는 株當 500마리 程度로 線虫은 地上部보다 뿌리에 影響을 미쳤다(表 1, 2).

Table 1. Heights, weights of shoots and roots, and gall index of pepper plant inoculated with *M. hapla* at different levels (1981)

| Inoculum level<br>(nematodes/plant) | Height  |        |         |         | Wt. of<br>shoots | Wt. of<br>roots | Gall<br>index | No. of<br>nematodes<br>100g soil |
|-------------------------------------|---------|--------|---------|---------|------------------|-----------------|---------------|----------------------------------|
|                                     | May. 19 | Jun. 2 | Jun. 16 | Jul. 14 |                  |                 |               |                                  |
| 0                                   | 13.8    | 18.9   | 34.6    | 61.6    | 85.8             | 35.6            | 0             | 0                                |
| 500                                 | 13.5    | 18.4   | 32.9    | 63.0    | 84.1             | 29.3            | 20.0          | 62                               |
| 2,500                               | 14.2    | 18.7   | 33.6    | 62.8    | 81.5             | 32.2            | 37.5          | 179                              |
| 5,000                               | 15.2    | 19.7   | 34.9    | 64.3    | 78.7             | 35.9            | 40.6          | 300                              |
| 7,500                               | 14.4    | 19.3   | 35.6    | 62.4    | 79.6             | 33.6            | 62.5          | 364                              |
| 10,000                              | 14.6    | 19.2   | 34.8    | 62.4    | 75.9             | 33.2            | 65.0          | 337                              |
| 20,000                              | 14.5    | 19.1   | 33.9    | 62.0    | 74.0             | 31.6            | 80.0          | 391                              |
| L.S.D(0.5%)                         | N.S     | N.S    | N.S     | N.S     | 3.67             |                 |               |                                  |

**Table 2.** Weights of shoots and roots, yield, and gall index of pepper plant inoculated with *M. hapla* at different levels (1980)

| neculum level<br>(nematodes/plant) | Growth(g) |       | Yield<br>(g/plant) | Gall<br>index | No. of nematodes/<br>100g soil |
|------------------------------------|-----------|-------|--------------------|---------------|--------------------------------|
|                                    | Shoots    | Roots |                    |               |                                |
| 0                                  | 39.9      | 41.2  | 418.8              | 0             | 0                              |
| 40                                 | 36.5      | 38.9  | 403.2              | 25            | 71                             |
| 500                                | 37.3      | 34.5  | 381.4              | 20            | 388                            |
| 2,000                              | 33.0      | 35.9  | 375.8              | 55            | 564                            |
| 5,000                              | 26.5      | 34.9  | 333.8              | 80            | 1,263                          |
| 10,000                             | 26.4      | 32.9  | 214.2              | 85            | 1,504                          |
| 20,000                             | 26.7      | 33.2  | 219.2              | 100           | 1,544                          |
| L.S.D(5%)                          | 8.21      | 3.42  | 97.50              | —             | —                              |

**Table 3.** Effect of *M. hapla* at different inoculation levels on the yield of hot-pepper

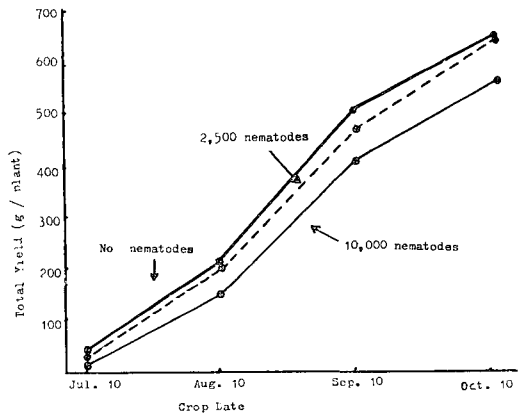
| Inoculum level<br>(nematodes/plant) | No. of fruits |         |         |         | Weight of fruits |         |         |         |
|-------------------------------------|---------------|---------|---------|---------|------------------|---------|---------|---------|
|                                     | Jul. 10       | Aug. 10 | Sep. 10 | Oct. 10 | Jul. 10          | Aug. 10 | Sep. 10 | Oct. 10 |
| 0                                   | 2.0           | 17.7    | 59.2    | 91.2    | 35.7             | 213.4   | 512.4   | 657.2   |
| 500                                 | 1.1           | 23.3    | 55.8    | 93.9    | 19.0             | 225.9   | 447.6   | 654.5   |
| 2,500                               | 1.6           | 19.9    | 57.2    | 93.5    | 26.5             | 204.1   | 472.9   | 656.6   |
| 5,000                               | 1.8           | 28.8    | 52.9    | 92.2    | 31.5             | 298.2   | 482.5   | 657.9   |
| 7,500                               | 1.9           | 23.5    | 53.6    | 88.9    | 25.1             | 226.5   | 448.2   | 631.4   |
| 10,000                              | 0.7           | 17.1    | 56.8    | 90.6    | 7.5              | 150.5   | 410.0   | 554.7   |
| 20,000                              | 1.6           | 18.0    | 50.7    | 92.4    | 24.9             | 177.8   | 391.0   | 552.5   |
| L.D.S(5%)                           | —             | —       | —       | N.S.    | —                | —       | —       | 58.37   |

Vrain<sup>16)</sup>, Slinger<sup>15)</sup> 등이 당근혹선충을 당근에 밀도로 접종하였을 때 생육을 억제하였고 특히 地下部에 영향을 주었다는 報告와 같은 傾向이다. 선충의 増殖은 初期 밀도가 높았을 때 보다는 낮았 때 増殖률이 높았으며 선충이 増殖할 수 있는 平衡度는 土壤 100g當 1,500마리 程度로서 Olthof<sup>10)</sup>의 壤 1kg當 6,300마리 보다 2倍 以上 높았는데 이는 土와 土壤 條件이 다른데서 起因한 것으로 생각한다.

**2. 線虫 接種 水準과 高추 收量과의 關係**

線虫 接種 水準에 따른 高추 收量은 表 3에서 보는 와 같이 과일 數의 累計는 無接種區 91個, 20,000마리 接種區 92個로 處理間에 差異가 없었으며 꽃고추의 무게는 500~7,500마리 接種區까지 無接種區와 差가 없었으나 10,000마리區 554.7g, 20,000마리區 2.5g으로 無接種區 657.2g에 比하여 各各 15.6%, 9% 減收되였다. 이와 같이 당근혹線虫이 高추의 리에 寄生하여도 열매數에는 影響을 주지 않으나 寄 密度가 높으면 열매의 肥大를 妨害하여 重量의 減

少를 가져온다. Barker<sup>22)</sup> 등이 토마토에 당근혹線虫을 接種하여 試驗한 結果 初期 密度가 높을 때는 10~25%의 減收를 가져온다고 하였으며 被害 限界 密度는 土壤 500g當 500~1,000마리라고 하였다. 또 Olthof<sup>10)</sup>



**Fig. 1.** Effect of different inoculum levels of *M. hapla* on the yield of pepper plant.

**Table 4.** Effect of *M. hapla* on mineral contents in dry matter of shoots and roots of pepper plant

| Pepper plant |           | Mimerals |                                    |                       |          |          |                       |           |           |           |           |
|--------------|-----------|----------|------------------------------------|-----------------------|----------|----------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|              |           | T-N<br>% | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>% | K <sub>2</sub> O<br>% | CaO<br>% | MgO<br>% | SiO <sub>2</sub><br>% | Fe<br>ppm | Mn<br>ppm | Cu<br>ppm | Zn<br>ppm |
| Shoots       | Unifested | 1.49     | 0.55                               | 2.86                  | 2.33     | 0.37     | 0.9                   | 204.7     | 94.0      | 9.0       | 58.0      |
|              | Infested  | 1.32     | 0.48                               | 2.59                  | 2.14     | 0.33     | 1.2                   | 167.0     | 86.0      | 8.7       | 44.3      |
| Roots        | Unifested | 1.97     | 0.38                               | 24.0                  | 0.69     | 0.37     | 15.9                  | 3,833     | 94.3      | 26.3      | 64.3      |
|              | Infested  | 2.13     | 0.39                               | 2.33                  | 0.89     | 0.25     | 16.4                  | 3,750     | 86.3      | 24.3      | 53.0      |

**Table 5.** Hights, weights and roots, and gall index of tomato plant with different numbers of *M. hapla*

| Inoculum level<br>(nematodes/plant) | Heights |        |         |         | Wt. of<br>shoots | Wt. of<br>roots | Gall<br>index | No. of<br>nematodes,<br>100g soil |
|-------------------------------------|---------|--------|---------|---------|------------------|-----------------|---------------|-----------------------------------|
|                                     | May. 19 | Jun. 2 | Jun. 16 | Jul. 14 |                  |                 |               |                                   |
| 0                                   | 13.3    | 26.6   | 60.9    | 108.6   | 203.3            | 23.6            | 8.0           | 0                                 |
| 500                                 | 13.7    | 28.4   | 61.5    | 104.8   | 209.8            | 25.2            | 38.3          | 230                               |
| 2,500                               | 14.3    | 27.2   | 61.5    | 106.8   | 206.8            | 27.6            | 53.3          | 397                               |
| 5,000                               | 13.9    | 27.7   | 61.3    | 106.9   | 207.3            | 27.3            | 65.0          | 308                               |
| 7,500                               | 14.3    | 27.0   | 62.0    | 105.4   | 198.8            | 25.6            | 65.0          | 298                               |
| 10,000                              | 14.1    | 26.8   | 61.3    | 106.7   | 178.3            | 29.2            | 93.3          | 252                               |
| 20,000                              | 14.2    | 26.1   | 62.1    | 105.2   | 165.8            | 30.4            | 96.7          | 262                               |
| L.S.D. (0.5%)                       | N.S.    | N.S.   | N.S.    | N.S.    | 17.43            | N.S.            | —             | —                                 |

는 토마토에 당근혹線虫을 土壤 1kg當 6,120마리 接種하고 試驗한 結果 總 收量이 10% 減收하였으나 線虫의 密度가 낮을 때는 오히려 生育이 促進되는 傾向으로 初期 密度가 重要하다고 報告하였는 데 本 試驗에 있어서도 線虫 多量 接種區에서는 收穫 初期부터 末期까지 繼續하여 그 收量이 無接種區에 비해 顯著하게 떨어졌다(그림 1).

### 3. 당근혹線虫과 植物體(고추)의 無機成分 濃度와의 關係

당근혹線虫이 無機成分에 미치는 影響은 表 4에서 보는 바와 같이 T-N 率은 地上部에서 無接種區 1.49%, 接種區 1.32%로 接種區가 若干 낮았으나 地下部를 보면 無接種區 1.97%, 接種區 2.13%로 接種區가 높았고, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 地上部の 無接種區에서 0.55%, 接種區 0.48%로 接種區가 조금 낮았고 地下部는 그렇지 못하여 線虫寄生이 地上部보다 地下部に N,P의 含量을 높혀 주는 傾向이었다. 이것은 Owens<sup>13)</sup>, Shafiee<sup>14)</sup>, Hunter<sup>7)</sup>, Nasr<sup>9)</sup> 등이 報告한 *M. incognita*의 오이, 고추, 토마토, 복숭아에 대한 것과 各各 비슷한 傾向이다. K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, Mn, Zn은 接種區와 無接種區에 큰 差異가 없어 Nasr<sup>9)</sup>, Owens<sup>13)</sup>, Walker<sup>18)</sup> 등의 報告와 같고 Fe는 地上部 無接種區 204.7ppm, 接種區

167.0ppm 이고 地下部 無接種區 3,833ppm, 接種區 3,750ppm으로 線虫 接種이 Fe 吸收를 低下 시켰는데 이것은 Hunter<sup>7)</sup>, Nasr<sup>9)</sup> 등이 報告한 *M. incognita*를 토마토, 복숭아에 接種시켜 Fe를 減少시켰다는 것과 같다.

여기서 接種區와 無接種區의 P/N이나 K/N 등의 比率이 비슷하여 植物體 營養의 不均衡을 가져 왔다고 할 수 없으나 本 調査는 生育 後期에 이루어졌기 때문에 生育期의 營養 不均衡을 알기에는 未洽하며, 뿌리의 境遇 線虫을 接種하게 되면 뿌리혹속의 酵素 活力이 떨어져 그 刺戟으로 아미노산, 단백질, 핵산, N, P, 등의 各種 成分이 集積<sup>7,10)</sup>되기 때문에 뿌리혹과 植物體를 分離하여 調査하는 것이 바람직하다고 생각된다.

### 4. 線虫 接種 水準과 토마토 生育과의 關係

당근혹線虫의 接種 水準과 토마토 生育과의 關係는 表 5에서와 같이 5月 中旬에서 7月 中旬까지는 草長에 큰 差異가 없었으나 收穫時 地上部の 무게는 無接種區가 203.3g인데 比하여 500, 2,500, 5,000마리 接種區에서 各各 209.8g, 206.8g, 207.3g으로 若干 높은 傾向이지만 큰 差異가 없었고 10,000마리 接種區에서 178.3g, 20,000마리 接種區에서 165.8g으로 10,000마리

**Table 6.** Effect of *M. hapla* at different inoculation levels on the yield of tomato

| neculum level<br>(nematodes/plant) | Number of fruits |         |         |         | Weight of fruits |         |         |         |
|------------------------------------|------------------|---------|---------|---------|------------------|---------|---------|---------|
|                                    | Jul. 1           | Jul. 15 | Jul. 30 | Aug. 15 | Jul. 1           | Jul. 15 | Jul. 30 | Aug. 15 |
| 0                                  | 0.5              | 1.5     | 5.9     | 12.1    | 23.3             | 85.3    | 665.1   | 1268.9  |
| 500                                | 0.9              | 2.0     | 5.8     | 12.0    | 74.6             | 136.4   | 601.8   | 1184.9  |
| 2,500                              | 0.8              | 2.0     | 6.0     | 12.0    | 57.6             | 122.8   | 609.6   | 1142.1  |
| 5,000                              | 0.4              | 1.9     | 5.9     | 12.1    | 25.6             | 95.6    | 533.1   | 1170.5  |
| 7,500                              | 0.2              | 1.9     | 5.4     | 11.3    | 10.9             | 88.9    | 508.2   | 1223.4  |
| 10,000                             | 0.3              | 1.4     | 4.8     | 11.0    | 26.1             | 111.3   | 545.5   | 1085.5  |
| 20,000                             | 0.3              | 0.8     | 5.4     | 10.9    | 13.1             | 54.7    | 597.1   | 928.4   |
| L.S.D.(5%)                         | —                | —       | —       | N.S     | —                | —       | —       | 59.64   |

接種區에서 부터 그 差異를 나타내 各各 12.3%, 4%의 生育이 低下되었다. 이것은 線虫의 密度가 올 때는 生育을 促進하고 높을 때는 抑制한다는 Hof<sup>10)</sup>의 理論과 一致하기도 한다. 그런데 뿌리 무는 無接種區에 比하여 線虫 接種 水準이 높아질수록 加하는 傾向은 있었으나 큰 差異를 찾아 볼 수 없는 이것은 大形 꽃트에서 뿌리 採取時 無接種區에서 虫 障碍를 받지 않고 길게 뻗은 뿌리는 作業上 어렵으로 모두 떨어져 나가기 때문에 이 成績은 除外하 것이 좋다고 생각된다. 根瘤指數는 線虫 接種 水準 높아짐에 따라 500마리 接種區 38.3에서 20,000마리 接種區 96.7까지 높아졌으나 線虫數는 큰 差異가 있는데 이것은 初期에 侵入한 線虫이 根瘤를 形成하고 差異를 나타냈고 後期에는 線虫數가 비슷해짐으로 보아 線虫 密度가 낮아져서 增殖率이 높아짐을 알 수 있다.

**5. 線虫 接種 水準과 토마토 收量과의 關係**

線虫 接種 水準에 따른 토마토의 收量은 表 6에서

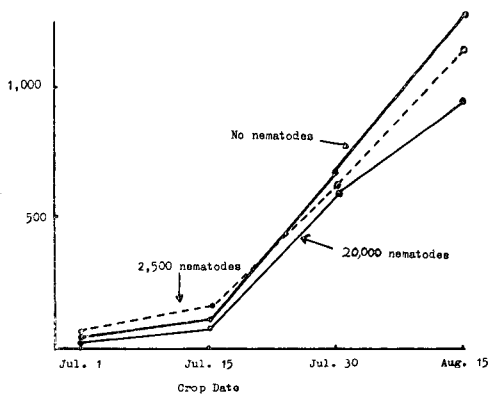
보는 바와 같이 열매 갯수의 累計는 無接種區 12.1個, 20,000마리 接種區 10.9個로 處理間 差異가 없었으며 토마토 總 重量은 線虫 500, 2,500, 5,000, 7,500마리까지는 接種 水準間에 큰 差異가 없다가 線虫 10,000, 20,000마리 區에서 各各 1085.4g, 928.4g으로 無接種區 1268.9g에 比하여 14.5%, 26.9%씩 減收하였다. 이와 같이 당근혹線虫이 토마토의 열매수에는 큰 影響을 주지 못하고 肥大生長과 關係가 깊다는 것을 알 수 있다.

線虫接種 水準에 따른 時期別 토마토 收穫량을 보면 그림 2에서와 같이 線虫을 少量 接種한 區(2,500마리 接種區)에서는 無接種區에 比하여 初期인 7月 中旬까지는 若干 높은 收穫을 할 수 있었는데 이것은 Othof<sup>10)</sup> 등이 主張한 線虫이 密度가 낮을 때 收量이 많았다는 것과 같으며 이것을 고추(그림 1)에서 보면 線虫 接種 水準이 낮을 때 促進效果가 나타나지 않았는데 그 原因은 作物의 特性 즉 토마토가 고추보다 不定根 發根力 등이 높음에 起因되는 것으로 생각된다. 그러나 高密度 接種區(20,000마리 接種區)는 고추에서와 같이 初期부터 繼續 收穫이 낮았다.

**摘 要**

당근혹線虫의 被害 程度와 經濟的 被害 水準을 決定하고자 꽃트 試驗으로 實施한 結果 線虫 接種 8週後까지는 고추, 토마토 모두 生育에 差異가 없었으나 12週 以後 株當 10,000마리 以上 接種區에서는 顯著하게 떨어졌고 低密度 接種일때 生長 促進 效果는 作物에 따라 差異가 있었다.

線虫 接種 密度와 고추, 토마토 收量과의 關係는 株當 7,500마리 以下 接種에서는 無處理와 差異가 없었으나 10,000마리 以上에서는 고추 15%, 토마토 14% 以上 減收되었다.



**Fig. 2.** Effect of different inoculum levels of *M. hapla* on the yield of tomato plant.

## 引用文獻

1. Anonymous, 1971. Estimated crop losses due to plant parasitic nematodes in the United States. Suppl. J. Nematol. Special Public. No. 1.
2. Barker, K.R., P.B. Shoemaker and L.A. Nelson. 1976. Relationships of initial population densities of *Meloidogyne incognita* and *M. hapla* to yield of tomato. J. Nematol. 8(3) : 232-239.
3. Bergeson, G.B. 1966. Mobilization of minerals to the infection site of root-knot nematodes. Phytopathology 56 : 1287-1289.
4. Choi, Y.E. & H.Y. Choo. 1978. A study on root-knot nematodes affecting economic crops in Korea. Korean J. Plant Prot. 17(2) : 89-98.
5. Hanounik, S.B. and W.W. Osborne. 1975. Influence of *Meloidogyne incognita* on the content of amino acids and nicotine in tobacco grown under gnotobiotic conditions. J. Nematol. 7(4) : 332-336.
6. 横尾多美男, 1938. 朝鮮水原의 土壤線虫 垂直分布 및 委節의 消長, 朝鮮總督府 農事試驗場彙報 9(4) : 422-430.
7. Hunter, A.H. 1958. Nutrient absorption and translocation of phosphorus as influenced by the root-knot nematode. Soil Sci. 86 : 246-250.
8. Krystyna M.C. and J.S. Knypl. 1975. Decreased phenylalanine aminolyase and ribonuclease activity in side roots of carrot infested with the northern root-knot nematode. Nematologica 21 : 129-133.
9. Nasr, T.A., I.K.A. Ibrahim, E.M. Elazab and M.W.A. Hassan. 1980. Effect of root-knot nematodes on the mineral, amino acid and carbohydrate concentrations of almond and peach rootstocks. Nematologica 26 : 325-328.
10. Olthof, Th. H.A. & J.W. Potter. 1977. Effect of population densities of *Meloidogyne hapla* on growth and yield of tomato. J. Nematol. 9(4) : 296-300.
11. Owens, R.C. and H.M. Novotny. 1960. Physiological and biochemical studies on nematode galls. Phytopathology 50 : 650 (Abstr.)
12. Park, J.S., S.C. Han. & C.L. Han 1967. Survey on the plant parasitic nematodes in Korea. Res. Rep. ORD. 10(3) : 71-80.
13. Sasser, J.N. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes. N.C. State Univ. Gapphics: 1-2.
14. Shafiee, M.F. and W.R. Jenkins. 1963. Host-parasite relationships of *Capsicum frutescens* and *Pratylenchus penetrans*, *Meloidogyne incognita*, and *M. hapla*. Phytopathology 53 : 325-328.
15. Slinger, L.A. & G.W. Bird 1977. Growth and development of carrot in the presences of *Meloidogyne hapla*. J. Nematol. 9(4) : 284.
16. Vrain, T.C. 1977. A technique for the collection of larvae of *Meloidogyne* spp. and comparison of eggs and larvae inocula. J. Nematol. 9 : 249-251.
17. ————. 1982. Relationship between *Meloidogyne hapla* density and damage to carrots in organic soils. J. Nematol. 14(1) : 50-56.
18. Walker, G.E. and H.R. Wallace. 1975. The influence of root-knot nematode and tobacco ringspot virus on the growth and mineral content of french beans. Nematologica 21 : 455-462.