

博士學位論文

太陽熱 消毒에 의한 菜蔬의 土壤病害 防除



제주대학교 중앙도서관  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

110.353

濟州大學校 大學院

園藝學科

秦 石 天

2000 年 12 月

# 太陽熱 消毒에 의한 菜蔬의 土壤病害 防除

指導教授 張 田 益

秦 石 天

이 論文을 農學博士 學位 論文으로 提出함

2000 年 12 月

秦石天의 農學博士 學位 論文을 認准함

審査委員長 \_\_\_\_\_ 博士  
委 員 \_\_\_\_\_ 博士  
委 員 \_\_\_\_\_ 博士  
委 員 \_\_\_\_\_ 博士  
委 員 \_\_\_\_\_ 博士

濟州大學校 大學院

2000 年 12 月

# **Control of Soil-borne Diseases in Vegetable by Soil Solar Sterilization**

**Seok-Cheon Chin**

**(Supervised by Professor Chang, Jeun-Ik)**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF  
AGRICULTURE**

**DEPARTMENT OF HORTICULTURE  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY**

**2000. 12**

# 目 次

|   |    |
|---|----|
| Summary .....                               | 1  |
| I. 緒 論 .....                                | 4  |
| II. 研究史 .....                               | 9  |
| III. 材料 및 方法 .....                          | 19 |
| IV. 結果 및 考察 .....                           | 28 |
| 試驗 1. 太陽熱 消毒에 의한 양배추시들음병 防除 效果 .....        | 28 |
| 가. P.E. 필름 멀칭에 의한 양배추시들음병 太陽熱 土壤消毒 效果 ..... | 28 |
| 나. 太陽熱 消毒에 의한 양배추시들음병 防除 效果 .....           | 46 |
| 다. 拮抗微生物 處理에 의한 양배추시들음병 防除 效果 .....         | 53 |
| 라. 太陽熱 消毒과 施肥水準이 양배추시들음병 發生에 미치는 影響 .....   | 56 |
| 試驗 2. 太陽熱 消毒에 의한 감자더덩이병 防除 效果 .....         | 57 |
| 試驗 3. 太陽熱 消毒에 의한 양과모잘록병 防除 效果 .....         | 60 |
| V. 綜合考察 .....                               | 64 |
| VI. 摘 要 .....                               | 79 |
| VII. 引用文獻 .....                             | 81 |

# 太陽熱 消毒에 의한 菜蔬의 土壤病害 防除

秦 石 天

(濟州大學校 大學院)

## Control of Soil-borne Diseases in Vegetable by Soil Solar Sterilization

Seok-Cheon Chin

(Graduate School, Cheju National University)

### S u m m a r y

This study was conducted to evaluate the efficacy of soil solarization, alone and combined with various treatments for the control of soil-borne diseases of cabbage, potato, and onion at Cheju from 1998~1999.

The results obtained are summarized as follows :

1. The average of maximum soil temperature at the 10cm depth under soil surface from Aug. 4 to Sept. 3, 1998 were 6.5°C higher under polyethylene(P.E.) film mulch compared with 35.4°C of control. The maximum soil temperatures of above 40°C at the 10cm depth were recorded for 23 days in the P.E. film mulch.

2. When cabbage was grown in the soil inoculated with the pathogen after the inoculated soil was incubated for 1, 3, 5 and 7 days at 45°C, *Fusarium oxysporum* wilt was not observed for cabbage grown in the soil incubated for more than 3 days.

3. The density of *F. oxysporum* was decreased in the soil under P.E. film mulch which had the highest soil temperature.

4. *Pseudomonas* sp. and *Bacillus* sp. antagonists that show antifungal activity to were *F. oxysporum* in petri dish assays were isolated. The growth temperature of *Bacillus* sp. was higher than that of *F. oxysporum*.

5. The infection rate of *F. oxysporum* wilt of cabbages grown after the treatment of disinfectant dazomet+P.E. film mulch, was lowest, followed by manure+P.E. film mulch, and alone P.E. film mulch.

6. The infection rate of the potato common scab was decreased by soil solar sterilization.

7. The infection rate of the onion damping off was decreased by soil solar sterilization.



# I. 緒 論

우리 나라의 菜蔬栽培는 한정된 耕地面積 때문에 불가피하게 連作을 하고 있는 경우가 많아서 各種 土壤 傳染病 被害로 生産量 減少 및 品質 低下 등 여러 가지 問題點이 發生하고 있다.

지금까지 土壤傳染性 병해충의 防除 手段(駒田, 1989)으로 土壤消毒藥劑를 주로 사용하여 왔으나 그 처리 방법이 까다롭고 藥效가 持續되지 못하는 점 때문에 忌避하고 있는 실정이며 또한 環境汚染에 대한 負擔이 클 뿐만 아니라 農藥使用에 따른 栽培者의 건강에 미치는 影響도 우려되므로 物理的 防除, 耕種的 防除, 抵抗性 品種의 이용 등 여러 가지 方法을 이용한 綜合的인 防除 體系를 갖추는 것이 시급한 課題라 생각된다(成田, 1983; 西尾, 1985; 庄子, 1993).

太陽熱을 이용한 土壤消毒法(Elad 등, 1980; 福井 등, 1981; Grinstein 등, 1979; Hirano 등, 1996; Moorman, 1982; Springer와 Johnston, 1982; 山口 등, 1987)은 休閑期에 비닐 필름 멀칭을 하여 自然的인 太陽熱에 의해 높은 地溫을 維持함으로써 土壤病害蟲을 죽이거나 活動 能力을 鈍化시키고 아울러 除草 效果도 얻는 方法이다.

作物에 寄生하는 病原菌이나 害蟲은 수많은 土壤微生物 중에서 耐熱性이 약한 편으로 그다지 높지 않은 온도에서 死滅하는 것이 많고 유익한 拮抗微生物은 보다 높은 온도에서도 잘 견디는 것으로 알려져 있다(小玉 등, 1980; Olson과 Baker, 1967). 土壤薰煙劑나 蒸氣消毒이 短期間에 卽效的이고 非選擇的으로 모든 土壤微生物을 죽여버리는데 비하여 太陽熱을 이용한 이 方法은 溫度와 生物的 效果의 結合에 의하여 해로운 病害蟲만을 選擇的으로 死滅시켜 남아있는 土壤微生物의 拮抗作用 등에 따라 2次汚染의 危險性도 줄일 수 있을 것으로



기대된다(小玉 등, 1980; 清水 등, 1987).

제주도는 북위 33° 06' ~ 34° 00'에 위치한 暖帶性 海洋性 氣候帶에 속하며 4계절의 變化가 뚜렷하고, 겨울철 露地 新鮮菜蔬 栽培에 알맞은 地域的 特性을 지니고 있다(濟州道農業技術院, 1998).

여름철에 育苗하여 定植하는 作型이 一般化되어 있고 菜蔬에 따라 地域別로 形成된 主產地에서 오랜 기간 동안 계속 栽培되었기 때문에 連作 障害가 蔓延되어 막대한 피해를 주고 있으며 최근에는 토양병의 피해가 점점 늘어나고 있는 추세이다. 그 중에서 문제가 되고 있는 감자 더듬이병(瘡痂病)이나 양배추 시들음병(萎黃病) 등은 登錄된 農藥이 없을 뿐만 아니라 효과적인 防除 對策도 없어서 栽培農家가 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다. 재배농가에서는 防除 對策으로 다른 作物에 登錄되어 있는 土壤消毒劑를 撒布하고 있지만 사용횟수가 거듭될수록 效果가 떨어지고 農藥 값이 負擔이 될 뿐만 아니라 栽培者의 건강 및 自然 環境에도 나쁜 影響을 미칠 수 있으므로 앞으로 계속 이용하기가 곤란한 方法으로 예측된다.

太陽熱을 이용한 土壤消毒 方法은 주로 外國에서 많이 이루어지고 있는데 露地 보다는 비닐하우스에서 連作障害로 인한 病害 發生을 抑制할 目的으로 進行되어 왔으며 그 特徵은 自然 에너지를 活用한 消毒으로서 作業이 간단하여 어떤 特定의 器具들을 필요로 하지 않고, 安全하며 費用이 低廉할 뿐만 아니라 有機物 施用과 土壤 消毒이 동시에 可能하다는 점이다. 그리고 작물에 해가 없는 耐熱性的 有用微生物을 남길 수 있으므로 土壤病原菌의 再汚染 우려도 없으며, 二次的인 效果로서 殺草效果가 있으므로 除草 노력이 節減되고, 生育이 促進되는 效果도 있다(宮本과 小玉, 1995). 이 處理의 短點이라면 여름철의 氣象條件에 따라 適用地域이 制限되며, 土壤消毒 效果에 차이가 나타날 수 있어서 실시지역의 기상조건에 따라서 處理 時期, 기간 등을 고려하여야 하며, 또 病害蟲의 종류에 따라서도 그 棲息範圍나 耐熱성에 차이가 있으므로 보다 높은 效果를 얻기

위해서는 輪作, 抵抗性 品種 및 拮抗微生物의 이용 등 綜合的인 防除 對策을 講究할 必要가 있다.

우리 나라에 양배추가 導入된 것은 유럽, 미국 등지와 交易이 이루어진 이후에 비롯된 것으로 그 역사가 길지 못하며 배추와 같은 것이 西洋에서 들어왔다는 意味로 양배추라고 불려지기 시작한 것으로 알려지고 있다(李, 1994).

제주도의 양배추 栽培面積은 1999년 925ha에서 46,959톤(農林統計年報, 1999)이 生産되어, 生産額 113억 원으로 제주도 農産物 生産액 순위 9위(濟州道農業技術院, 1998)를 차지하고 있으며 특히 북제주군은 全國 最高의 主産地를 形成하고 있다.

양배추는 서늘한 氣候를 좋아하는 好冷性 菜蔬지만 배추보다 高溫과 低溫에 잘 견딘다. 따라서 여름 栽培가 가능하며 겨울동안 露地에서 越冬도 가능하며(農村振興廳, 1996) 제주도에서는 겨울철 新鮮菜蔬로서 栽培가 이루어지고 있지만 시들음병을 비롯한 土壤病害에 대한 對策은 매우 미흡한 실정이다(高, 1998; 文, 1998).

이웃 日本에서는 1952년에 처음 양배추 시들음병이 發見되었는데 1967년 무렵부터는 日本의 모든 지역에서 발생하게 되어 여름 收穫과 여름 播種 栽培地에서 심각한 問題點으로 대두되었다고 한다(全國農村教育協會, 1979).

제주지역에서 주로 栽培되고 있는 양배추 品種인 '晚秋理想'과 '四季穫'은 시들음병에 매우 약한 것으로 알려져 있다(高, 1998; 송 등, 1996).

양배추 시들음병의 原因菌으로 알려진 *Fusarium oxysporum*은 眞菌界의 不完全菌에 속하며 小型 分生胞子와 大型 分生胞子, 그리고 내구체인 厚膜胞子를 형성하며 病原菌은 병든 植物體의 組織이나 土壤 속에서 菌絲와 厚膜胞子の 형태로 越冬한다(Snyder와 Hansen, 1940). 보통 土壤 중에 널리 分布하며 주로 흙의 粒子에 묻어 農器具나 사람 등에 의해 먼 거리로 이동되기도 하는 것으로 알려져 있다. *Fusarium oxysporum*에 의해 被害를 받는 作物로는

가지, 고추, 배추, 양배추, 상추, 파슬리, 아스파라거스, 마늘, 부추, 양파, 파, 꽃양배추, 오이, 딸기, 토마토, 참외, 수박, 무, 시금치 등 매우 많이 알려져 있다(Armstrong과 Armstrong, 1966; Baxter 등, 1977; 駒田, 1979; 韓國植物保護協會, 1986; Krupa와 Dommergues, 1979; Matuo 등, 1980; 望月와 山川, 1988; 森田와 栗山, 1973; 新村, 1997; 野村와 木曾, 1996; 申, 1983; Winks와 Williams, 1965).

제주도의 감자 栽培面積은 1999년 6,308ha로 年間 약 1,000억 원 이상의 農家 粗收入을 올리는 主要作物이다. 제주지역의 감자재배는 여름에 播種하여 그 해 겨울에서 이듬해 봄까지 收穫할 수 있는 가을감자 作型이 60%를 차지하고 있으며 감자재배로 높은 所得을 올릴 수 있게 됨에 따라 農家에서는 連作 栽培를 하게되어 감자 主産地인 남제주군 대정 지역의 경우 가을감자를 栽培할 때 더덩이병의 發病率이 50%가 넘고 있어 감자의 商品率이 크게 떨어지고 있다 (洪 등, 1996).

감자 더덩이병의 病徵은 塊莖 表面에 코르크 形態로 움푹 패인 症狀과 表面보다 약간 튀어난 症狀, 表面에 얇게 形成되는 症狀 등이 있으며 病原菌은 대부분 *Streptomyces scabies*에 의한 것으로 알려져 있다(Lambert와 Loria, 1989). 감자 表面에 發生하는 더덩이병은 收量과는 전혀 關係가 없는 것으로 알려져 있지만(洪, 1998) 더덩이병에 걸린 감자 塊莖은 商品價値가 떨어져 市場出荷가 곤란하므로 대부분 澱粉 加工用으로 出荷하고 있다. 이러한 경우 價格은 市場出荷 價格의 1/8에 불과하며 아직까지 더덩이병의 뚜렷한 防除方法을 確立하지 못하고 있다.

제주도의 양파 栽培面積은 1999년 797ha이며 生産量은 47,931톤으로 조수익 124억 원을 차지하는 8위의 主要 所得 作物이다. 栽培面積과 生産量은 대체로 2~3년을 週期로 登락을 되풀이하면서 계속 增加하고 있는 추세이며 양파는 보통 3~4월에 品貴 현상을 나타내는데 이 시기에 出荷하기 위하여

제주지역에서 8월 하순~9월 初旬에 播種하여 4~5월에 收穫하는 가을재배가 많이 이루어지고 있다(제주도, 2000).

제주지방에서는 양파의 育苗를 露地에서 밭 이랑을 整地하여 주로 散播를 하는데 育苗 중에 양파 모잘록병에 의한 被害가 크다. 양파의 모잘록병에 대해서는 아직까지 品目 登錄된 適用藥劑가 없으며 이 病에는 *Rhizoctonia* spp. 및 *Fusarium* spp. 등 몇 가지 病原菌이 關與하고 있는 것으로 알려져 있다 (Carling 등, 1987; 農業科學技術院, 1995).

우리 나라의 경우 菜蔬의 土壤病害는 連作地에서 주로 發生하는 것으로 알려져 있는데 다른 作物에 登錄되어 있는 土壤消毒劑를 處理하는 防除 方法에 依存하고 있으나 農藥에 의한 防除는 費用이 많이 들며 環境에 해로운 影響을 미칠 뿐만 아니라 藥劑處理의 效果도 사용횟수가 늘어날수록 점차 떨어지는 短點을 가지고 있다. 그 이외의 방제 방법으로는 播種期의 調節, 輪作, 抵抗性 品種의 이용 등과 같은 방법을 고려해 볼 수 있으나 어느 한가지 防除 方法에만 依存하는 것은 限界가 있으므로 여름철 休閑期에 太陽熱을 이용한 土壤消毒法을 中心으로 여러 가지 防除法를 複合 處理하는 것이 效果的이며 확실한 防除 手段이 될 것으로 생각되어 太陽熱을 이용한 土壤消毒 防除法의 確立으로 여러 가지 土壤病害의 致命的인 被害를 줄여 菜蔬栽培 地域에 있어서 生産의 安定化를 기하는데 이바지하고자 양배추 시들음병, 감자 더덩이병, 양파 모잘록병을 대상으로 본 試驗을 實施하였다.

## II. 研究史

菜蔬栽培는 連作을 하는 境遇가 많은데 最近에는 土壤病害가 增加하여 安定的인 生産에 많은 影響을 미치고 있다. 土壤病害에 대한 對策으로는 抵抗性 品種의 利用, 栽培 作型의 調節 등 耕種的 防除法과 취화메틸, PCNB, 클로르피클린 등 藥劑에 의한 土壤消毒이 행해지고 있다. 그러나 耕種的 防除法은 卽效性이 不足하고, 藥劑에 의한 土壤消毒은 土壤 殘留 問題와 毒性 및 經濟性에도 問題가 있으며 防除 效果도 充分하다고 말할 수 없다(猪坂, 1985).

孫工(1984)은 土壤病害가 많이 발생하는 原因을 農業的인 背景으로써 有機質 肥料 없이 化學肥料 偏重 栽培, 適期 適作을 無視한 異常 栽培型의 導入, 재배에 따른 環境衛生의 미흡, 農약의 過剩使用 때문이라고 하였으며, 또 社會的 側面으로써 產地制度에 따른 單一 作物의 廣域 連作, 兼業農家의 增加에 따른 栽培 管理 未洽, 自然을 무시한 市場이나 流通 층의 一般적 支配 및 소비자 嗜好에 맞추기 위한 商品均一化와 品質 偏重 등이라고 하였다.

梁(1999)은 토양병해는 土壤環境과 매우 밀접하게 關連하여 발생한다고 하였으며, 松口(1986)는 대부분의 토양병해가 作物의 營養條件, 環境條件, 病原菌 3요인이 합쳐진 복합 작용에 따라 발생하는데, 作物의 營養조건, 分泌 作用이나 토양 및 根圈의 환경조건에 따라 병원균의 종류나 發病程度가 달라진다고 하였다(脇部 등, 1986, 1988). Olsen과 Baker(1967)와 Pulman 등(1981)은 캘리포니아에서, Grinstein 등(1979)과 Elad 등(1980), Katan 등(1983)은 이스라엘에서 따듯한 氣候를 利用하여 露地에서 폴리에틸렌 필름 被覆으로 여러 가지 土壤病害를 有效하게 방제하였다고 보고하였으며, 日本에서 태양열을 利用한 토양소독 방법은 1982년에 日本 農林水産省 농업연구센터가

중심이 되어 각 縣에서 實證試驗이 행해졌는데, 주요 토양병해 및 線蟲의 防除 등에 效果가 매우 큰 것으로 확인되어(脇部 등, 1986), 병해충 綜合防除에 포함시킬 수 있는 有望한 방법으로 생각된다고 하였다(山本, 1987).

熱을 이용한 植物病害의 방제 시도는 지금까지 주로 種子消毒을 目的으로 한 高溫에서, 短期間 處理하는 방법이었고(國安과 中村, 1978), 토양소독에 있어서도 100℃, 30分 등 高溫 水蒸氣에 의한 消毒法이나 60℃ 전후의 高溫蒸氣消毒 등이 보고되어 있다(Olsen과 Baker, 1967).

Kodama와 Fukui(1982a)는 하우스 密閉 處理에 의한 토양소독은 日射 에너지와 하우스의 保溫性 및 물을 이용한 방법으로 매우 經濟的이며 安全性이 높은 方法이라고 하였으며, 또한 有害微生物을 選擇적으로 死滅시키고 유익한 미생물을 살리기 때문에 소독 후의 再汚染 憂慮가 적다고 하였다.

志賀와 宮川(1970), 宮川와 志賀(1974)는 여름철 온실의 保溫性을 이용하여 토양소독을 할 수 있을 것으로 示唆하였으며, Katan 등(1976)은 이스라엘에서 地表面 폴리에틸렌 필름 被覆에 의한 토마토 萎縮病 등의 방제 효과에 대하여 報告한 바 있다.

토양소독 有效溫度의 범위는 지하 5cm에서 45℃ 以上되는 시간이 1일 평균 3.9시간, 40℃ 以上은 9시간이었고, 지하 10cm에서 40℃ 以上은 7.2시간으로 되어 지하 15cm, 20cm에서 40℃ 以上 되는 것이 바람직하다고 하였다(福井 등, 1981).

梁(1999)은 連作 圃場에서 Fusarium 병 발생이 많았던 이유는 토양병원균의 증가와 함께 토양이 物理化學적으로 惡化되었기 때문이고 병원균의 密度 增加는 連作으로 인한 寄主植物의 殘滓가 계속 토양에 蓄積됨에 따라 병원균이 增殖 되었기 때문이라 보고한 바 있다.

小玉 등(1976)도 한여름에 密閉된 온실 내의 溫度는 반복되는 日變化의 差異로 차차 온도가 上昇하고, 이 때 地表面의 온도는 直射光을 받기 때문에

짧은 시간에 70℃ 以上 高溫이 되며, 한편 地中은 깊이에 따라 溫度 日較差가 적어진다고 하였다.

太陽熱 消毒은 外國에서 주로 施設栽培의 連作障害를 줄이기 위한 목적으로 수행되고 있는데, 비닐하우스를 密閉시키고 地面을 폴리에틸렌 필름 등으로 멀칭하여 地溫을 上昇시켜 土壤內 病原菌을 死滅시키려는 방법이다(宮本와 小玉, 1995).

佐山(1997)는 식물 병원균은 다른 미생물에 비해 耐熱性이 낮기 때문에 태양열 소독은 여러 가지 토양병해 방제에 有效性이 認定되었다고 보고하였으며, 小玉 등(1979)도 여름철 시설재배 休閑期에 태양열과 하우스 密閉처리, 플라스틱제 필름에 의한 地表面 被覆 및 湛水處理에 의해 토양소독의 實用性을 연구하였는데, 딸기 위황병균을 死滅시키는데 필요한 온도와 기간은 液體培養菌의 경우 45℃에서 24시간, 罹病株에서는 3일간, 토양에서는 6일간 恒溫處理하였을 때 檢出되지 않아 딸기 위황병 방제에 효과가 크다고 하였다.

Hirano 등(1996)은 태양열 토양소독 처리기간 중 하우스 내 최고 온도가 58.4℃일 때 토양 깊이 5cm에서는 46.3℃, 깊이 30cm에서는 39.9℃까지 상승하였고, 40℃ 이상 지속된 시간은 깊이 5cm에서 305시간, 깊이 15cm에서 329시간이었으며, 깊이 30cm에서는 39℃ 이상 지속시간이 200시간이 되어 토양 중에 있는 疫病菌을 死滅시키는데 높은 온도가 기여하였다고 보고하였고 山本(1987)는 장마기부터 8월 상순의 경우에 가장 유효한 태양열을 이용할 수 있는 시기라면 처리기간은 10~15일로 충분하다고 하였다. 그런데 식물병원균의 死滅에 요하는 온도 구명 실험에서 처리시간을 5~10분간 정도로 짧게 하였던 이유를 온실 密閉에 의한 土壤消毒에는 45℃ 정도의 온도에서도 장시간을 처리하면 충분한 살균효과를 얻을 수 있으며 온실재배에서 많이 발생하는 토양 전염성 병원균에 대한 온도와 시간과의 관계를 조사한 바 液體培養菌, 罹病株, 病土 순으로 45℃ 정도의 온도에서 그 효과가 높게 나타났다고 하였다. 특히

병원균 器官別로는 菌絲, 分生胞자가 40~45℃ 정도의 온도에서 死滅하는데 비하여 厚膜胞자는 長期間을 필요로 하였으며, 密閉된 온실에서는 45℃ 이상만 維持하면 充分한 效果를 얻을 수 있었으며, 공시한 토양전염성 병원균에 대하여 45℃에서 7일간 열처리가 殺菌의 한계로 되었기 때문에 온실을 密閉하여 온도를 높일 경우 45℃ 이상 유지하면 土壤 消毒이 가능할 것으로 생각한다고 하였다 (小玉 등, 1976).

Kodama와 Fukui(1982b)는 26일간의 被覆處理를 행한 직후에 *F. oxysporum* 數를 조사하였는데, 地表 0~5cm층까지는 전혀 檢出되지 않았고, 10~15cm 층에서는 약 60%, 20~25cm 층에서는 약 10%가 줄어들었다고 하였다. 그리고 딸기 위황병균이 汚染된 토양에서는 45℃ 6일간의 恒溫處理에 의해 균이 檢出되지 않았고, 그 보다 낮은 온도에서는 20일간 以上을 필요로 한다고 하였다. 地表下 20cm에서 딸기 위황병균 有效死滅溫度 40℃ 以上の 온도 범위를 얻기 위해서 高日射年인 때에는 3일, 底日射年에서는 5일간을 요하고 菌의 死滅에 필요한 積算時間數에 달하려면 처리개시부터 高日射年은 12~17일간, 底日射年은 20일간 以上の 기간이 필요하며, 하우스 내의 지온은 낮 동안에 토양 속으로 傳導되어 蓄熱된 日射 에너지와 야간의 放熱量과의 熱收支에 의하여 決定되기 때문에 2~3일전의 日射量, 氣溫 등이 地表下 20cm 부근의 深層部에 영향을 미치는 것으로 생각된다고 하였다.

梁(1999)은 低溫期에 발생하는 토마토 근부위축병균과 高溫期에 발생하는 토마토위축병균, 오이 덩굴쪼김병균의 培養的 性質을 비교 검토하였는데, 공시한 菌株 모두 5℃에서는 發育하지 않았고, 10~35℃에서 菌絲가 發育하였으며, 발육 最適溫度는 26℃ 부근이었고, 35℃에서는 發育이 현저히 抑制되었다고 하였다.

하우스 地表面을 폴리에틸렌 필름으로 멀칭하고 密閉하면 높은 地溫과 酸素의 缺乏(還元化)에 의해 토양 미생물의 활동에 매우 큰 영향을 미치는데, 특히



絲狀菌은 처리기간 동안에 密度가 낮아지고 耐熱性이나 好熱性 菌은 많아진다(小玉, 1989).

福井 등(1981)은 딸기 위황병에 대해 노지 被覆處理時 發病率이 감소되었고 하우스 密閉 처리에서는 안정적인 방제 효과가 있어 *Fusarium oxysporum*의 分布量은 地下 0~5cm에서 현저히 낮았고, 10~15cm에서는 다소 증가하는 경향을 보였다고 하였으며, 清水와 川田(1986)은 시금치 위조병균, 오이 만할병균, 그리고 무 위황병균 등을 검정하기 위해서 토양깊이 10cm와 20cm에서 10일 마다 토양 試料를 채취하고 각 병원균 수를 조사한 결과 이중피복의 경우 토양 깊이가 10cm에서 처리 10일 이후에는 검출되지 않았고 토양 깊이가 20cm에서는 처리 전에 비해 1/10~1/20로 감소되었다고 하였다.

토양 중의 遊走子나 卵胞子에 의해 열처리 효과를 검토한 결과 遊走子는 35℃에서 5시간 以上, 卵胞子는 40℃에서 15시간 以上에서 死滅하는 것이 밝혀졌고(Hirano 등, 1996), 태양열처리가 종료된 토양에서 *Fusarium* 속균은 20일간의 처리로 胞子密度가 현저히 低下하고, 기타 絲狀菌은 40일간 以上의 처리에서 密度가 크게 줄어들어 비교적 온도가 덜 올라가는 장마기와 같은 경우에도 40일 以上 長時間 高溫 處理하면 토양병원균 密度를 低下시킬 수 있을 것으로 고려된다고 하였다. 그리고 태양열 토양소독에 의해 잡초의 발생도 억제되었는데 20일간 處理時 잡초의 밀도가 1/6 정도로 抑制되었고 40일 以上 처리하면 거의 발생하지 않아 除草效果도 있었다고 보고하였다(北田, 1997).

福井 등(1981)은 태양열 토양소독 처리가 딸기 위황병, 시금치 줄기썩음병, 가지 반신위축병, 콩 白絹病에 대하여 높은 防除效果를 얻었다고 하였으며, 小玉 등(1979)도 딸기 위황병, 가지 반신위축병, 시금치 줄기썩음병, 토마토 청고병 방제 효과가 인정되었으므로 토양전염성 병해에 대하여 적용확대가 가능할 것으로 생각된다고 하였다.

清水(1987)는 배추 및 양배추의 뿌리썩음병에 대하여 멀칭 재배의 효과를

검토한 결과 태양열 토양소독을 하기 위한 폴리에틸렌 필름 멀칭을 제거하지 않은 멀칭 재배구와 태양열 토양 消毒後 폴리에틸렌 필름을 제거한 대조구를 비교하였는데 멀칭재배구가 대조구에 비해 生育도 빠르고 收量도 증가하는 경향을 보였다고 하였다.

渡辺(1980)는 토양병원균과 다른 微生物과의 관계에 대하여 연구하였는데, 休眠 중 토양병원균은 토양의 溫度, 水分, pH 등 物理化學的인 모든 변화의 영향을 받지만 다른 미생물은 영향을 비교적 적게 받는다고 하였고, 병원균이 활동할 때에는 다른 토양 미생물과의 競爭이나 協助 등의 관계가 이루어지는 등 相互關係가 극히 複雜하게 된다고 하였다.

토양전염병을 방제하기 위한 방법으로 外國에서는 토양미생물을 이용한 生物學的 防除의 연구가 많이 진행되어 왔는데(Baker와 Cook, 1982; Donald 등, 1976; 野村, 1993; 野々山, 1996; Pullman 등, 1981; Weinhold와 Bowman, 1968; Wilhelm, 1973), 그 성공적인 실험의 實例로서 *Fusarium vasinfectum*에 대한 *Actinomycetes*의 拮抗作用과 *Bacillus subtilis*를 이용한 生物學的 防除 등 많이 보고되어 있다. 그러나 우리나라에서는 몇 가지 拮抗微生物을 이용한 인삼의 病害防除(鄭과 吳, 1981; 吳 등, 1980) 및 참깨 토양 傳染性病에 대한 生物學的 防除體系(申 등, 1983) 등을 除外하고는 토양전염성병에 대한 生物學的 防除의 연구가 거의 이루어지지 않았다(趙 등, 1985).

洪(1977)은 퇴비에서 高溫(55℃) 條件으로 分離한 細菌들 중에서 *Fusarium* 속 균에 대하여 拮抗力이 있는 다수의 菌株를 얻었는데, 이 菌株들은 *Fusarium* 속 균에 대하여 分生胞子の 細胞壁 溶解, 異常 發芽 促進, 發芽管 및 菌絲 끝 부분 膨脹, 内生菌絲 形成 등의 작용을 하는 것을 확인하였고, 또 퇴비와 섞어서 施用하면 토양 중에서 *Fusarium* 속 균의 생존에 영향을 미쳐 接種 30일 후에는 약 1/10로 輕減시킬 수 있었다고 보고하였고, Kim 등

(1998)은 根圈 定着 細菌 *Pseudomonas fluorescens* MC07의 抗真菌 活性和 病 抑制 能力에 대하여 보고하였는데, 選拔된 菌株 MC07의 抗菌物質의 分泌는 病原菌이 蓄積된 連作地 土壤에서 병원균들을 阻害하여 발병을 抑制하고 初期 입묘율을 향상시켰다고 하였다.

Chung 등(1998)은 인삼뿌리썩음병의 抑制土壤으로부터 썩음병을 일으키는 *Botrytis cinerea*와 *Fusarium solani*에 대한 拮抗性 細菌을 選拔하여 貯藏中의 인삼뿌리썩음병에 대한 生物學的 防除를 시도하였는데, 室溫에서 拮抗細菌을 4년생 인삼에 처리하였을 때 뿌리썩음병을 60~80% 방제할 수 있었다고 보고한 바 있으며, Shin과 Takehara(1998)는 시금치 식물체에서 分離한 *Fusarium oxysporum* 非病原性 菌株를 이용하여 시금치 시들음병의 生物學的 防除 가능성에 대하여 보고하였으며, Elad 등(1980)도 *Trichodelma harzianum*을 강남콩 묘입고병을 일으키는 *Screrotium rolfsii*와 *Rhizoctonia solani*에 처리한 결과 拮抗效果가 매우 높았다고 보고 하였다.

山本(1987)는 태양열 이용에 의한 토양소독 방법의 개발이 태양에너지를 어떻게 유효하게 토양 중에 도입하고 蓄熱시킬 것인가가 중요하다고 하였는데, 토양을 深耕하고 이랑 사이에 물을 뿌려 토양을 잘 混合하여야 태양열이 深層部까지 도달할 수 있으며 토양 表面에는 비닐필름피복을 하고 夜間에 放熱이 최소로 되도록 하여야 하며 벧짚이나 옥수수 등을 넣고 석회질소를 施用하면 보다 더 效果的이라고 하였다.

*Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*는 양배추(*Brassica oleracea* L. var. *capitata*)를 비롯한 배추(*B. campestris* L. ssp. *pekinensis*(Lour.) Rupr.), 꽃양배추(*B. oleracea* L. var. *botrytis*), 순무(*B. campestris* L. ssp. *rapifera*), 무(*Raphanus sativus* L.) 등 배추과 식물에 광범위하게 시들음병을 일으키며 아프리카, 아시아, 오세아니아, 유럽, 아메리카 등 세계

각 국에서 보고되고 있다(Booth, 1971).

Fusarium 병은 가장 廣範圍한 土壤病害이며 피해가 激甚한 圃場에서는 수확을 전혀 할 수 없을 정도로 문제가 되고 있으며 약제방제 효과는 매우 낮은 실정이다. 따라서 최근에는 생태적인 방법을 사용한 토양병해의 방제 연구가 진행되고 있는데, 특히 有機物 施用 效果에 관한 보고가 많다. 유기물 시용 효과에 대한 연구결과는 研究者 및 有機物의 종류에 따라서 發病抑制 效果가 다르게 나타나고 있으며, 같은 종류의 有機物 處理에서도 작물에 따라 방제효과가 달라지는 등 효과가 분명하지 않은 경우가 있는데, 이는 토양의 種類, 유기물의 종류 및 施用量, 토양온도와 수분 등 토양환경과 그들의 조건하에서의 작물의 生育과 病害發生과의 관계를 포함한 발생생태가 충분히 검토되지 않았기 때문이라고 하였다(梁, 1999).

양배추 시들음병의 발생은 온도와 관계가 깊는데 병원균은 培地 상에서 7~35℃의 범위에서 생육이 가능하며 生育適溫은 26~30℃이고, 地溫이 23℃ 이상일 경우 많이 발생되며 가장 심하게 발생하는 온도는 27~28℃인 것으로 알려졌다(全農會, 1979). Walker와 Smith(1930)는 地溫 18~33℃에서 病 發生 試驗을 실시한 결과 28℃에서 發病指數가 가장 높았고 18℃ 이하와 33℃ 이상에서는 현저히 떨어졌다고 보고하였다. Fusarium 균의 分化型이 다른 寄主作物에 대하여도 病原性を 나타내는 경우가 있는데, 그것은 병원균의 接種量, 接種時間, 토양의 종류, 관리방법 등에 따라서 달라지고 또 토양 중의 병원균의 질적 및 양적인 차이에 따라서도 병원성이 달라지는 경우가 있으므로 病原性 檢定の 경우 병원균의 分離 및 病原性 檢定 菌株의 選拔과 土壤環境 등에 대하여 상세한 검토가 필요하다고 하였다(梁, 1999).

감자 더듬이병을 일으키는 병원균은 대부분 *Streptomyces scabies*에 의한 것으로 알려져 있고(Lambert와 Loria, 1989), 菌의 生育 및 孢子 形成에 가장 좋은 溫度는 26℃로 보고되었다(松本, 1979). Miyajima 등(1998)은

日本에서 새로운 감자 더듬이병(*Streptomyces turgidiscabies* sp.)을 발견하여 보고하였는데 37℃ 이상에서는 자라지 못하였다고 하였다.

양과 主産地의 입고병 병원균 분포는 Rhizoctonia 60.0%, Fusarium 30.2%였으며 그 외 Alternaria, Pythium, 선충 등이 다소 있었고, 發芽時에 가장 심하게 發病되었으며 Rhizoctonia가 Fusarium에 비해 罹病性이 강하였다고 보고하였다(경남농촌진흥원, 1995).

Rhizoctonia 속 균은 不完全菌의 一種으로 菌絲, 菌核, 菌叢 등의 형태는 特異的이지만 分生胞子를 만들지 않기 때문에 분류학적 기준이 확실하지 않으며, Rhizoctonia 균은 土壤棲息 眞菌으로서 전세계적으로 분포되어 있고, 수백 종의 작물을 侵害하여 큰 被害를 주고 있는 植物病院菌으로 알려져 있다(渡辺, 1980). Rhizoctonia 균은 주로 草本類植物을 侵害하는데, 많은 작물의 뿌리, 줄기, 塊莖 등에 병을 일으켜 피해를 주고 있고, 이 균에 의한 병징은 작물에 따라서 매우 다르며, 심지어 같은 寄主作物에서도 매우 다르게 나타나는데, 가장 일반적으로 나타나는 병징은 모잘록병, 뿌리썩음병, 줄기썩음병 혹은 줄기꺾양병 등의 증상으로 나타난다. 또한 일부 작물의 수확 후 貯藏 中에 腐敗를 일으키거나 地表面에 가까이 있는 잎이 마르거나 혹은 斑點이 생기기도 한다. 대부분의 Rhizoctonia 균은 感染適溫이 15~18℃인데, 일부 種은 35℃까지의 高溫에서도 병을 잘 誘發시키는 것으로 알려져 있고 國內에서도 이 균에 의한 피해가 수십 종의 작물에서 발생하고 있는데 診斷과 防除가 매우 어려운 실정이다(農振廳, 1995).

渡辺(1980)는 Rhizoctonia 균의 培養的 성질이 배지의 종류나 온도, 광 등의 培養 條件에 따라서 달라지며, PDA배지에서 菌叢은 흰색, 황백색, 갈색, 적갈색에서 흑색까지 다양하게 나타나며, 氣中 菌絲의 多少, 菌核의 形成狀態, 특이적인 띠 모양의 구성 등에 따라 더욱 복잡한 양상을 보인다고 하였다. Rhizoctonia 속 균의 신장 속도는 colony 半徑이 1일에 40mm 까지 달하는

균부터 몇 mm 밖에 신장하지 않는 균 등 다양하며 균의 군사생육에 가장 적당한 온도는 다른 絲狀菌의 경우와 비슷한데 菌株의 차이나 배지의 구성에 따라 달라지는 경우도 있다고 하였다.

Rhizoctonia 속 균 중에서 가장 일반적인 *R. solani*는 寄主範圍가 넓고 腐生性이 豊富하여 寄主植物이 없어도 長期間에 걸쳐 土壤 中에 生存이 가능하므로 輪作으로도 Rhizoctonia 병을 防除하는 것이 상당히 어려워 有機物이나 기타 어떤 農業用 資材 등을 土壤에 添加하여 防除하려는 試圖가 많이 이루어지고 있다(農業科學技術院, 1995).



### Ⅲ. 材 料 및 方 法

#### 試驗 1. 太陽熱 消毒에 의한 양배추시들음병 防除 效果

##### 가. P.E. 필름 멀칭에 의한 양배추시들음병 太陽熱 土壤消毒 效果

###### (1) 遂行方法

###### (가) 試驗場所

제주도 북제주군 한림읍 수원리 264-14 농가 포장 및 애월읍 상귀리 제주도 농업기술원 시험포장에서 실시하였다.

###### (나) 處理內容

토양을 耕耘 후 너비 1.2m, 길이 15m의 이랑을 만들어 토양 깊이 5cm, 10cm, 15cm, 20cm에 地溫 測定用 溫度計(MODEL TH-018, テストン株式會社)를 設置하였다. 온도계는 外部 센서가 附着되어 있어서 最高溫度를 記憶할 수 있는 디지털온도계를 사용하였고 太陽熱 土壤消毒 處理區는 1998년 8월 1일(1999년은 7월 26일)에 두께 0.03mm, 폭 150cm의 폴리에틸렌 필름으로 멀칭 처리를 하였다.

###### (2) 調査內容

###### (가) 溫度 差異

토양깊이 5cm, 10cm, 15cm, 20cm에 설치한 디지털온도계로 여름철 休閑期인 1998년 8월 4일부터 9월 3일까지, 그리고 1999년에는 8월 2일부터 9월 1일까지 1개월간 매일 16:00시경에 조사하여 대조구, P.E. 필름 멀칭구의 地溫을 比較하였다.

#### (나) 土壤微生物의 檢出

태양열 토양소독이 여러 가지 土壤微生物에 미치는 影響을 알아보고자 비닐 멀칭하기 前과 멀칭 後의 토양을 採取하여 微生物을 分離 比較하였다.

各 處理區別로 5군데에서 植物體 부근의 土壤表面 5~10cm의 土壤試料를 100g씩 採取하여 混合한 後 2mm 채로 쳐서 試驗區當 30g의 토양을 殺菌水 270mL에 稀釋하여 30분간 振盪하였다. 이것을 土壤稀釋平板法에 준하여 全體 細菌과 放線菌은  $10^4$ , 絲狀菌은  $10^5$ , *Fusarium oxysporum*은  $10^3$ 배의 稀釋液으로 調整하고, 土壤稀釋液의 0.1mL를 各 選擇培地의 샤레 內에 塗布하여 28℃에서 培養하고 사상균과 세균은 4일 후, 방선균과 *F. oxysporum*은 6일 후에 검토하였다.

사상균 분리배지는 rosebengal寒天培地를 使用하여 rosebengal(1g) 3.3mL, 蒸溜水 1.0L를 殺菌(121℃, 15분간)하여 40℃까지 식힌 後 초산스트렙토마이신 30.0mg을 添加하여 샤레에 분주하였다.

세균, 방선균의 분리배지는 알부민배지를 사용하였고 *F. oxysporum*의 분리는 Komada배지를 조제하여 사용하였다(駒田, 1975).

#### (다) 病原菌의 密度 變化 및 死滅 溫度

양배추 시들음병균(*Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*)의 밀도 조사는 토양깊이 0~10cm에서 處理 前과 處理 後에 土壤試料 300g 정도를 採取하여 수행하였다. 채취한 시료는 2mm 채로 쳐서 골고루 섞은 후 試料



30g을 270mL의 증류수(500mL 플라스크)에 희석한 후 30분간 진탕기 (shaker)를 이용하여 진탕하였다. 토양을 稀釋한 용액 10mL를 90mL의 증류수에 혼합한 다음 여기에서 10mL를 채취하여 다시 90mL의 증류수에 희석하여 1,000배액을 만들었고 이것을 잘 흔들어서 1mL를 채취하여 Komada배지에 분주한 다음 유리막대로 골고루 塗抹하였다. 이것을 28℃ 培養基에서 4~5일간 배양한 후 샬레 표면에 흰 菌絲가 보이고 샬레 뒷면은 다갈색이 나타나는 균을 *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*로 판정하여 그 數를 조사하였다.

온도에 대한 반응을 알아보기 위하여 병원균을 PSA배지에서 4일간 배양한 다음 직경 0.5mm 코르크 보러(cork-borer)로 切片 3개씩을 토양 배지에 接種 하였다. 토양 배지 조성은 床土(피트모스) 400g, 밀기울 100g, 물 100mL 비율로 혼합 조성하여 이것을 duran병(500mL)에 250g을 담고 균을 접종하여 28℃ 배양기에서 10일간 배양하였다. 또한 살균된 상토(상품명:바로커, 서울 농자재) 370g과 배양균 70g을 혼합하여 플라스틱 용기(직경 11cm×깊이 15cm)에 담고 실온, 35℃, 40℃, 45℃, 50℃, 55℃의 온도로 구분하여 5일, 10일, 15일, 20일, 25일, 30일 후에 꺼내어 菌 分離 程度를 조사하였다. 균 분리는 Komada 배지를 사용하였고 試料는 土壤稀釋平板法으로 원액을 사용하여 培地에 분주한 다음 조사하였다.

#### (라) 土壤의 理化學性 變化

處理 前·後의 試驗圃場內 5개소에서 토양 깊이 10cm까지 試料를 採取하여 pH, 有機物, 磷酸, 置換性鹽基 등 토양의 이화학성질을 조사하였다.

#### 나. 太陽熱 消毒에 의한 양배추시들음병 防除 效果

## (1) 試驗場所

시들음병에罹病性品種인 '四季穫'을 공시하여 제주도 북제주군 한림읍 수원리 264-14 農家 圃場에서 실시하였다.

본 포장은 양배추를 7년간 連作 栽培한 포장으로 1997년에 양배추 시들음병 發病率이 25%로 나타났던 곳이다(農業科學技術院, 1997; 濟州道農業技術院, 1998).

## (2) 遂行方法

### (가) 處理內容

圃場을 耕耘 後 퇴비 施用 등 處理別 投入物을 定量씩 처리한 다음 처리구당  $24\text{m}^2(1.5 \times 16\text{m})$ 의 區劃으로 나누어 다시 약 10cm 깊이로 耕耘 作業을 하였다. 그리고 두께 0.03mm, 폭 150cm의 P.E. 필름으로 P.E. 필름 멀칭구, 퇴비 시용( $72\text{kg}/24\text{m}^2$ )후 P.E. 필름 멀칭, Dazomet(상품명 : 밧사미드 분제  $360\text{g}/24\text{m}^2$ , 노바티스아그로코리아) 처리+P.E. 필름 멀칭, 청예수수 시용( $96\text{kg}/24\text{m}^2$ )후 P.E. 필름 멀칭, 대조구로 설치하였다.

멀칭한 기간은 1998년 7월 19일부터 9월 5일(1999년은 7월 23일부터 9월 12일)까지 실시하였고 亂塊法 3反復으로 시험구를 배치하였다.

### (나) 一般 管理

1998년 8월 5일(1999년은 8월 12일) 128공 育苗箱子에 床土를 채워 播種하고 蛭石(버미큘라이트)으로 覆土한 後 30일간 育苗한 것(본엽 3~4매)을 1998년 9월 5일(1999년은 9월 12일) 각 처리구별 3반복으로 定植하였으며 定植 間隔은 줄 사이 60cm, 포기 사이 40cm로 하여 매 시험구 마다 12포기씩 定植하였다.

태양열 토양소독을 위한 P.E. 필름 被覆 등을 처리하기 전에 밑거름을 耕種基準에 준하여 N 11.2, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 9.0, K<sub>2</sub>O 12.0kg/10a을 全面的에 골고루 뿌린 다음 耕耘하였으며 퇴비는 堆肥施用 시험구에만 施用하였고, 웃거름은 N 12kg/10a을 2회에 나누어 施用하였으며 K<sub>2</sub>O 6kg/10a을 1회 施用하였다.

定植할 때부터 收穫할 때까지 灌水 및 除草, 病害蟲 防除 등은 耕種 基準에 의하여 관리하였다.

### (3) 調査内容

農事試驗研究調査基準(農振廳, 1995)에 준하여 각 시험구별 12포기씩 조사하였다. 罹病率은 9월 중순부터 10월 중순까지 잎의 奇形化, 병든 잎의 脫落, 導管의 變色 등을 눈으로 관찰하여 양배추 시들음병의 特徴적인 症勢를 나타내고 병에 걸린 것이 확실하다고 판단되는 식물체를 罹病株로 判定하여 罹病 포기수/12포기 × 100으로 算出하였다. 生育調査는 처리구별 각 5주씩 무작위로 선정하여 結球 전에 草長을 조사하였고, 수확기에 球重을 조사하여 P.E. 필름 멀칭재배구와 대조구를 비교하였다.

#### 다. 拮抗微生物 處理에 의한 양배추시들음병 防除 效果

양배추 시들음병이 심하게 발생한 圃場에서 병징이 없는 건전한 양배추의 뿌리 부분에서 채취한 토양을 토양희석법으로 細菌選擇培地(TSA배지)에 形成된 細菌의 單一群落(single colony)을 분리하였다.

양배추시들음병균을 PSA배지에 배양하여 세균과 代置시켜 生育沮止 菌株을 선발하였다. 양배추시들음병균에 대하여 拮抗能力이 비교적 강한 것으로 나타난 菌株을 純粹分離하여 微生物 同定시스템(MicroLog TM 3, Biolog Inc.)으로

동정한 *Pseudomonas*와 *Bacillus* 속 세균을 포트시험에 공시하였다. 포트 시험은 토양을 살균하여 포트(직경 11cm, 깊이 7cm)에 500g씩 담고 양배추 시들음병균懸濁液 100mL를 접종하고 양배추 묘를移植하였다. 감자전즙액체 배지에 4일간 배양한拮抗菌을 포트당 50mL씩 접종하고 온실에서 관리하면서 처리별 발병 상태를 조사하였다.

### 라. 太陽熱 消毒과 施肥水準이 양배추시들음병 發生에 미치는 影響

P.E. 필름을 멀칭 처리하기 전에 基肥標準量의 비료를 施用한 구, 基肥標準量의 1/2배, 基肥標準量의 2배의 비료를 施用한 구로 구분하여 양배추시들음병 발생이 肥料 成分의 量에 따라 어떻게 변하는지 알아보기 위하여 태양열토양소독 處理時 施肥水準이 양배추시들음병 발병에 미치는 영향을 조사하였다.

## 試驗 2. 太陽熱 消毒에 의한 감자더댕이병 防除 效果

### 가. 供試品種

제주도농업기술원에서 養液栽培로 收穫한 감자(品種 : 大地)를 공시하여 제주도 남제주군 대정읍 무릉리 제주도농업기술원 시험포장에서 실시하였다. 본 포장은 감자를 10년간 連作 栽培한 포장으로 해마다 감자 더댕이병 發病率이 50%를 넘는 포장이었다.

### 나. 遂行方法

## (1) 處理內容

圃場을 耕耘 後 퇴비 사용 등 처리별 投入物을 정량씩 처리한 다음 처리구당 24m<sup>2</sup>(1.5×16m)의 구획으로 나누어 다시 약 10cm 깊이로 경운 작업을 하였다. 그리고 두께 0.03mm, 폭 150cm의 P.E. 필름으로 P.E. 필름 멀칭구, 퇴비 사용(72kg/24m<sup>2</sup>)후 P.E. 필름 멀칭, Dazomet(360g/24m<sup>2</sup>) 처리+P.E. 필름 멀칭, 청예수수 사용( 96kg/24m<sup>2</sup>)후 P.E. 필름 멀칭, 대조구로 설치하였다.

멀칭한 기간은 1998년 7월 19일부터 9월 5일(1999년은 7월 23일부터 9월 12일)까지 실시하였고 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하였다.

## (2) 一般 管理

1998년 9월 6일(1999년은 9월 13일) 畦間 70cm, 주간 25cm로 定植하였다. 태양열 토양소독을 위한 P.E. 필름 피복 등을 처리하기 전에 밑거름을 경종기준에 준하여 N 10, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 9, K<sub>2</sub>O 13, 퇴비 1,000kg/10a을 全面的에 골고루 뿌린 다음 耕耘하였고, 堆肥施用 試驗區에는 퇴비 1,000kg/10a을 추가하였다.

定植할 때부터 收穫할 때까지 灌水 및 除草, 病害蟲 防除 등은 耕種 基準에 의하여 관리하였다.

## 다. 調査內容

### (1) 病原菌의 死滅溫度 調査

감자더태이병에 感染된 조직으로부터 분리하여 감자에 病原性이 확인된 *Streptomyces scabies*를 시험에 공시하였다. 병원균의 死滅溫度調査는 감자 전즙액배지에서 3일간 배양한 균주를 0.1mL씩 방선균 선택배지(GSA배지)에 분주하여 골고루 塗抹한 후 20, 25, 30, 35, 40, 45℃로 유지된 恒溫器에 넣었다가 7일 후에 꺼내어 孢子 發芽數를 조사하였다.

放線菌 選擇培地 조제는 蒸溜水 1L에 글루코스 5g, 스타취 5g, 아스파라긴 0.5g, 인산2칼륨 0.5g, 황산마그네슘 0.5g, 염화나트륨 0.5g, 이스트추출물 0.5g, 황산제1철 0.01g, 한천 20g을 넣고 pH 7.0으로 조절한 후 滅菌器에서 15분간 殺菌하여 사레에 분주 후 사용하였다.

## (2) 감자더듬이병 罹病率 및 商品率 調査

1998년 12월 24일(1999년은 12월 27일) 각 처리구별 3지점을 무작위로 선정하여 각각 감자 10주에 달린 塊莖을 채취하여 물로 깨끗이 씻은 후 무게가 30g 이상 되는 것을 대상으로 塊莖마다 病斑 面積率을 조사하였다. 罹病率 算出은 病斑 形成 塊莖數/調査 塊莖數×100, 發病度는 눈으로 관찰하여 더듬이병 病斑이 전혀 없는 것을 0, 病斑 面積率 0.1~5%를 1, 病斑 面積率 5.1~10%를 2, 病斑 面積率 10.1~20%를 3, 病斑 面積率 20.1% 以上을 4로 구분, 더듬이병 발생 塊莖數를 n으로 하여  $\{(0 \times n + 1 \times n + 2 \times n + 3 \times n + 4 \times n) / \text{調査 塊莖數} \times 4\} \times 100$ 으로 算出하였다.

그리고 처리구별로 각각 100개의 감자 塊莖을 무작위 추출하여 病斑 面積率 5% 以下の 塊莖數를 全體 調査 塊莖數로 나누어 商品率을 算出하였다.

## 試驗 3. 太陽熱 消毒에 의한 양파모잘록병 防除 效果

### 가. 供試品種

'마르시노' 品種을 공시하여 제주도 북제주군 한림읍 귀덕리 3176 農家 圃場에서 실시하였다.

### 나. 遂行方法

20m<sup>2</sup>(4×5m)의 區劃으로 나누어 苗床을 설치하고 퇴비 120kg, 석회 6kg, 요소 1.3kg, 용성인비 3kg, 황산가리 1.2kg을 施用하여 P.E. 필름 멀칭구, 대조구로 설치하였다. P.E. 필름 멀칭구는 두께 0.03mm 폭 150cm의 P.E. 필름으로 1999년 7월 27일부터 8월 26일까지 멀칭을 실시하였고 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하였다. 1999년 9월 2일 6dL/10a로 파종하여 경종 기준에 의하여 관리하였다.

## 다. 調査內容

### (1) 病害蟲 死滅溫度

양파모잘록병에 感染된 罹病組織으로부터 분리하여 病原성이 확인된 *Rhizoctonia solani*를 공시하였다. 온도에 대한 반응을 알아보기 위하여 病原菌을 PSA배지에서 4일간 배양한 다음 직경 0.5mm Cork-borer로 잘라낸 切片을 PDA배지에 接種하였다. 15, 25, 35, 45℃의 恒溫器에 넣고 1, 2, 3, 4, 5, 6일 후에 꺼내어 菌絲 길이를 조사하였다.

### (2) 양파모잘록병 發生率 및 生育調査

農事試驗研究調査基準(農振廳, 1995)에 준하여 定植하기 前(1999년 10월 2일)에 葉數, 草長, 球莖 등 生育상태를 조사하였고 양파 모잘록병 發生率을 조사하여 P.E. 필름 멀칭재배구와 대조구를 비교하였다.

## IV. 結果 및 考察

### 試驗 1. 太陽熱 消毒에 의한 양배추시들음병 防除 效果

#### 가. P.E. 필름 멀칭에 의한 양배추시들음병 太陽熱 土壤消毒 效果

##### (1) 土壤溫度的 差異

태양열을 이용한 토양소독 기간 동안의 地溫은 해에 따라 차이가 있으나 1999년처럼 여름이 서늘하고 비가 많이 내린 해에도 멀칭처리구가 대조구에 비하여 어느 정도 높게 유지됨을 알 수 있었다.

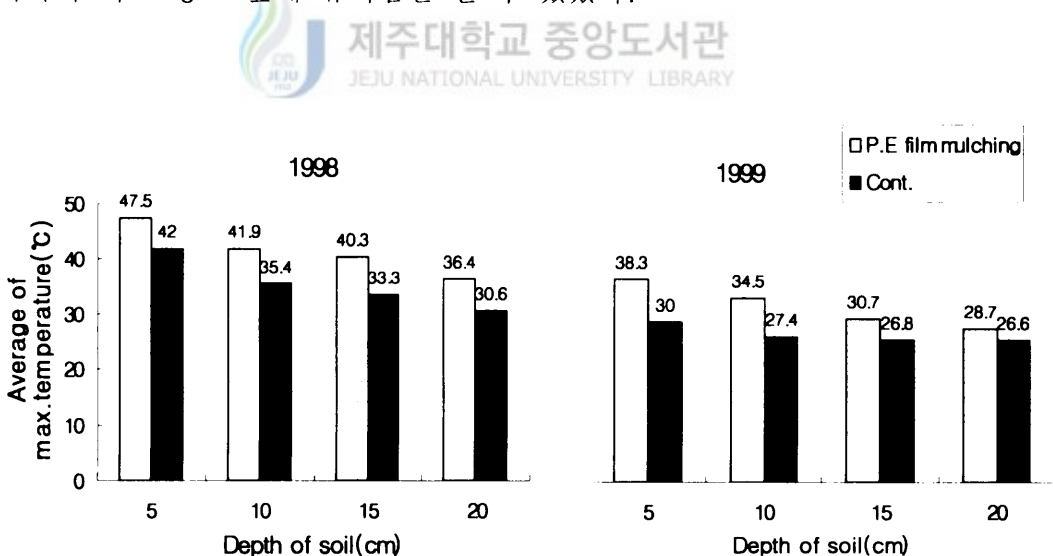


Fig. 1. Soil temperature according to the depth of soil in treatment plots.

Duration of survey : from Aug. 4 to Sept. 3, 1998 ; from Aug. 2 to Sept. 1, 1999.



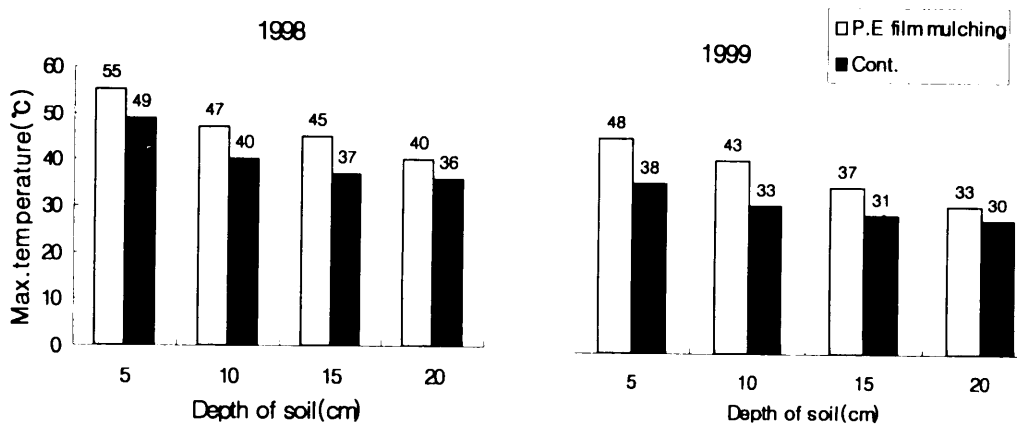


Fig. 2. Maximum soil temperature according to the depth of soil in treatment plots.

Duration of survey : from Aug. 4 to Sept. 3, 1998 ; from Aug. 2 to Sept. 1, 1999.


1998년의 경우 깊이 5cm의 最高 平均地溫은 대조구가 42.0°C였는데 비하여 P.E. 필름멀칭구에서는 47.5°C로 5.5°C 정도 높게 나타났다. 깊이 10cm에서 대조구는 35.4°C였는데 비하여 P.E. 필름 멀칭구에서는 41.9°C로 나타났고, 가장 깊은 20cm에서도 대조구 30.6°C에 비하여 P.E. 필름멀칭구는 36.4°C로 차이가 있었다. 여름에 비가 많았던 1999년에는 5cm에서의 지온이 대조구인 경우 30.0°C에 비하여 P.E. 필름 멀칭구는 最高地溫의 平均溫度가 38.3°C로 8.3°C 높게 나타났지만 1998년에 비해 높은 온도로 유지된 지속기간은 매우 짧게 유지되었다(Fig. 1, 2).

福井 등(1981)은 露地에서 비닐 또는 폴리에틸렌 被覆으로 地溫 上昇 效果가 나타나는 것을 확인하였는데, 얇은 곳일수록 피복에 의한 최고 地溫의 上昇은 큰 것으로 나타났으며 지하 5~20cm의 平均最低地溫은 무처리구보다 5°C 높은 31~34°C였는데, 最低地溫은 最高地溫에 비하여 피복처리에 따른 상승효과가

적었다고 하였다(Kodama와 Fukui, 1982a; 宮本, 1995).

이 시험 결과 40℃ 이상 기록된 날은 토양깊이 5cm에서 1998년은 27일, 1999년은 20일이었고, 10cm에서는 1998년 23일, 1999년은 5일로 나타났다. 15cm 깊이에서 40℃ 이상 기록된 날은 1998년에 20일이었지만 1999년에는 없었다. 이것은 1999년에 비가 자주 내린 이상기상 때문인 것으로 생각되었으며, 작물의 뿌리가 분포되어 있고 토양미생물도 많이 서식하고 있는 부분인 토양 깊이 10cm에서 병원균 사멸 가능온도로 알려진 40℃를 상회하는 날은 1998년의 경우 P.E. 필름멀칭구가 23일로 나타나 태양열 토양소독 효과가 크게 기대 되었다(Table 1).

**Table 1.** Number of days above 40℃ according to the depth of soil treated.



| Year | Depth of soil (cm) | P.E. film mulching (days) | Control (days) |
|------|--------------------|---------------------------|----------------|
| 1998 | 5                  | 27                        | 5              |
|      | 10                 | 23                        | 0              |
|      | 15                 | 20                        | 0              |
|      | 20                 | 3                         | 0              |
| 1999 | 5                  | 20                        | 0              |
|      | 10                 | 5                         | 0              |
|      | 15                 | 0                         | 0              |
|      | 20                 | 0                         | 0              |

※ Duration of survey : from Aug. 4 to Sept. 3, 1998; from Aug. 2 to Sept. 1, 1999.

Table 2는 태양열 토양소독 기간 동안 시험 포장에서 가까운 제주기상대에서 측정 한 기상 자료를 정리한 것이다.

**Table 2.** Comparaison with weather condition between common year and investigation years.

| Items                         |             | Aug.  |        |       | Sept. |
|-------------------------------|-------------|-------|--------|-------|-------|
|                               |             | Early | Middle | Late  | Early |
| Average of air temperature(℃) | 1998        | 29.9  | 29.1   | 25.9  | 25.4  |
|                               | 1999        | 25.9  | 26.8   | 24.3  | 25.7  |
|                               | Common year | 27.4  | 26.7   | 25.9  | 24.5  |
| Maximum air temperature(℃)    | 1998        | 33.2  | 32.6   | 28.6  | 28.4  |
|                               | 1999        | 28.2  | 29.5   | 26.4  | 28.1  |
|                               | Common year | 30.6  | 29.9   | 29.0  | 27.6  |
| Sunny hours for 10days        | 1998        | 94.6  | 74.9   | 62.9  | 74.0  |
|                               | 1999        | 26.1  | 56.6   | 19.8  | 38.7  |
|                               | Common year | 83.8  | 70.7   | 69.8  | 60.1  |
| Rainfall(mm)                  | 1998        | 22.1  | 3.1    | 51.6  | 0.0   |
|                               | 1999        | 347.0 | 17.1   | 278.7 | 78.2  |
|                               | Common year | 42.4  | 79.3   | 119.6 | 75.7  |

※ Date of common year is average during 30 years from 1961 to 1990.  
(by Cheju meteorological observatory)

1999년의 기상은 平年이나 1998년에 비하여 기온이 다소 낮고 降水量은 많았으며 日照時間은 부족한 것으로 나타났는데, 8월부터 9월 상순까지의 일조시간은 141.2 시간으로 평년보다 매우 부족하게 나타났으며, 강수량은

721mm로 평년보다 많았다.

8월과 9월에 비가 내린 날(2.0mm 이상 기록된 날)은 1998년은 10일인데 비하여 1999년에는 26일이었고 강우량도 매우 많았음을 알 수 있었다.

태양열로 토양을 소독할 경우 날씨에 따라 地溫의 上昇 程度가 좌우되는데, 태양열 처리기간 중에 하루 동안 積算日射量이  $20\text{Mj/m}^2$  以上되는 맑은 날이 20일 以上되면 효과가 있고, 태양열 토양처리에 따른 地溫의 상승은 토양 표면으로부터 깊을수록 적어지게 되므로 파종전의 耕耘은 얇고 가볍게 하여 深層部에 있는 병원균이 地表面으로 이동하지 않도록 작업하면 효과가 높아질 것으로 추찰되었다(北田, 1997).

福井 等(1981년)은 딸기 萎黃病에 대해 露地에 被覆處理하면 病 發生을 줄이는 효과가 있었고 하우스밀폐처리는 안정적인 방제효과가 있어 *Fusarium oxysporum*의 균량은 지하 0~5cm에서 현저히 적었으나 10~15cm에는 다수 존재하였다고 보고하였으며, Hirano 등(1996)도 태양열토양소독 처리기간 중 하우스내 최고 온도가 58.4℃일 때 토양깊이 5cm는 46.3℃, 30cm는 39.9℃까지 상승하였고 계속하여 40℃ 이상 경과시간은 깊이 5cm에서 305시간, 15cm에서 329시간, 30cm에서는 39℃이상의 온도로 200시간이 되어 토양중의 疫病菌을 死滅하는데 높은 효과가 있었다고 발표한 바 있다.

이러한 점에 비추어 볼 때 여름철 休閑期에 멀칭에 의해 地溫을 충분히 높이면 병원균이 많이 분포되어 있는 根圈 部分의 토양병원균 밀도가 줄어들게 되어 병해 방제에 효과적일 것으로 사료되었다.

토양온도의 상승은 기상의 연차 변동에 따라 차이가 있어 담수처리의 병용으로 딸기위황병 등의 사멸조건을 충족시킬 수 있었다고 小玉 등(1979)이 보고한 바 있는데, 여름철에 비가 많이 내려서 무덥지 않고 서늘한 기상이 계속되는 해는 태양열에 의한 토양 소독 효과가 충분하지 못할 우려가 있으므로 멀칭 기간을 더 연장하면서 다른 방제 수단을 병행할 필요가 있을 것으로 생각되었다

(Hirano 등, 1996; 小玉 등, 1976; 山本, 1987).

小玉 등(1979)과 福井 등(1981)은 하우스 내 토양온도의 日變化에 대하여 조사하였는데, 지표면의 日最高地溫은 13~14시에 60~70℃로 되고 심층부로 갈수록 시간적으로 늦어져서 地表面 20cm에서는 19~20시경에 나타났고, 日較差는 地表面일수록 크고 深層部로 갈수록 적었으며 地表面 20cm에서는 약 5℃의 變溫이었다고 하였다.

猪坂(1985)는 태양열 이용에 의한 露地의 토양병해 대책에 대하여 보고하였는데, 露地의 태양열 처리 효과는 병원균의 死滅 또는 不活性化에 요하는 地溫이나 그 적산시간에 따라 결정된다고 하였으며, 耕種的인 면에서 볼 때 소독효과가 미치는 土層은 地表面 10~15cm 정도이므로 淺根性 菜蔬나 재배기간이 짧은 채소에는 효과가 높았다고 하였다. 처리기간중의 地溫 上昇 程度는 그 해의 기후에 좌우되기 때문에 몇 일을 처리해야 소독효과가 있을까 결정하기가 어려우므로 최고기온으로부터 地溫을 추정하여 처리기간을 설정할 수 있다고 하였다. 또 최고 기온에 따른 地表面 10cm의 지온이 40℃ 이상에 달한 시간과의 관계를 측정하였는데, 최고기온 30℃의 날은 40℃ 이상의 地溫이 4.5시간, 31℃인 날에는 5.9시간, 32℃의 날에는 7.2시간 지속되었다고 하였다.

Fig. 3은 1998년 8월 한 달 동안 토양깊이 10cm 地溫의 變化를 나타낸 것으로서 멀칭 처리구의 地溫이 노지 보다 훨씬 높게 유지되는 것을 알 수 있었다.

福井 등(1981)은 露地에서 비닐 또는 폴리에틸렌 필름에 의한 피복으로 지온 상승 효과가 나타나는 것을 확인하였는데, 3년간 처리기간 중 피복구는 지하 5cm에서 평균 日最高地溫 46.5℃로 되었고 무처리구보다 11.8℃나 높았으며 일사량이 많은 1979년에 최고지온을 나타낸 8월 2일에는 지하 5cm에서 피복구는 무처리구에 비하여 最高地溫이 15℃ 높았고 50℃가 되었다고 하였다. 지하 10cm에서는 피복구의 하루 평균 최고지온은 무처리구에 비하여 9.5℃ 높은 41.9℃로 되었고, 지하 20cm에서는 7.9℃ 높게되어 38.9℃로 되었다고 한

결과와 비슷한 경향이였다.

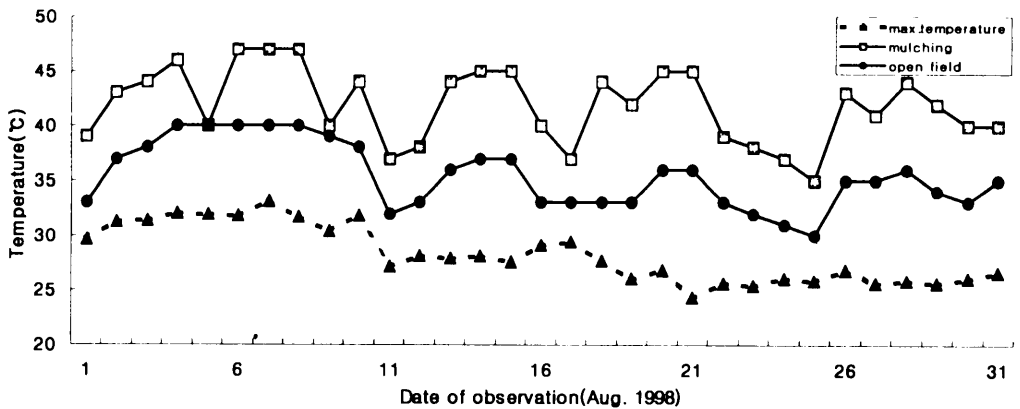


Fig. 3. Changes in maximum air and soil(10cm depth) temperature according to the treatment.

## (2) 土壤微生物의 檢出

여름철 休閑期 P.E. 필름 멀칭 처리가 여러 가지 토양미생물 사멸에 미치는 영향을 알아보기 위하여 비닐 멀칭하기 전과 태양열 토양소독 후의 토양을 채취하여 미생물을 분리 비교하였다(Table 3).

토양 10cm 깊이에서 태양열 토양 소독 처리 전과 처리 후의 *Fusarium oxysporum* 및 絲狀菌, 放線菌, 細菌의 密度 變化를 분석한 결과, 양배추 시들음병의 병원균인 *Fusarium oxysporum*은 P.E. 필름멀칭처리구에서 현저히 줄어든 반면 사상균은 무처리구에서는 늘어났고 P.E. 필름멀칭처리구에서는 감소하는 경향이였다. 해로운 병원균에 대하여拮抗菌으로 활용이 가능한 방선균 및 세균의 수는 멀칭처리구에서 처리 전보다 상당히 많이 늘어나 높은 온도에 잘 적응하는 것으로 보이며 태양열 처리에拮抗菌을 이용한 生物學的 防除 方法을 병행한다면 토양병해에 의한 피해를 줄이는 효과가 더욱 향상될 것으로

생각되었으며, 이러한 결과는 宮本 등(1995)이 태양열 토양소독처리를 하면 높은 온도를 좋아하는 유익한拮抗微生物이 많이 분포하게 되고 따라서 해로운 병원균이 차후에 2次的으로 침입하는 것까지 막을 수 있을 것이라고 한 보고 내용과 비슷한 경향이였다.

**Table 3.** Changes in the density of microorganisms by P.E. film soil mulching.

| Items               | <i>F. oxysporum</i><br>( $\times 10^3$ /g soil) |                | Fungi<br>( $\times 10^5$ /g soil) |                | Actinomycetes<br>( $\times 10^4$ /g soil) |                | Bacteria<br>( $\times 10^4$ /g soil) |                |
|---------------------|---|----------------|-----------------------------------|----------------|---|----------------|--------------------------------------|----------------|
|                     | Before mulching                                 | After mulching | Before mulching                   | After mulching | Before mulching                           | After mulching | Before mulching                      | After mulching |
| P. E. film mulching | 6.0   | 1.0            | 14.0                              | 5.0            | 1.5                                       | 21.0           | 19.0                                 | 30.5           |
| Control             | 5.5   | 3.0            | 14.5                              | 19.0           | 2.5                                       | 6.5            | 20.5                                 | 21.5           |

작물의 뿌리 부분에 있는 사상균 構成集團의 多樣性은 작물 뿌리 발달과 밀접하게 관여한다고 하였는데, 사상균 구성집단이 다양화됨에 따라 뿌리의 생육이 촉진되는 機作은 현재 밝혀져 있지 않지만 根圈에 생육하는 사상균의 종류가 풍부해짐에 따라 사상균 상호 작용이 다원화되기 때문에 뿌리의 발달을 저해하는 병원균의 증식은 제어되고, 뿌리의 발달에 좋은 根圈 形成이 이루어진다고 하였으며, 사상균 구성집단이 단순화되기 쉬운 連作 圃場에 있어서도 堆廐肥의 施用에 따라 뿌리의 발달이 촉진되는 것으로 알려져 있는데 그 배경에는 根圈의 사상균 구성집단의 다양화가 관여하고 있는 것으로 생각되며, 토양병해에 대해서 지금까지는 병원균의 활성 억제가 주요 과제로 되었지만 앞으로는 병원균

자체의 활성 억제와 함께 미생물 구성집단 전체를 어떻게 관리하여 나갈 것인가가 큰 과제로 될 것이다. 또 토양 중에 있는 병원균을 완전히 없애는 것은 불가능하므로 풍부한 구성집단을 이루게 하여 해로운 병원균의 활성을 약화시키고 작물 생육을 좋게 하는데 기여하도록 하는 것이 바람직하다고 생각되었다(新田, 1989).

梁(1999)은 發病地의 토양이 無發病地의 토양보다 세균 밀도가 높은 경향이었고 방선균은 발병지 토양이 무발병지의 토양보다 낮았으며 사상균의 밀도는 무발병지의 쪽이 발병지 보다 높은 경향이었고 Fusarium 균의 밀도도 발병지가 무발병지 보다 높았다고 하였다. 그리고 新田(1989)는 연작을 하였을 때 토양 중의 사상균 구성집단 변화에 대한 보고에서 연작을 하면 사상균 집단이 단순화되는 이유로 수확 후 포장에 남겨진 농작물의 찌꺼기가 영향을 주는 것이라고 하였다. 미생물은 환경 조건에 따라서 優點하는 종이나 대사능력이 변하기 쉬우므로 새로운 환경조건에 적응한 그 때까지와는 다른 균이 불어나고 잠재적 저해능력이 활성화하는 것으로, 유기물을 첨가하면 根圈의 細菌, 放線菌이나 絲狀菌이 증가하고, 방제효과가 높은 토양에서는 세균 수와 방선균 수와의 비가 적은 것으로 알려져 있지만 이것은 유기물의 종류나 첨가 후 조사시기에 따라 변동이 커서 반드시 정확하지는 않다고 하였다. 그러나 拮抗性細菌 數는 옥수수를 첨가한 경우에는 처리 후 3주 째에 최고의 균수로 되고 拮抗性의 放線菌 수는 5주 째에 최고치로 되었으며, 옥수수 등의 유기물 첨가에 따라 拮抗性 放線菌이 증가하면 Rhizoctonia 속 균의 着生率이 저하한다고 하였다(渡辺, 1980). 그리고 小玉(1979)는 하우스를 밀폐하거나 지표면 P.E. 필름 멀칭 등에 의해 급격히 올라가는 地溫의 변화와 산소의 缺乏(還元化)이 토양 미생물의 활동에 상당한 영향을 미친다고 하였다. 특히 사상균은 처리기간 동안에는 밀도가 낮은 상태를 유지하였고, 耐熱性 및 好熱性인 유익한 미생물이 많이 분포하게 되며, 처리 종료 후에는 더욱 미생물이 증가하는 경향을 보였는데 하우스 개방 20일 이후에는



처리 전과 같은 정도가 검출되어 復活이 확인되었다고 하였다.

北田(1997)는 태양열 처리가 완료된 토양을 처리일수별로 채취하고 稀釋平板法에 의해 토양 중의 *Fusarium oxysporum*과 그 외 다른 사상균 포자 수를 조사한 결과 *Fusarium oxysporum*은 20일간 처리로 현저히 孢子密度가 줄어들었고, 그 밖의 사상균은 40일간 이상 처리했을 때 密度가 현저하게 저하하는 것을 밝혔다. 비교적 낮은 온도가 계속되는 우기인 경우에도 40일 이상의 처리에서는 장시간의 고온 효과가 기대되어 병원균 밀도저하가 될 것으로 사료된다고 하였고, 태양열 토양소독에 의해 잡초의 발생도 억제되었는데 20일간 처리하였을 경우 잡초의 밀도를 1/6정도로 억제할 수 있었고 40일간 이상 처리하면 거의 발생하지 않았다고 하였다.

### (3) 病原菌의 密度 變化와 死滅 溫度

병원균의 사멸온도를 조사하기 위하여 양배추 시들음병 병원균인 *Fusarium oxysporum*을 대상으로 온도 처리에 따른 밀도 변화를 조사한 결과는 Table 4와 같았다.

실온에서는 5일 후와 30일 후의 분리 정도에 큰 차이가 없었으나 35℃ 처리구에서는 처리 전에  $120 \times 10^3$ /g soil이었는데, 처리 5일 후  $24 \times 10^3$ /g soil로 균의 밀도가 감소하였으며, 處理期間이 길어질수록 密度가 점점 줄어들었다. 40℃에서는 처리 10일 후부터, 45℃ 이상에서는 5일 후에도 균이 분리되지 않은 것으로 보아 온도의 영향이 크게 작용함을 알 수 있었다. 따라서 양배추 시들음병균 밀도는 35℃ 온도에서 시간이 지속될수록 점차 감소되는 것으로 나타났다(Hirano 등, 1996). 그러나 이것은 일정하게 온도가 유지된 상태에서 나타난 결과이므로 실제 포장에서는 다소 차이가 있을 것으로 생각되었다.

**Table 4.** Changes in the density of *Fusarium oxysporum* according to date numbers of bed temperatures.

| Bed temperature  | Days              | Density of <i>Fusarium oxysporum</i> ( $\times 10^3$ /g soil) |               |               |               |               |               |
|------------------|-------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                  | Before treatments | After 5 days  | After 10 days | After 15 days | After 20 days | After 25 days | After 30 days |
| Room temperature | 120               | 142   | 156           | 121           | 135           | 141           | 92            |
| 35℃              | 120               | 24  | 14            | 10            | 12            | 0             | 0             |
| 40℃              | 120               | 1   | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             |
| 45℃              | 120               | 0   | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             |
| 50℃              | 120               | 0   | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             |
| 55℃              | 120               | 0   | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             |

Kodama와 Fukui(1982a)는 1977~1979의 3개년의 여름철에 딸기 育苗圃의 위황병을 대상으로 지표면에 폴리에틸렌 필름을 被覆하여 地溫의 상승상태를 조사하고 그 처리효과를 보고하였다. 딸기 위황병균의 유효사멸온도범위인 40℃ 전후에 도달할 가능성이 높은 것은 地表下 10~15cm 층까지이고 20cm 층에서는 거의 40℃에 도달하지 못하였다고 하였다. 그러나 병원균이 토양깊이별 존재 형태는 토양깊이 10~15cm까지 많이 분포하며 25cm까지도 분리되는 예가 있다고 하였다(福井 등, 1981; 清水와 川田, 1986).

北田(1997)는 입고성 병해의 병원균 사멸온도를 조사하였는데 여름 파종 시금치의 입고성 병해에는 *Rhizoctonia* 속, *Fusarium* 속, *Pythium* 속 등의 병원균이 관여하였으며, 이들은 열에 비교적 약한 특징을 갖고 있다고 하였다. 그는 실험실내에서 각종 병원균을 25, 40, 45, 50℃에서 濕熱處理한 경우 각각의 병원균의 死滅狀況에 대하여 조사한 바, 입고성 병균인 *P. ultimum*은 40℃에서

48시간 이상, 같은 입고병균인 *P. aphanideratum*은 45℃에서 24시간 이상, 줄기 썩음병균인 *R. solani*는 45℃에서 12시간 이상, 위축병균인 *F. oxysporum*은 45℃에서 60시간 이상 처리로 사멸되는 것을 확인하였다. 그러나 이러한 균의 사멸에는 40℃ 이상의 온도가 영향을 주었으며, 4종류의 균 중에서 가장 사멸하기 어려운 것은 위축병균이었다고 하였다. Hirano 등(1996)은 토양 중의 遊走子나 卵胞子에 대해 열처리 효과를 검토한 결과 遊走子는 35℃에서 5시간 이상, 卵胞子는 40℃에서 15시간 이상 유지되었을 때 사멸한다고 보고하였고, 小玉 등(1979)은 여름철 시설재배의 休閑期에 태양열과 하우스 밀폐 처리, 플라스틱제 필름에 따른 지표면 피복 및 담수처리에 의한 토양소독의 실용성을 검토한 결과 딸기 위황병균(*F. oxysporum* f. sp. *fragariae*)의 사멸에 요하는 온도와 기간은 액체배양균에서는 45℃, 24시간 이내, 이병주 중에서는 3일간, 自然病土에서는 6일간의 항온처리에서 검출되지 않았으나 보다 높은 온도에서는 단시간에 사멸하였다고 했으며, 또 담수, 전분 첨가 등에 의한 病土 중의 *F. oxysporum* 수는 많이 줄어들었고, 45℃의 4일 후에는 검출되지 않았다. 그러나 40℃ 전후의 낮은 온도 범위에서도 8~14일 후에는 검출되지 않았다고 하였다. 밀폐 하우스 내의 토양 중에 매몰한 병원균, 토마토 白絹病菌의 菌絲에서는 처리 3일 후에 地表下 15cm 층까지 검출되지 않았고, 딸기 위황병, 가지 半身萎縮病 (*V. albo-atrum*)의 罹病株에서는 3일간 처리에서 地表下 5cm 층까지, 6일간 처리에서 地表下 15cm 층까지 검출되지 않았다고 하였다. 이러한 결과로부터 토양전염성 병원균의 사멸조건은 열 만에 의한 경우에는 45℃, 5일간을 필요로 하고, 다른 처리를 병용하거나 기간을 늘리는 경우에는 40℃ 전후에도 가능하다고 하였으므로 1999년과 같이 處理 期間의 기온이 그다지 높지 않을 때에는 처리 기간을 더 늘려야 할 것으로 생각되었다. 그리고 20cm 이상 깊은 곳에는 온도가 올라가기 어려우므로 태양열 토양소독의 적용 범위를 병원균의 종류, 토양 깊이에 따라 정확히 밝힐 수 있는 실험이 수행되어야 할 것으로 推察되었다.

Fig. 4는 양배추 시들음병을 일으키는 병원균(*F. oxysporum*)의 포자 현탁액을 PDA배지에 넣고 20, 28, 45℃로 조절한 恒溫器에서 72시간 배양한 후 포자의 발아상태를 조사한 결과이다. 병원균 포자가 20℃와 28℃에서는 양호하게 발아하여 자랐지만 45℃에서는 그 생육이 매우 부진하였다.

梁(1999)은 *F. oxysporum*이 5℃에서 생육이 저조했으나 菌株 間에 차이가 있어서 10~35℃에서 균사가 성장하였고, 26℃에서 최고의 生長率을 보였으나 35℃에서 성장속도가 급격히 저하하였다고 하였는데 본 시험의 결과도 비슷한 경향이었다(Walker와 Smith, 1930). 양배추 시들음병을 일으키는 병원균이 가장 좋아하는 생육최적온도가 27℃ 정도이고 생육 가능 온도는 7~35℃라고 알려져 있는데, 태양열에 의하여 地溫을 높게 유지할 수 있다면 효과적으로 시들음병을 억제할 수 있을 것으로 사료되었다.

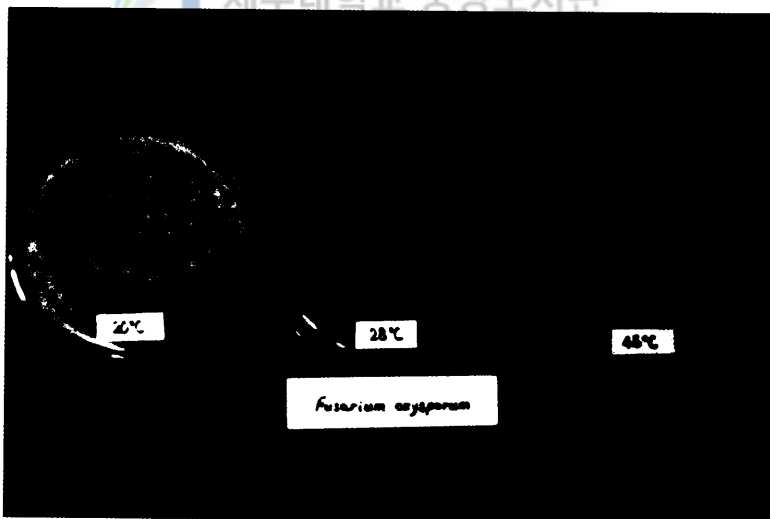


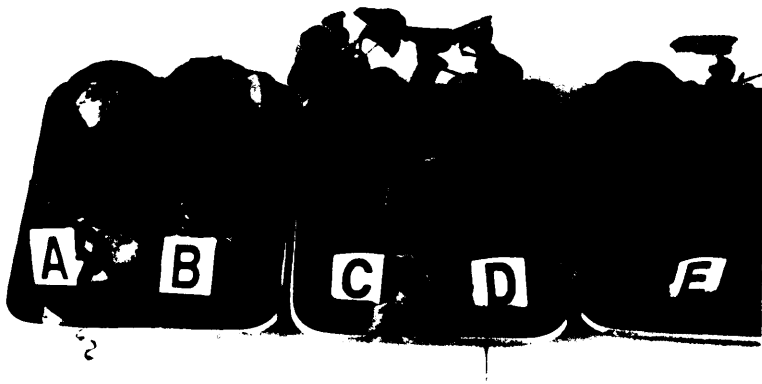
Fig. 4. Growth of *F. oxysporum* spore on media(PDA) with various temperature treatments.

Left : 20℃, Middle : 28℃, Right : 45℃

양배추 시들음병 발생을 최대로 억제할 수 있는 온도를 알아보기 위하여 실험실에서 시험을 실시하였다(Fig. 5). 비닐포트에 양배추 시들음병을 일으키는 병원균 현탁액을 섞은 흙을 넣고 45℃의 恒溫器에 1~7일간 처리한 다음 꺼내어 양배추 苗種을 심고 관찰하였다. 양배추 苗種은 병에 잘 걸리는 품종인 '四季穫'으로 하였고 生育狀態가 비슷한 것을 사용하여 관찰한 결과 열처리를 하지 않은 비닐포트(대조구)에 심은 양배추는 7일 후에 노랗게 변하기 시작하였고, 10일경에는 병에 걸린 증상이 뚜렷하게 나타났으며 약 2주일 후에는 완전히 시들어 죽었다. 3일 이상 열처리를 한 흙에 심은 양배추는 2주일이 지난 후에도 병이 발생하지 않았는데 이와 같은 결과로 45℃ 이상의 온도를 계속적으로 유지하면 병원균의 활동이 둔화됨을 확인할 수 있었다. 그러나 실제 재배 포장에서는 45℃ 정도의 온도를 몇일 동안 연속적으로 유지하기가 곤란하기 때문에 비닐 멀칭하는 기간을 충분히 늘려 효과를 높일 필요가 있을 것으로 사료되었다.

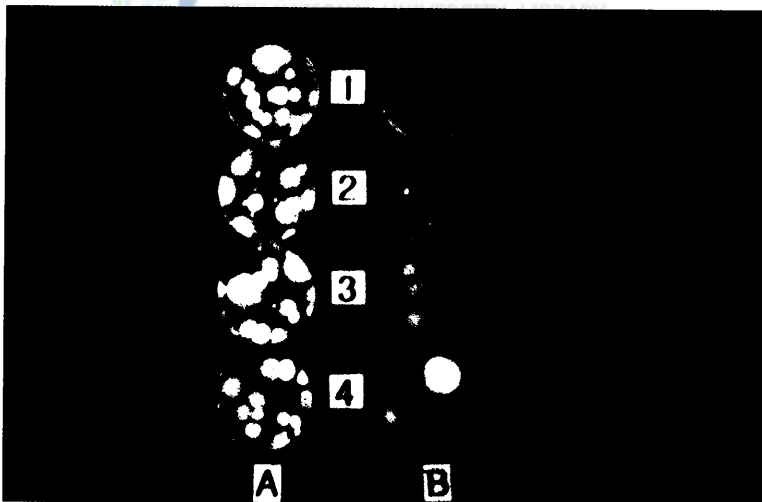
小玉와 福井(1979)는 하우스 내의 토양온도는 여름철 맑은 날이 지속되는 해에는 地表下 20cm까지 45℃ 이상으로 되기가 쉬우므로 지표면에서는 태양열 만으로도 짧은 기간에 살균이 가능하였고, 하우스 내 20cm 깊이에서는 40℃ 이상의 토양온도가 주야 지속되기 위해서는 처리 개시부터 약 6~7일간을 요하고 45℃ 이상으로 지속하기 위해서는 약 10일이 걸린다고 하였다.

猪坂(1985)는 菜蔬類의 苗 입고병(Rizoctonia 속 균, Pythium 속 균)에 대해서는 病原菌의 死滅溫度가 비교적 낮고, 뿌리가 淺根性이면서 栽培期間도 짧기 때문에 5~10일간의 처리가 좋다고 하였으며, 배추 뿌리마름병은 20~30일간, 상치 빅베인(big vein)병, 완두 줄기괴저병, 十字花科 뿌리혹병 및 시금치 萎縮病에 대해서는 30~50일간의 처리가 필요할 뿐만 아니라 高溫인 해는 처리기간이 짧아도 좋으나 흐린 날이 많은 해에는 처리기간을 더 길게 할 필요가 있고 채소재배 기간에도 被覆을 계속할 필요가 있다고 하였다.



**Fig. 5.** Effect of heat treatment on control of cabbage yellows.  
 A: Control, B: 1 day, C: 3 days, D: 5 days, E: 7 days on 45°C, respectively.

제주대학교 중앙도서관



**Fig. 6.** Changes in the density of *Fusarium oxysporum* spore according to depth of soil in the experiment field.  
 A : Control, B : Soil solar sterilization,  
 1 : 5cm depth, 2 : 10cm depth, 3 : 15cm depth, 4 : 20cm depth.

Fig. 6은 *F. oxysporum*을 混入한 滅菌 土壤을 양배추 재배시험 포장에서 멀칭 처리하기 전에 땅 속에 묻고 태양열 소독 처리 후에 꺼내어 토양 깊이에 따른 태양열 토양소독의 효과를 측정 한 것이다.

토양 깊이에 따라 균 檢出量이 차이를 보였으며 대조구에 비하여 태양열 처리구의 균 검출량은 매우 적게 나타났다.

小玉 등(1980)은 태양열에 의한 토양 소독 처리로써 토양 속의 *F. oxysporum* 밀도가 어떻게 변하는가 조사하였는데 0~5cm에서는 검출되지 않았고 10~15cm에서는 약 60%, 20~25cm에서는 약 20% 감소한 반면 시금치 시들음병을 일으키는 병원균, 오이 덩굴쪄짐병의 병원균, 무 시들음병의 병원균을 접종하여 토양깊이 10cm와 20cm에서 처리 후 10일마다 土壤 試料를 採取하고 각 병원균 수를 조사한 결과 피복을 하였을 경우 토양 깊이 10cm에서 처리 10일 이후에는 검출되지 않았고, 토양 깊이 20cm에서는 처리 후에도 검출되었지만 처리 전의 菌量에 비해 1/10~1/20로 減少되었다고 하였으며(清水와 川田, 1986), 福井 등 (1981)도 딸기 萎黃病에 대한 태양열 토양 소독 처리 결과 해에 따라서 변동이 있었지만 발병경감효과가 나타났다고 하였는데, 被覆區는 무처리구에 비하여 발생이 지연되어 재배초기의 방제 효과가 나타났고, 菌量을 조사한 결과 피복구는 지하 0~5cm에서 菌量이 줄어든 것을 확인하였다. 또 시금치의 줄기썩음병, 가지 半身萎縮病, 콩 白絹病에 대하여도 防除效果가 나타났다고 하였다.

온도조건에 따른 菌絲生長 관찰 결과 25℃ 정도에서는 정상적으로 生育하였지만 15℃와 35℃에서는 그 生長이 느리고 45℃에서는 菌絲가 전혀 자라지 못하였다 (Table 5). 따라서 태양열 토양소독 처리를 하면 *F. oxysporum*을 抑制하는데 效果가 있을 것으로 기대되었다.

**Table 5.** Difference in mycelial growth of *F. oxysporum* according to various temperature treatments.

| Bed temperature | Days  |              |              |              |              |              |
|-----------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                 | Mycelial diameter of <i>F. oxysporum</i> (cm) |              |              |              |              |              |
|                 | After 1 day                                   | After 2 days | After 3 days | After 4 days | After 5 days | After 6 days |
| 15℃             | 0.0   | 0.0          | 2.0          | 3.4          | 4.7          | 8.5          |
| 25℃             | 1.6   | 2.4          | 7.8          | 8.6          | 9.0          | 9.0          |
| 35℃             | 0.0   | 0.0          | 3.8          | 5.2          | 7.4          | 9.0          |
| 45℃             | 0.0   | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.0          |

**Table 6.** Effect of temperature on mycelial growth of *F. oxysporum* on potato dextrose agar. (cm)

| Treatment        | Before treatment | After treatment |        |        |        |        |        |
|------------------|------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                  |                  | 1 day           | 2 days | 3 days | 4 days | 5 days | 6 days |
| 45℃ 1 hour → 28℃ | 0.5              | 1.6             | 2.1    | 6.8    | 7.4    | 8.8    | 9.0    |
| 45℃ 2 hour → 28℃ | 0.5              | 1.0             | 1.2    | 1.6    | 2.2    | 4.0    | 6.8    |
| 45℃ 3 hour → 28℃ | 0.5              | 0.5             | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    | 0.5    |
| 28℃              | 0.5              | 1.9             | 2.4    | 7.6    | 9.0    | 9.0    | 9.0    |

*F. oxysporum*이 잘 자라지 못할 정도의 높은 온도를 노지 재배포장에서 오랜 시간 동안 유지하는 것은 곤란하지만 맑은 날 1~2 시간 유지하는 것은 가능할 것으로 推察되었다.

Table 6은 *F. oxysporum*의 菌絲 切片(직경 0.5cm)을 45℃에서 1시간, 2시간, 3시간 동안 각각 생육시킨 후 28℃에 두었을 때 균사가 자란 것을 측정한 결과인데 45℃에서 1시간 처리한 것에서는 생육이 좋았으나 2시간 처리에서는 자라는 속도가 느리게 나타났고 3시간 처리에서는 균사가 자라지



못함을 알 수 있었다.

#### (4) 土壤의 理化學性 變化

태양열 토양소독 처리 전후에 시험포장의 토양 시료를 채취하여 pH, 유기물, 인산, 置換性鹽基 등 土壤의 理化學性을 조사하였다(Table 7).

**Table 7.** Effect of soil solar sterilization on physio-chemical properties.

| Soil texture     | pH(1:5)            | 0.M (%) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg) | K (me/kg) | Ca (me/kg) | Mg (me/kg) |
|------------------|--------------------|---------|---------------------------------------|-----------|------------|------------|
| Standard         | 6.0~6.5            | 2~3     | 350~450                               | 0.7~0.9   | 6~7        | 2.0~2.5    |
| Before treatment | 5.1                | 2.5     | 583                                   | 0.7       | 2.8        | 2.4        |
| After treatment  | A <sup>Z</sup> 6.7 | 1.8     | 432                                   | 0.5       | 3.1        | 3.3        |
|                  | B 5.7              | 3.1     | 623                                   | 0.4       | 2.4        | 1.4        |
|                  | C 6.0              | 1.1     | 450                                   | 0.7       | 4.2        | 2.0        |
|                  | D 5.9              | 1.5     | 413                                   | 1.1       | 4.5        | 2.3        |
|                  | E 5.5              | 2.8     | 747                                   | 0.4       | 2.6        | 1.9        |

<sup>Z</sup> A : P.E. film mulching

B : Manure and P.E. film mulching

C : Dazomet and P.E. film mulching

D : Sorghum and P.E. film mulching

E : Control

토양 pH는 처리 전에 5.1로 적정치 6.0~6.5 보다 매우 낮았는데 처리 후에는 전반적으로 pH 數值가 올라가는 경향을 보였다. P.E. 필름멀칭 처리구는 pH 6.7로 가장 높았고, 그 다음이 Dazomet 처리후 P.E. 필름멀칭 처리구가 pH 6.0으로 나타나 적정치 범위로 되었다.

유효 인산은 처리 전에 적정치 350~450mg/kg 보다 다소 높은 583mg/kg이었으나 청예수수 施用後 P.E. 필름멀칭 처리구, P.E. 필름멀칭 처리구, Dazomet 처리후 P.E. 필름멀칭 처리구에서는 처리전보다 함량이 내려가 적정치로 되었다.

칼슘은 처리 전에 적정치 6~7me/kg보다 낮은 2.8me/kg이었는데 처리 후에는 다소 증가하는 경향이었지만 적정치보다는 매우 부족하였다.

梁(1999)은 Fusarium 병 발생지의 土壤環境實態調查에서 발생지 토양에는 鹽類濃度가 매우 높고 발병정도가 높게 될수록 뿌리의 腐敗가 심할 뿐 아니라 뿌리의 腐敗, 脫落이 심하게 되는 것은 鹽類濃度 障害에 의하여 작물이 損傷되는 것이므로 작물재배에 우선적으로 고려되어야 한다고 하였으며, 또 Fusarium 병과 염류농도와의 관계를 밝히기 위하여 Fusarium 병 發生地의 토양에 병원균을 접종하고 발병을 조사한 결과 염류 농도가 높은 토양에서는 발병도 심하고, 뿌리의 부패, 維管束의 褐變이 인정되었으며, 균도 再分離되었다고 하였다. 양과 건부병(兒玉, 1983), 박과 덩굴쪼김병(河合 등, 1958), 토마토 근부위축병(宮川 등, 1976), 심비디움 부패병(酒井, 1996), 파 근부위축병(新村, 1997) 등에서도 고염류 농도 토양에서의 발생이 보고되고 있으므로 태양열 토양소독에 의해 토양의 이화학성이 작물 생육에 좋은 쪽으로 변화할 가능성이 있을 것으로 생각되었지만 이에 대한 정확한 機作의 해명을 위해서 보다 더 상세한 검토가 필요할 것으로 推察되었다.

## 나. 太陽熱 消毒에 의한 양배추 시들음병 防除 效果

### (1) 양배추 시들음병 罹病率 調査

양배추 시들음병은 9월 하순부터 증상이 나타나기 시작하여 10월 상순까지 急增하였으나 그 以後에는 더 以上 罹病率이 增加하지 않았다. 따라서 양배추의

경우 *Fusarium oxysporum*이 식물체에 被害를 주는 時期는 苗가 크게 자라기 以前인 10월 상순까지 약 15~20일 정도로 推定되었다.

1998년과 1999년 모두 태양열 토양소독 처리구의 罹病率이 대조구에 비하여 적게 나타나 有意差가 인정되었고, 1998년에는 처리간에 고도의 有意性이 인정되었다(Table 8).

**Table 8.** Effect of solar sterilization on the control of *Fusarium oxysporum* by various treatments. (%)

| Treatment | P.E. film mulching                    | Manure and P.E. film mulching | Dazomet and P.E. film mulching | Sorghum and P.E. film mulching | Control | Average |
|-----------|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|
| 1998      | 44.5                                  | 16.7                          | 8.3                            | 27.8                           | 69.5    | 33.3    |
| 1999      | 19.5                                  | 19.4                          | 13.9                           | 16.7                           | 27.8    | 19.4    |
| Average   | 32.0                                  | 18.1                          | 11.1                           | 22.2                           | 48.7    |         |
| LSD(5%)   | between year means                    |                               |                                |                                |         | 11.6    |
| LSD(5%)   | between treatment means               |                               |                                |                                |         | 10.0    |
| LSD(5%)   | between treatment means for same year |                               |                                |                                |         | 14.1    |

'四季穫'은 맛이 좋고 부드러워 消費者가 選好하고 있으나 시들음병에 매우 약한 것으로 알려져 있다(高, 1998). 1998년의 경우 P.E. 필름 멀칭 처리구의 罹病率이 44.5%였는데 비하여 대조구의 罹病率은 69.5%로 차이를 보였고 퇴비 施用後 P.E. 필름 멀칭 처리구 및 청예수수 施用後 P.E. 필름 멀칭구의 罹病率이 각각 16.7% 및 27.8% 순으로 낮아지는 경향을 보였다. 이것은 태양열 토양소독 처리로 地溫이 높아져 土壤內 병원균의 밀도가 낮아졌기 때문에 시들음병 罹病率이 낮아진 것으로 推察되었다(Katan, 1980, 1983;

Grinstein 등, 1979; Pullman 등, 1981; 小玉 등, 1979; 駒田 등, 1980; 清水 등, 1987; Hirano 등, 1996).

宮本과 小玉(1995)는 40~45℃의 온도가 14~20일간 계속되어야 태양열 토양 소독 처리 효과가 나타난다고 하였는데 1999년의 異常氣象下에서는 14일 이상 高溫으로 유지되지 못하였으므로 효과가 적었던 것으로 생각되었다.

1999년의 여름은 비가 내린 날이 많아 日照時間이 平年보다 매우 부족하게 나타났고 강우량도 평년보다 매우 많았다(Table 2). 이러한 氣象條件으로 인하여 全般的으로 양배추 시들음병이 다른 해보다 덜 발생하였고 태양열 처리 효과도 크지 않았던 것으로 思料되었다.

약제 처리에 의한 토양소독은 병원균뿐만 아니라 유익한 拮抗菌까지 모두 죽이는 것으로 알려져 있는데(小玉 등, 1979), 1998년, 1999년 두 해 모두 약제 처리에 의한 토양소독은 罹病率이 가장 적게 나타나 방제효과가 다른 처리구보다 높았지만 1998년의 이병율 8.3%에서 1999년에는 13.9%로 增加하는 경향이 나타났다. 이것은 병원균의 토양소독 약제에 대한 耐性 發達 때문이거나 拮抗菌의 死滅에 기인한 것이 아닌가 생각되었다.

小玉 등(1979)도 태양열 토양 소독에 의해 *Fusarium oxysporum*은 無處理土壤, 하우스 密閉處理土壤에서 적게 검출되었고, 취화메틸제, 高壓蒸氣 消毒 및 클로르피클린제 처리토양의 順으로 많았다고 하였는데, 各 處理 土壤에 菌 接種 3일 후에 심은 딸기 어린 묘의 萎黃病 發生에는 差異를 인정할 수 없었지만, 菌 接種 30일 후에 심은 딸기에서는 發病 差가 크게 나타났고 무처리 및 하우스 밀폐처리토양에서는 發病率이 크게 감소되었으나 클로르피클린제로 소독한 토양에서는 그 發病率이 높았다고 하였는데 이 부분에 대해서는 앞으로 深度 있는 研究가 이루어져야 할 것으로 생각되었다.

퇴비처리구에서 罹病率이 비교적 낮게 나타났는데 有機物 施用과 토양 병 발생에 관한 연구보고는 많다(松田, 1978 ; 新田와 松口, 1988; 今野 등,

1988). 그러나 같은 유기물을 施用하여도 반응이 다르고 발병이 경감되거나  
 조장되는 등 유기물의 시용 효과는 작물 및 병해의 종류에 따라서 복잡한 반응을  
 나타내며, 이와 같은 현상은 유기물의 종류 뿐만 아니라 화학비료 施用量이나  
 施肥 時期에 따라서도 반응이 다르며 Fusarium 병에 대한 발병 정도도 다르게  
 나타나는 것에 대하여 梁(1999)은 그 이유를 퇴비 성질이 다른 것을 사용하였기  
 때문이며, 같은 有機物일지라도 그 성상이나 시용 방법에 따라 작물에 미치는  
 영향이 크게 달라질 수 있다고 하였다. 駒田 등(1980)은 유기물과 석회질소를  
 施用한 후 충분히 灌水를 한 다음 멀칭을 하여 여름철 露地 土壤消毒을 실시한  
 바, 양배추의 根腐病은 罹病株率이 13~45%로 낮아져 방제 효과가 인정  
 되었다고 보고하였다. 또한 土壤病害蟲 防除 對策으로 太陽熱을 이용할 경우  
 病原菌의 密度가 낮아질 뿐만 아니라 發病 抑制나 遲延 등으로 피해의 輕減 效果를  
 어느 정도 調節할 수 있다고 보고한 바 있다.

靑세作物을 밭에 넣어주면 토양병해 방제에 효과가 있는 것으로 알려져 있는데,  
 토양 병의 발생을 줄이기 위하여 靑세 보리를 밭에 添加하면 土壤 中の 細菌이  
 증식될 뿐만 아니라 병원균이 감염될 때 가장 필요한 질소 성분이 細菌에 의해  
 먼저 이용되기 때문이라고 한 것(渡辺, 1980)과 유사한 결과로 생각되었다.

시들음병에 의한 양배추의 枯死率(Table 9)은 대조구가 1998년에 75.9%였고,  
 1999년에 69.5% 정도로 큰 차이가 없었다. P.E. 필름멀칭처리구는 1998년  
 36.7%, 1999년 27.8%로 낮은 경향을 보였으나 枯死되지 않은 罹病株도  
 生育이 부진하여 商品性이 매우 떨어졌다. 따라서 土壤病은 걸린 다음에 대책을  
 세우는 것보다 미리 준비를 철저히 하여 병에 걸리지 않도록 하는 것이 중요할  
 것으로 생각되었다.

**Table 9.** The mortality rate of cabbage yellows in the fields by various treatments. (%)

| Year    | Treatment                             | P.E. film | Manure and | Dazomet and | Sorghum and | Control | Average |
|---------|---------------------------------------|-----------|------------|-------------|-------------|---------|---------|
|         |                                       | mulching  | P.E. film  | P.E. film   | P.E. film   |         |         |
|         |                                       | mulching  | mulching   | mulching    | mulching    |         |         |
| 1998    |                                       | 36.7      | 27.7       | 100         | 76.7        | 75.9    | 63.4    |
| 1999    |                                       | 27.8      | 33.3       | 83.3        | 72.2        | 69.5    | 57.2    |
| Average |                                       | 32.2      | 30.5       | 91.7        | 74.5        | 72.7    |         |
| LSD(5%) | between year means                    |           |            |             |             |         | 21.9    |
| LSD(5%) | between treatment means               |           |            |             |             |         | 28.2    |
| LSD(5%) | between treatment means for same year |           |            |             |             |         | 39.8    |

**Table 10.** The infection rate of cabbage yellows in the fields by various treatments.

| Year | Rate of infected fields |                        |                | Rate of infected cabbage yellows |                          |                |
|------|-------------------------|------------------------|----------------|----------------------------------|--------------------------|----------------|
|      | No. of surveyed fields  | No. of infected fields | Percentage (%) | No. of surveyed cabbages         | No. of infected cabbages | Percentage (%) |
| 1998 | 81                      | 8                      | 10             | 400 <sup>z</sup>                 | 68                       | 17             |
| 1999 | 84                      | 3                      | 3.6            | 150                              | 21                       | 14             |

<sup>z</sup> No. of infected fields × 50

양배추 시들음병이 발생한 포장과罹病된 양배추 비율을 조사한 결과(Table 10) 1998년에는 조사포장 81개소 중에서 발병포장이 10%를 나타내었고, 발병 포장에서 50주씩 조사한 결과 병에 걸린 양배추는 68포기로罹病率 17%를 나타내었다. 그러나 1999년에는 조사포장 84개소 중 3개 포장에서만 발병이

확인되었고, 발병포장에서의 이병율도 14%로 낮게 나타났다. 이것은 1999년은 비가 많이 내려 서늘한 날씨가 계속되었으므로 *Fusarium* 균의 생육 및 번식에 적합하지 않았기 때문이라고 推察되었다.

**Table 11.** Changes in the density of *F. oxysporum* according to depth of soil in the experimental field.

| Treatment                | Density of <i>F. oxysporum</i> ( $\times 10^3$ /g soil) |        |         |
|--------------------------|---|--------|---------|
|                          | 0~5cm   | 5~10cm | 10~15cm |
| Soil solar sterilization | 17  | 96     | 98      |
| Control                  | 168   | 212    | 298     |

Table 11은 양배추 재배포장의 토양 깊이에 따른 *F. oxysporum*의 밀도 변화를 나타낸 것이다.

무처리구에 비하여 태양열 토양소독 처리구의 *F. oxysporum*이 顯著하게 減少하였고 토양깊이가 깊을수록 菌이 많이 검출되어 어린 양배추의 뿌리는 얇게 분포되므로 태양열 토양소독 처리로 시들음병 방제 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각되었다.

## (2) 生育調査

양배추 定植 2개월 후 草長을 조사하였는데(Table 12) 1998년의 경우 대조구가 23.7cm로 가장 작았고 Dazomet 處理後 P.E. 필름멀칭구, 퇴비시용후 P.E. 필름멀칭구, 청예수수 施用後 P.E. 필름멀칭구, P.E. 필름멀칭구 順으로 큰 차이를 보였으며 1999년에는 P.E. 필름멀칭구가 다소 증가하는 경향을 보였다.

**Table 12.** Comparison with cabbage leaf length according to various treatments by soil solar sterilization. (cm)

| Year    | Treatment P.E. film mulching          | Manure and P.E. film mulching | Dazomet and P.E. film mulching | Sorghum and P.E. film mulching | Control | Average |
|---------|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|
| 1998    | 35.6                                  | 39.2                          | 39.8                           | 38.4                           | 23.7    | 35.3    |
| 1999    | 37.4                                  | 34.3                          | 35.1                           | 31.9                           | 31.5    | 34.0    |
| Average | 36.5                                  | 36.7                          | 37.4                           | 35.2                           | 27.6    | 34.7    |
| LSD(5%) | between year means                    |                               |                                |                                |         | 1.2     |
| LSD(5%) | between treatment means               |                               |                                |                                |         | 1.2     |
| LSD(5%) | between treatment means for same year |                               |                                |                                |         | 1.7     |

**Table 13.** Comparison with cabbage head weight according to various treatments by soil solar sterilization. (kg)

| Year    | Treatment P.E. film mulching          | Manure and P.E. film mulching | Dazomet and P.E. film mulching | Sorghum and P.E. film mulching | Control | Average |
|---------|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|
| 1998    | 1.8                                   | 2.1                           | 2.2                            | 2.0                            | 2.1     | 2.0     |
| 1999    | 2.7                                   | 2.1                           | 1.8                            | 1.6                            | 1.8     | 2.0     |
| Average | 2.3                                   | 2.1                           | 2.0                            | 1.8                            | 1.9     | 2.0     |
| LSD(5%) | between year means                    |                               |                                |                                |         | 0.1     |
| LSD(5%) | between treatment means               |                               |                                |                                |         | 0.1     |
| LSD(5%) | between treatment means for same year |                               |                                |                                |         | 0.2     |

1999년의 경우에는 대조구 1.8kg/포기에 비하여 P.E. 필름멀칭구는 2.7kg/포기로 다소 차이가 있었지만 전체적으로 볼 때 대조구와 처리구간에 큰 차이는 없었다(Table 13). 따라서 태양열 토양소독처리가 작물 생육에 나쁜



영향을 미치는 경우는 없을 것으로 생각되었다.

#### 다.拮抗微生物處理에 의한 양배추시들음병 防除 效果

지난 수십 년간 有機合成農藥의 사용은 농작물의 增産을 가져왔으나 殘留毒性과 環境 問題 등 여러 가지 이유로 그 사용에 대한 規制가 점점 강화되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 拮抗微生物을 이용한 既存農藥 代替 연구가 활발히 진행되고 있다. 지금까지의 연구 결과로 보아 有用 拮抗微生物로는 *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*, *Streptomyces* 등이 보고되고 있다 (Lee 등, 1995; Kim 등, 1997).

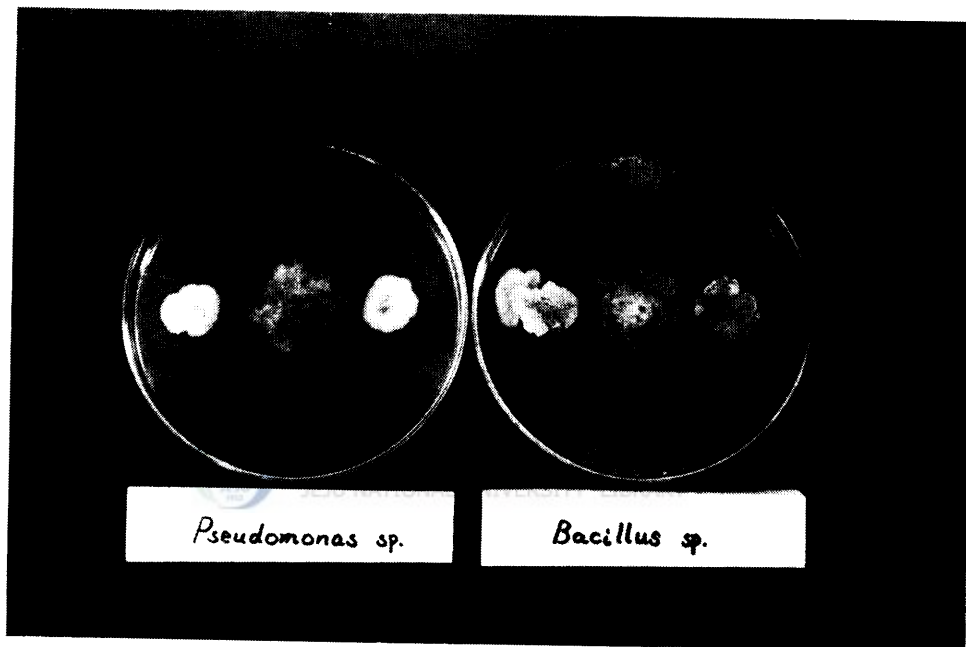
*Bacillus* 속의 菌株들은 好氣性 및 gram陽性이며 内生孢子를 形成하는 桿菌으로 다양한 代謝作用을 한다. 특히 *B. subtilis*의 경우 미국 FDA로부터 GRAS(generally recognized as safe) 微生物로 인정받았는데 여기에는 日本人들이 大豆 醱酵食品 natto를 통해 *B. subtilis* var. *natto* 균을 오랫동안 攝食해온 사실이 安全性을 증명하는 좋은 자료가 되었다고 하였다(박, 1996).

Fig. 7은 *Pseudomonas* sp.와 *Bacillus* sp. 菌株가 PDA 培地上에서 *F. oxysporum*에 대한 菌絲 生育의 抑制 效果를 나타낸 것이다.

Katan(1980)은 45℃ 정도 低溫에 의한 土壤消毒의 경우 열에 의한 殺菌과 동시에 生物學的 防除와의 併用效果가 있다고 발표하였고, 특히 병원균이 死滅 後에 새롭게 발생하는 耐熱性 菌類를 중심으로 한 微生物相이 外部로부터 侵入한 病原菌의 增殖을 抑制할 可能性을 示唆하였다.

小玉 등(1980)은 하우스를 密閉시켰을 때 土壤 微生物에 미치는 영향은 비교적 적게 나타났고 *Bacillus* 속 균 등 耐熱性 菌類가 殘存함을 확인하였다. 그러나 絲狀菌 數는 處理 直後부터 급격히 減少하였고 一部の 耐熱性 菌만이 남았으며, 熱處理를 한 토양에서는 *Talaromyces* sp., *Thielavia* sp.,

*Humicola* sp., *Eupenicillium* sp. 순서로 頻度가 높은 것으로 나타났다. 딸기 재배 포장의 罹病土 中에서는 *F. oxysporum*이 40℃ 以上에서도 檢出되지 않았고 病原菌의 死滅 後에도 耐熱性 絲狀菌이 殘存되는 것을 확인하였다 (Kim 등, 1994).



**Fig. 7.** Inhibiting effect of bacterial antagonists, *Pseudomonas* sp. and *Bacillus* sp., on the mycelial growth of *F. oxysporum*.

圃場에서의 토양소독을 할 경우 耕作土 全層에서 병원균을 완전히 없애는 것은 곤란하므로 發病 水準 以下로 菌數를 저하시키는 部分 殺菌으로 볼 수 있기 때문에 토양소독 후의 殘存하는 토양 미생물의 역할에 주목할 필요가 있다고 생각되었다.

Kwon 등(1996)에 따르면 제주도 토양에는 放線菌 속이 다양하게 분포되어 있고, 이 들 中에서 抗菌 活性이 높은 菌株가 분리되었으므로 앞으로 有益한 拮抗微生物 선발과 응용 분야에 대하여 많은 연구가 필요하다고 思料되었다 (Kim 등, 1996).



**Fig. 8.** Effect of antagonistic microbe on the control of the cabbage yellows by different treatments.

A: Control (25°C), B: 45°C 1 day, C: 45°C 3 days, D: 45°C 3 days + *Bacillus* sp..

*F. oxysporum*으로 汚染시킨 床土를 비닐포트에 넣고 恒溫器를 이용하여 熱處理와 동시에 拮抗微生物을 처리한 다음 양배추 苗를 심어 시들음병 발생 상태를 관찰한 결과(Fig. 8), 25°C에 두었던 포트에 심은 양배추는 7일 후 발병이 눈에 띄기 시작하여 10일후에는 모두 枯死하였다. 45°C에서 1일간 열처리한 구에서도 시들음병이 심하게 발생하여 10일 후에 대부분 고사하였다. 3일간 열처리한 구에서는 10일이 지난 후 감염 증세가 약간 관찰되었으나 대부분 양호하게 자랐고 枯死株는 없었다. *Bacillus* sp.를 混入하여 3일간 熱處理한 구에서 시들음병이 발생하지 않은 것으로 보아 태양열 토양소독을 할 때 拮抗微生物을 이용하는 방제 방법을 병용할 경우 훨씬 방제 효과가 높아질

것으로 생각되었다.

토양소독은 토양 중의 미생물을 중심으로 한 생태계의 파괴를 최소화하는 것이 중요한 과제인데, Olsen과 Baker(1967)는 水蒸氣와 건조한 공기를 混合한 處理(aerated-steam treatment)가 病原菌을 選擇적으로 殺菌하고 拮抗微生物을 殘存시키는 것을 보고하였다.

최근의 토양병해 연구 동향을 보면 건전한 작물뿌리에 기생하여 환경조건에 따라 병원성을 발휘하는 약한 병원균이 주목되고 있는데, 絲狀菌 構成集團이 單純化되는 것에 따라 이와 같은 病原菌이 病原性を 強化하고 病害를 나타내는 것으로 생각되며, 絲狀菌 構成集團을 多樣化하기 위해서는 病原菌을 완전히 없애는 것이 어렵기 때문에 풍부한 구성집단을 조성함으로써 병원균의 活性을 沮害하여 건전한 작물 생육에 기여할 수 있을 것으로 생각되었다(新田, 1989).

위와 같은 결과로 미루어 볼 때 현재까지는 生物學的 防除가 實用化되지 못하고 있는 실정이지만 拮抗菌을 이용한 生物學的 防除의 研究는 최근 왕성하게 이루어지고 있으므로(渡辺, 1987) 拮抗菌의 大量生産, 拮抗菌의 製劑化, 發病抑制土壤 유도 등이 並行되면 더욱 進歩될 것이다.

## 라. 太陽熱 消毒과 施肥水準이 양배추시들음병 發生에 미치는 影響

Table 14는 양배추 시들음병 발생이 肥料 成分의 量에 따라 어떻게 변하는지 알아보기 위하여 태양열토양소독에 있어서 肥料水準이 양배추시들음병 발병에 미치는 영향을 조사한 것이다. P.E. 필름을 멀칭 처리하기 전에 비료를 施用하였는데, 基肥標準量의 肥料를 施用한 구, 基肥標準量의 1/2배, 基肥標準量의 2배의 肥料를 施用한 區를 비교한 결과 基肥標準量보다 2배 또는 절반만 施用한 곳에서 시들음병 發生率이 다소 增加하는 傾向이었지만 有意差는 없었다.

**Table 14.** Effect of fertilization levels on the attack of cabbage yellows.

| Treatment       | Infection ratio(%) |
|-----------------|--------------------|
| T1 <sup>z</sup> | 22.3               |
| T2              | 33.3               |
| T3              | 26.7               |

<sup>z</sup> T1 : Basal fertilization(N 11.2, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 9.0, K<sub>2</sub>O 12.0kg/10a)

T2 : T1 × 1/2

T3 : T1 × 2

試 驗 2. 太陽熱 消毒에 의한 감자더덩이병 防除 效果

가. 病原菌의 死滅溫度

**Table 15.** Effect of temperature on the spore germination of the pathogenic *Streptomyces* sp. on media.

| Treatment temperatures(℃) | 20  | 25  | 30  | 35 | 40 | 45 |
|---------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|
| No. of colonies/plate     | 105 | 384 | 256 | 98 | 4  | 0  |

감자더덩이병을 일으키는 病原菌의 死滅溫度를 조사하기 위하여 감자재배 圃場에서 분리한 *Streptomyces* sp.를 대상으로 온도 처리에 따른 密度 變化를

조사한 결과는 Table 15와 같았다.

25℃ 및 30℃ 처리구에서는 孢子 發芽狀態가 양호하였고 온도가 높을수록 菌의 密度가 減少하였으며, 45℃에서는 發芽하지 못하는 것으로 보아 溫度의 影響이 크다는 점을 알 수 있었고, 따라서 태양열 토양소독으로 감자더덩이병의 발병을 줄일 수 있을 것으로 생각되었다.

### 나. 감자더덩이병 罹病率

**Table 16.** The ratio of infected potato common scab as affected by various treatments. (%)

| Year    | Treatment P.E. film mulching          | Manure and P.E. film mulching | Dazomet and P.E. film mulching | Sorghum and P.E. film mulching | Control | Average |
|---------|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|
| 1998    | 60.7                                  | 63.7                          | 62.3                           | 70.0                           | 83.7    | 68.1    |
| 1999    | 62.0                                  | 75.7                          | 64.0                           | 68.0                           | 84.3    | 70.8    |
| Average | 61.3                                  | 69.7                          | 63.2                           | 69.0                           | 84.0    |         |
| LSD(5%) | between year means                    |                               |                                |                                |         | 21.4    |
| LSD(5%) | between treatment means               |                               |                                |                                |         | 8.6     |
| LSD(5%) | between treatment means for same year |                               |                                |                                |         | 12.1    |

감자 더덩이병 發生率(Table 16)은 1998년의 경우 모든 처리구에서 有意性이 인정되었고, 1999년에는 堆肥施用區의 효과가 다른 처리구에 비하여 다소 미흡하게 나타났지만 같은 有機物을 施用하더라도 발병이 輕減되거나 助長되는 등 복잡한 반응을 나타내며, Fusarium 병에 대한 有機物 施用 效果가 施用量이나 施肥時期 등에 따라서 다르게 나타날 수 있다고 한 梁(1999)의 보고와 비슷한

경향이 아닌가 생각되었다.

감자 더듬이병균의 生育 및 孢子 形成에 가장 좋은 溫度는 26℃이고(松本, 1979; Strand 등, 1992), 植松와 片山(1990)는 日本에서의 감자 더듬이병 發生率이 1981년 以前에는 10% 以下였으나 1982년 以後 급속히 增加하고 있으며 지역에 따라 많이 발생하는 곳에서는 50%에 달한다고 하였다.

高木(1987)은 태양열을 이용한 더듬이병 방제 효과를 알아본 결과 土壤消毒 藥劑(PCNB분제)와 거의 비슷한 결과를 나타내었고, 罹病率도 무처리보다 낮았을 뿐만 아니라 塊莖에 대한 發病程度도 확실히 낮아짐을 확인하였다.

감자 더듬이병은 種薯로 傳染하기 때문에 처음 栽培하는 지역에서 種薯 消毒은 빠뜨릴 수 없는 작업이다. 그러나 일단 토양이 병원균에 의해 汚染되면 種薯 消毒만의 대책으로는 방제가 곤란할 것이다(홍, 1998).

따라서 P.E. 필름 등의 二重被覆 處理와 種薯 消毒을 並行하거나 拮抗微生物의 이용 등 綜合的인 防除 對策이 이루어져야 할 것으로 생각되었다.

## 다. 商品率

처리구별로 각각 100개의 감자 塊莖을 무작위 추출하여 상품으로 시장 출하가 가능한 病斑 面積率 5% 以下の 塊莖 數를 조사한 결과, 1998년은 청예수수 시용 후 P.E. 필름 멀칭, P.E. 필름 멀칭, 퇴비 시용 후 P.E. 필름 멀칭, Dazomet 처리+P.E. 필름 멀칭, 대조구 순으로 商品率이 높게 나타났으나 1999년에는 큰 차이가 없어 서로 환경조건에 따라 변화됨을 확인할 수 있었다 (Table 17).

청예수수 시용 후 P.E. 필름 멀칭 처리구 및 퇴비 시용 후 P.E. 필름 멀칭 처리구에서 비교적 罹病率이 높았으나(Table 16) 그 정도가 심하지 않았으므로 商品으로 出荷 可能的한 것이 많았다.

**Table 17.** The ratio of marketable potato tubers as affected by various treatments. (%)

| Treatment<br>Year | P.E. film<br>mulching                 | Manure and<br>P.E. film<br>mulching | Dazomet and<br>P.E. film<br>mulching | Sorghum and<br>P.E. film<br>mulching | Control | Average |
|-------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|---------|
| 1998              | 70.0                                  | 68.0                                | 65.7                                 | 77.0                                 | 51.7    | 66.5    |
| 1999              | 64.3                                  | 56.3                                | 65.0                                 | 63.7                                 | 54.0    | 60.7    |
| Average           | 67.2                                  | 62.2                                | 65.3                                 | 70.3                                 | 52.8    | 63.6    |
| LSD(5%)           | between year means                    |                                     |                                      |                                      |         | 4.1     |
| LSD(5%)           | between treatment means               |                                     |                                      |                                      |         | 7.2     |
| LSD(5%)           | between treatment means for same year |                                     |                                      |                                      |         | 10.1    |



### 試驗 3. 太陽熱 消毒에 의한 양파모잘록병 防除 效果

#### 가. 病原菌의 死滅溫度

양파 묘잘록병을 일으키는 病原菌의 溫度條件에 따른 菌絲生長 관찰 결과 25℃ 정도에서는 正常的으로 生育하였지만 15℃와 35℃에서는 그 生長이 느리고 45℃에서는 發芽하지 못하는 것으로 보아 溫度의 影響이 크다는 점을 알 수 있었다(Table 18). 따라서 태양열 토양소독 처리를 하면 *Rhizoctonia solani*에 의한 土壤病의 發生을 抑制하는데 效果가 있을 것으로 기대되었다.



**Table 18.** Difference in mycelial growth of *Rhizoctonia solani* according to various temperature treatments.

| Temperature | Days after treatment | Mycelial diameter of <i>Rhizoctonia solani</i> (cm) |        |        |        |        |        |
|-------------|----------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
|             |                      | 1 day   | 2 days | 3 days | 4 days | 5 days | 6 days |
| 15℃         |                      | 0.0   | 0.0    | 1.8    | 3.0    | 4.5    | 8.4    |
| 25℃         |                      | 1.4   | 2.3    | 7.2    | 8.2    | 9.0    | 9.0    |
| 35℃         |                      | 0.0   | 0.0    | 3.2    | 4.9    | 6.8    | 9.0    |
| 45℃         |                      | 0.0   | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |

#### 나. 양파모잘록병 罹病率

양파모잘록병을 일으키는 病原菌은 주로 *Rhizoctonia solani*와 *F. oxysporum*에 의한 것으로 알려져 있고 感染에 가장 적합한 온도는 *Rhizoctonia* 菌의 경우 15~18℃(農振廳, 1995), *Fusarium* 균은 28℃(Walker와 Smith, 1930)로 비교적 낮기 때문에 태양열 토양소독 처리로 양파 苗床에서 발생하는 土壤病害를 줄이는데 효과가 있을 것으로 생각되었다 (Table 19).

입고성 病害에 관여하고 있는 *Rhizoctonia* 속 및 *Fusarium* 속, *Pythium* 속 등의 病原菌은 熱에 비교적 약한 特徵을 갖고 있는데, 北田(1997)는 實驗室內에서 各種 病原菌을 25, 40, 45, 50℃에서 濕熱 處理하여 각각의 病原菌 死滅狀況을 조사한 바, *P. ultimum*은 40℃에서 48시간, *P. aphanideratum*은 45℃에서 24시간, *R. solani*는 45℃에서 12시간, *F. oxysporum*은 45℃에서 60시간 以上 處理로 死滅되는 것을 확인하였고, 실험 결과 이러한 菌의 死滅에는 40℃

以上の 溫度가 影響을 주었다고 한 보고와 유사한 경향이였다.

**Table 19.** Effect of solar sterilization on control of onion damping-off in the field.

| Treatment           | Rate of infection(%) |
|---------------------|----------------------|
| Solar sterilization | 1.5 a <sup>z</sup>   |
| Control             | 9.5 b                |

<sup>z</sup>Mean separation by Duncan's multiple range test, 5% level.

나. 生育調査



播種 1個月 後 양파(品種 : 마르시노)의 生育狀態를 조사한 결과(Table 20), 球徑의 경우는 태양열 처리 토양소독구가 대조구에 비하여 0.2mm 크게 나타났으나 葉數, 草長, 莖徑은 처리간 차이가 없었다.

**Table 20.** Growth of onion in the experimental field.

| Treatment           | No. of leaves (ea) | Plant height (cm) | Stem diameter (cm) | Bulb diameter (cm) |
|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Solar sterilization | 2.1 a <sup>z</sup> | 14.6 a            | 0.19 a             | 0.27 a             |
| Control             | 1.8 a              | 14.1 a            | 0.18 a             | 0.25 b             |

<sup>z</sup>Mean separation by Duncan's multiple range test, 5% level.

그리고 대부분의 菜蔬產地에서는 連作이 一般化되어 그것에 따른 各種 障害가

발생하고 收量 減少, 品質의 低下가 극히 심각한 문제로 되고 있는데, 連作障害의 發生機作에 대하여는 현재도 불분명한 점이 많지만 發生要因으로써 土壤病害가 크게 관여하고 있는 것으로 생각되며, 대부분의 土壤病害는 공기전염성 병해와 달리 약제를 중심으로 한 단일방제 수단만으로는 방제가 곤란하므로 抵抗性 品種의 育成, 輪作 作物 選定, 土壤消毒, 作型的 개발, 土壤改良, 收穫 後 圃場 整理 등 여러 가지 防除技術을 病原菌의 特性이나 發病程度 또는 經營條件의 特性에 맞추어 合理的이고 綜合的인 防除가 必要한 것으로 추찰되었다.



## V. 綜合考察

太陽熱을 이용한 토양소독법은 休閑期에 비닐 필름 멀칭으로 태양열에 의해 높은 地溫을 유지함으로써 토양병해충을 사멸시키거나 활동 능력을 鈍化시키는 한편 除草 効果 등을 얻기 위한 方法이다(Elad 등, 1980; 福井 등, 1981; Grinstein 등, 1979; Hirano 등, 1996; Moorman, 1982).

원예작물에 기생하는 병원균이나 해충은 비교적 耐熱성이 약한 편으로 그다지 높지 않은 온도에서 死滅하는 것이 많지만 유익한 拮抗微生物은 보다 높은 온도에서도 잘 견디는 것으로 알려져 있다(小玉 등, 1980; Olson과 Baker, 1967). 土壤燻煙劑나 蒸氣消毒이 短期間에 효과가 나타나고 非選擇的으로 모든 土壤微生物을 死滅시키지만 태양열에 의한 토양소독은 해로운 병해충만을 選擇的으로 死滅시켜 남아있는 土壤微生物의 拮抗作用 등에 따라 防除 效果를 높일 수 있는 방법 중의 하나이다.

菜蔬의 栽培는 한정된 耕地面積 때문에 불가피하게 連作을 하게 되는데 各種 土壤 傳染性 病害蟲에 의한 生産量 減少 및 品質 低下 등 여러 가지 問題點이 發生하고 있다(成田, 1983; 西尾, 1985; 庄子, 1993).

지금까지 土壤傳染性 병해충의 防除 手段으로 土壤消毒藥劑를 주로 사용하고 있으나 처리 방법이 까다롭고 약효가 오래 지속되지 못하는 점 때문에 忌避하고 있으며 또한 環境汚染에 대한 부담이 클 뿐만 아니라 農藥使用에 따른 재배자의 건강에 미치는 영향도 우려되므로 앞으로 사용이 더욱 制限될 수밖에 없다.

약제방제 이외의 토양병해 방제방법으로는 物理的 방제, 耕種的 방제, 抵抗性 品種의 이용 등 여러 가지가 있는데 한가지 방법에만 의존하는 것은 효과에 한계가 있어서 綜合的인 防除體系를 갖추는 것이 시급한 실정이다(宮本와 小玉,

1995; 本間, 1980; 堀, 1981; 屈本, 1965; 나, 1990).

본 시험은 태양열 토양소독에 의한 菜蔬의 土壤病害 防除 効果를 알아보기 위하여 실시하였는데, 여름철 비닐 필름 멀칭 처리로 土壤病原菌을 死滅시킬 수 있을 정도의 높은 온도를 얻을 수 있을 것인가, 또 토양미생물은 어떤 종류가 있으며, 어느 정도의 온도에서 병 발생을 억제할 수 있는가에 대하여 조사하였고, 拮抗微生物을 이용한 생물학적 방제와 병용 가능성 정도를 알아보기 위하여 양배추 시들음병, 감자 더덩이병, 양파 모잘록병을 대상으로 실시하였다.

태양열을 이용한 토양소독 기간의 지온은 1998년의 경우 최고 平均地溫이 깊이 5cm에서 대조구는 42.0℃ 정도였으나 P.E. 필름멀칭구에서는 47.5℃로 5.5℃ 높게 나타났다. 깊이 10cm에서 대조구는 35.4℃였는데 비하여 P.E. 필름 멀칭구에서는 41.9℃였다. 그러나 20cm에서 대조구는 30.6℃였고, P.E. 필름 멀칭구는 36.4℃ 정도의 차이를 보였다. 비가 많은 여름인 1999년에는 5cm에서의 地溫이 대조구인 경우 30.0℃에 비하여 P.E. 필름 멀칭구에서 最高地溫의 평균은 38.3℃로 8.3℃ 높게 나타났지만 1998년에 비해 높은 온도로 유지된 지속기간은 매우 짧았던 점에 미루어 자연 환경에 따라서 토양병해 發生率이 다르게 나타날 수 있음을 알 수 있었다(Fig. 1, 2).

福井 등(1981)은 露地에서 비닐 또는 폴리에틸렌 필름에 의한 被覆으로 地溫 上昇 效果가 토양 깊이에 따라 전혀 다르게 나타난다고 하였는데 깊이가 얇은 곳일수록 被覆에 의한 最高 地溫의 上昇은 높게 나타났으며 地下 5~20cm의 平均日 最低地溫은 무처리구보다 5℃ 정도 높은 31~34℃였고 被覆處理를 하였을 경우 最低地溫은 最高地溫에 비하여 上昇效果는 적었으며 토양이 깊을수록 관계가 적었다고 하였다. P.E. 필름을 被覆하여 地溫 上昇 效果를 3년간 測定한 결과(小玉 등, 1980), 피복구인 경우 토양깊이 5cm에서의 日平均 最高地溫은 46.5℃로 무피복구에 비해 11.8℃가 높았고, 토양깊이 10cm에서는 무피복구보다 9.5℃가 높은 41.9℃였다는 보고와 유사한 경향이였다.

作物이 栽培되고 더불어 土壤微生物이 많이 분포된 토양깊이 10cm에서 病原菌 死滅 可能溫度로 알려진 40℃를 上廻하는 날은 1998년의 경우 P.E. 필름 멀칭구가 23일로 나타나 태양열 토양소독 효과가 컸었다(Table 1).

여름철에 비가 많이 내려서 무덥지 않고 서늘한 기상이 계속되는 해는 태양열에 의한 토양 소독 효과가 충분하지 못할 우려가 있으므로 멀칭 기간을 더 연장하면서 다른 방제 수단을 병행할 필요가 있을 것으로 생각되었다.

1998년 8월 4일 낮 동안의 토양깊이별 온도 변화를 조사한 결과, 16:00時頃까지 서서히 올라가서 外部 氣溫과 토양깊이 5cm의 地溫은 내려가기 시작하였고, 토양 깊이가 15cm와 20cm에서는 계속 올라가서 높은 溫度에 도달하는 시간이 늦어짐을 알 수 있었는데 이는 福井 등(1981)이 지하 10cm, 20cm로 깊어짐에 따라 最高地溫, 最低地溫의 시각이 지연되고 溫度較差도 적었다고 한 내용과 비슷한 경향이였다.

調査日 16:00時的 태양열 소독 처리구의 地溫은 토양깊이 20cm에서 34℃, 15cm에서 37℃, 10cm에서 39℃였고, 5cm에서는 41℃로 외부 기온 30℃보다 11℃ 높았는데 猪坂(1985)의 보고와 비슷한 경향이였다.

1998년 8월 한 달 동안 측정한 토양깊이 10cm 地溫은 멀칭 처리구의 地溫이 노지보다 훨씬 높게 유지되는 것을 알 수 있었다(Fig. 3). 福井 등(1981)은 露地에서 비닐 또는 폴리에틸렌 필름 피복으로 地溫 上昇 效果가 나타나는 것을 확인하였는데, 3년에 걸친 연구 결과 피복구는 지하 5cm에서 최고 地溫 46.5℃까지 上昇되어 무처리구보다 11.8℃나 높았고 日射量이 많은 해의 최고 地溫은 지하 5cm에서 最高地溫이 15℃ 높은 50℃가 되었다고 하였다. 지하 10cm에서 피복구의 하루 평균 최고 地溫은 무처리구에 비하여 9.5℃ 높은 41.9℃ 정도 上昇되었으나 지하 20cm에서는 7.9℃ 높은 38.9℃로 되었다고 한 결과와 비슷한 경향이였다.

태양열 소독에 의한 상추 빅베인(big vein)병, 완두 줄기괴저병의 방제(猪坂,

1985)에 대한 보고에서 40℃ 이상의 地溫 積算時間이 120時間이면 發病 抑制 效果가 있었으며 30℃의 날이 26일, 31℃의 날이 17일이면 어느 쪽이라도 효과가 있을 뿐만 아니라 消毒의 效果는 2年次까지 지속되었다고 하였는데, 태양열 토양 소독에 따른 圃場의 菌 密度는 대폭 低下하므로 藥劑에 따른 防除가 곤란할 정도로 菌 密度가 높은 圃場에서도 다음 作期부터는 藥劑의 效果가 한층 높아질 것으로 생각되었다.

여름철 休閑期 동안에 비닐멀칭 처리가 여러 가지 土壤微生物의 생활사에 미치는 影響을 알아보고자 멀칭 前과 太陽熱 土壤消毒 處理 後의 土壤을 採取하여 微生物을 分離 比較하였다(Table 3). 토양 10cm 깊이에서 太陽熱 土壤 消毒 處理 前과 處理 後의 *Fusarium oxysporum* 및 絲狀菌, 放線菌, 細菌의 密度 變化를 조사한 결과, *F. oxysporum*은 P.E. 필름 멀칭 처리구에서 현저히 감소했을 뿐만 아니라 작물체에 해로운 사상균은 무처리구에서는 늘어난 반면 P.E. 필름 멀칭 처리구에서는 감소하는 경향이였다. 그러나 拮抗菌으로 활용이 가능한 放線菌 및 細菌의 數는 P.E. 필름 멀칭을 한 것이 處理 前보다 상당히 많이 증가하여 높은 溫度에도 잘 적응하는 것으로 보이며 태양열 처리와 拮抗菌을 이용한 生物學的 防除法을 並行한다면 土壤病의 被害를 줄이는 效果가 더욱 向上될 것으로 생각되었다. 이러한 결과는 宮本와 小玉(1995)가 太陽熱 土壤消毒處理를 하면 높은 溫度를 좋아하는 有益한 拮抗微生物이 많이 분포하게 되고 따라서 해로운 病原菌이 二次的으로 侵入하는 것까지 막을 수 있을 것이라고 한 보고 내용과 비슷한 경향이였다.

菜蔬의 土壤病을 일으키는 病原菌의 死滅溫度를 調查하기 위하여 *F. oxysporum*의 온도 처리에 따른 密度 變化를 調查하였다(Table 4). 室溫에서는 5일 후와 30일 후의 分離 程度에 큰 差異가 없었으나 35℃ 처리구에서는 處理 前에  $120 \times 10^3$ /g soil이었는데, 처리 5일 후  $24 \times 10^3$ /g soil로 菌의 密度가 減少하였으며, 處理期間이 길어질수록 그 密度가 감소하는 편이였다. 40℃에서는

처리 10일 후부터, 45℃ 이상에서는 처리 5일 후에도 菌이 分離되지 않은 것으로 보아 溫度의 영향이 크게 작용함을 알 수 있었다. 따라서 양배추 시들음병균 密度는 35℃ 온도에서 시간이 지날수록 점차 감소되는 것으로 나타났는데, 이는 Hirano 등(1996)의 보고와 일치하는 것으로 생각되었지만 이것은 일정하게 온도를 유지한 상태에서 나타난 결과이므로 실제 圃場에서는 다소 차이가 있을 것으로 사료되었다.

*F. oxysporum*의 孢子 懸濁液을 PDA培地에 넣고 20, 28, 45℃로 조절된 恒溫器에서 72시간 배양한 후 孢子의 發芽狀態를 調査하였다. 병원균 포자가 20℃와 28℃에서는 발아와 그 후의 생육도 좋았으나 45℃에서는 생육이 부진하였다(Fig. 4). 梁(1999)의 보고에 의하면 *F. oxysporum*은 發育 最適溫度가 26℃ 부근이라고 하였는데, 본 시험에서도 20~28℃의 범위에서는 생육이 왕성하였고 45℃에서는 發育이 현저히 부진하여 20~28℃의 범위가 생육에 적합한 온도임을 알 수 있었다.

土壤病에 대한 온도 효과를 알아보기 위하여 비닐포트에 양배추 시들음병病原菌 懸濁液을 섞은 흙을 넣고 45℃의 恒溫器에 1~7일간 처리한 것에 양배추 苗種을 심고 관찰한 결과, 熱處理를 하지 않은 비닐포트에 심은 양배추는 7일 후에 노랗게 변하기 시작하여 10일 후에는 병에 걸린 증상이 뚜렷하게 나타났으며 약 2주일 후에는 완전히 시들어 죽었지만, 3일 이상 열처리를 한 흙에 심은 양배추는 2주일이 지난 후에도 병이 발생하지 않았다(Fig. 5). 이와 같은 결과로 높은 온도를 계속적으로 유지할 수만 있다면 病原菌의 사멸도 가능할 것으로 추측되었다. 그러나 실제 栽培를 하는 圃場에서는 45℃ 정도의 온도를 며칠 동안 연속적으로 유지하기가 곤란하기 때문에 비닐 멀칭하는 기간을 충분히 늘려 效果를 높일 必要가 있을 것으로 思料되었다.

*F. oxysporum*을 混入한 滅菌 土壤을 양배추 栽培試驗 圃場에서 멀칭 처리하기 전에 땅 속에 묻고 태양열 소독 처리 후에 꺼내어 토양 깊이에 따른 태양열



토양소독의 효과를 측정하였는데 토양 깊이에 따라 균 檢出量이 차이를 보였으며 대조구에 비하여 태양열 처리구의 菌 檢出量은 매우 적게 나타났다(Fig. 6).

小玉 등(1980)은 태양열 토양 소독 처리에 의하여 土壤 속의 *F. oxysporum* 密度가 어떻게 변하는가 調査한 결과 0~5cm에서는 檢出되지 않았고 10~15cm에서는 약 60%, 20~25cm에서는 약 20% 減少되었다고 하였으며, 清水와 川田(1986)은 시금치 시들음병을 일으키는 病原菌, 오이 덩굴쪄짐병의 病原菌, 무 시들음병 病原菌을 토양깊이 10cm와 20cm에 접종한 후 10일마다 土壤 試料를 採取하고 各 病原菌 數를 調査한 결과, 被覆을 하였을 경우 토양 깊이 10cm에서 처리 10일 이후에는 檢出되지 않았고, 토양 깊이 20cm에서는 처리 후에도 檢出되었지만 처리 전의 菌量에 비해 1/10~1/20로 減少했다고 하였다. 福井 등(1981)도 딸기 萎黃病에 대한 防除效果 試驗 結果 年次變動이 있지만 發病輕減效果가 나타났다고 하였다. 被覆區는 무처리구에 비하여 발생이 지연되어 栽培初期의 방제 효과가 나타났다고 하였고, 菌量을 調査한 결과 被覆區는 地下 0~5cm에서 菌量이 줄어든 것을 확인하였다. 또 시금치의 줄기썩음병, 가지 半身萎縮病, 콩 白絹病에 대하여도 防除效果가 월등하였다는 결과와 같이 태양열 토양소독 처리를 하면 *F. oxysporum*을 抑制하는데 效果가 있을 것으로 期待되었다.

*F. oxysporum*이 잘 자라지 못할 정도의 높은 溫度를 露地 栽培圃場에서 오랜 시간 동안 유지하는 것은 곤란하지만 맑은 날 1~2 시간 유지하는 것은 가능할 것이다.

*F. oxysporum*의 菌絲 切片(직경 0.5cm)을 45℃에서 1시간, 2시간, 3시간 동안 각각 生育시킨 후 28℃에 두고 관찰한 결과, 45℃ 1시간 처리에서는 菌絲가 잘 자랐지만 2시간 처리에서는 生長速度가 늦게 나타났고 3시간 처리에서는 菌絲가 자라지 못하였다(Table 6).

지난 수십 년간 有機合成農藥의 사용은 농작물의 증산을 가져왔으나 殘留 毒性和

環境問題 등 여러 가지 이유로 그 사용에 대한 規制가 점점 強化되고 있는 趨勢이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 拮抗微生物을 이용한 既存農藥 代替 研究가 活潑히 進行되고 있는데 지금까지의 연구 결과로 보아 有用 拮抗 微生物로는 *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*, *Streptomyces* 등이 보고 되고 있다(Lee 등, 1995).

土壤傳染病을 防除하기 위한 방법으로 外國에서는 土壤微生物을 이용한 生物學的 防除의 研究가 많이 進行되어 왔는데(Baker와 Cook, 1982), 그 成功的인 實例로서 *Fusarium vasinfectum*에 대한 Actinomycetes의 拮抗作用과 *Bacillus subtilis*를 이용한 토양전염성병의 生物學的 防除 등 많이 보고되어 있다. 그러나 우리 나라에서는 몇 가지 拮抗微生物을 이용한 人蔘의 病害防除(鄭과 吳, 1981) 및 참깨 토양 전염성병에 대한 生物學的 防除體系(申과 劉, 1983) 등이 있지만 토양전염성병에 대한 生物學的 防除의 연구는 매우 적은 실정이다(Cho 등, 1985).

본 시험에서 분리한 미생물 가운데, PDA 培地上에서 土壤病原菌의 菌絲 生育 沮止 能力이 있는 微生物을 分離 同定한 결과 *Pseudomonas* sp.와 *Bacillus* sp.로 확인되었고, 이 들 菌株는 모두 *F. oxysporum*에 대하여 菌絲 生育 抑制 效果를 나타내었다. *Bacillus* sp.의 溫度에 대한 反應을 調査한 결과, *F. oxysporum* 등 대부분의 土壤病原菌이 잘 자라지 못하는 것으로 알려진 溫度 範圍인 45℃ 정도에서도 잘 자라는 것이 확인되었다. 이러한 拮抗微生物을 太陽熱 土壤消毒 處理와 併用할 경우 土壤病害 防除 效果를 더욱 높일 수 있을 것으로 생각되었다.

Katan(1980)은 太陽熱 土壤消毒의 경우 熱에 의한 殺菌과 同時에 生物學的 防除와의 併用이 效果가 있는 것으로 보고하였고, 특히 病原菌이 死滅 後에 새롭게 구성되는 耐熱性 菌類를 中心으로 한 微生物相이 外部로부터 侵入한 病原菌의 增殖을 抑制할 可能性을 示唆한 바 있다.

熱處理를 한 토양에서 높은 頻度로 檢出된 菌은 *Talaromyces* sp., *Thielavia* sp., *Humicola* sp., *Eupenicillium* sp. 등이었고, 딸기 栽培 圃場의 이병토 중에서 *F. oxysporum*은 40℃보다 높은 온도에서는 檢出되지 않았지만 耐熱性菌은 살아남았다고 하였다(小玉 등, 1980).

일반적으로 圃場에서 土壤消毒은 耕土 全層에서 病原菌을 완전히 없애는 것이 어려우므로 發病 水準 以下로 菌數를 低下시키는 部分 殺菌으로 볼 수 있으며 土壤消毒 後의 殘存하는 土壤微生物의 역할에 주목할 필요가 있다고 생각되었다. 특히 제주도 토양에는 방선균 속이 다양하게 분포되어 있고(Kwon 등, 1996), 이 들 중에서 抗菌 活性이 높은 菌株가 분리되었으므로 앞으로 유익한 拮抗微生物 選拔과 應用 分野에 대하여 많은 研究가 이루어져야 할 것으로 思料되었다.

*F. oxysporum*으로 汚染시킨 床土를 비닐포트에 넣고 恒溫器를 이용하여 熱處理와 동시에 拮抗微生物을 처리한 다음 양배추 苗를 심어 시들음병 발생 상태를 관찰한 결과, 25℃에 두었던 포트에 심은 양배추는 7일 후 發病이 눈에 띄기 시작하여 10일 후에는 모두 枯死하였고, 45℃에서 1일간 熱處理한 구에서도 시들음병이 심하게 발생하여 10일 후에 대부분 枯死하였다. 3일간 熱處理한 구에서는 10일이 지난 후 感染 症勢가 약간 관찰되었으나 대부분 잘 자랐고 枯死株는 없었다(Fig. 8). *Bacillus* sp.를 混入하여 3일간 열처리한 구에서는 시들음병이 발생하지 않았던 결과를 보면 태양열 토양소독을 할 때 拮抗微生物을 이용한 生物學的 防除 方法을 併用할 경우 훨씬 防除 效果가 높아질 것으로 생각되었다.

太陽熱 土壤消毒을 하기 前과 後에 試驗圃場의 土壤 試料를 採取하여 pH, 有機物, 磷酸, 置換性鹽基 등 토양의 理化學性을 조사한 결과, 토양 pH는 처리 전에 5.1로 적정치 6.0~6.5보다 매우 낮았는데 처리 후에는 전반적으로 pH 5.7 이상 올라가는 경향을 보였다. P.E. 필름 멀칭 처리구는 pH 6.7로

가장 높았고, 그 다음이 Dazomet+P.E. 필름 멀칭구가 pH 6.0 정도로 작물의 생육에 적합한 상태를 보였다(Table 7).

유효 인산은 처리 전에 적정치 350~450mg/kg보다 다소 높은 583mg/kg이었으나, 처리 후에는 청예수수+P.E. 필름 멀칭 처리구, P.E. 필름 멀칭 처리구, Dazomet+P.E. 필름 멀칭 처리구의 함량이 각각 413mg/kg, 432mg/kg, 450mg/kg로 내려가 적정치 범위로 되었다.

칼슘은 처리 전에 적정치 6~7me/kg보다 낮은 2.8me/kg이었는데 처리 후에는 다소 增加하는 傾向이었지만 적정치보다는 매우 不足하였다.

그런데 Fusarium 병 發生地의 土壤에는 鹽類濃度가 꽤 높고 發病程度가 높게 될수록 뿌리의 腐敗가 심하게 나타나며 이러한 뿌리의 腐敗, 脫落이 심하게 되는 것은 鹽類濃度 障害에 의한 作物의 損傷이 먼저 考慮되어야 한다고 梁(1999)이 보고한 바 있다. 그는 Fusarium 병과 鹽類濃度와의 관계를 밝히기 위하여 Fusarium 병 發生地의 土壤에 病原菌을 接種하고 發病을 調査한 結果 鹽類 濃度가 높은 토양에서는 發病도 심하고, 뿌리의 腐敗, 維管束의 褐變이 인정되었으며, 菌도 再分離되었다고 하였다. 양파 건부병, 박과 덩굴쪼김병, 토마토 근부위축병, 심비디움 부패병, 파 근부위축병 등에서도 高鹽類 濃度 土壤에서의 발생이 보고되고 있으므로 태양열 토양소독에 의해 토양의 理化學性이 작물 생육에 좋은 쪽으로 變化할 可能性이 있을 것으로 생각되었다.

栽培圃場에서 양배추 시들음병 罹病率을 조사한 결과, 9월 하순부터 시들음병 증상이 나타나기 시작하여 10월 상순까지 急增하였고, 그 이후에는 더 이상 罹病率이 增加하지 않았다. 따라서 양배추의 경우 *F. oxysporum*이 식물체에 被害를 주는 時期는 苗가 크게 자라기 以前인 10월 상순까지 약 15~20일 정도로 推定되었다.

1998년과 1999년 모두 태양열 토양소독 처리구의 罹病率이 대조구에 비하여 적게 나타나 유의차가 인정되었고, 1998년에는 처리간에 고도의 유의성이

인정되었다(Table 8).

1998년의 경우 P.E. 필름 멀칭 처리구의 罹病率이 44.5%였는데 비하여 대조구의 罹病率은 69.5%로 차이를 보였고, 퇴비+P.E. 필름 멀칭 처리구 및 청예수수+P.E. 필름 멀칭구의 罹病率이 각각 16.7% 및 27.8%로 낮았다. 이것은 태양열 토양소독 처리로 地溫이 높아져 土壤內 병원균의 밀도가 낮아졌기 때문에 양배추 定植後 시들음병 이병율이 낮아진 것으로 추찰되었다(Katan 등, 1983; Grinstein 등, 1979; Pullman 등, 1981; 小玉과 福井, 1979; 駒田, 1984; 清水 등, 1987; Hirano 등, 1996).

1999년은 다른 해에 비하여 비가 자주 내렸을 뿐만 아니라 무처리구의 罹病率도 낮은 경향이었다. 태양열 토양소독 기간 동안 처리구의 地溫이 대조구보다 다소 높게 나타났지만 높은 온도로 유지된 지속기간이 짧았기 때문에 發病抑制 效果가 낮았던 것이 아닌가 생각되었다.

宮本와 小玉(1995)는 40~45℃가 14~20일간 계속되어야 태양열 토양 소독 처리 효과가 나타난다고 하였는데 1999년의 이상 기상 하에서는 14일 이상 高溫으로 유지되지 못하였으므로 효과가 적었던 것으로 생각되었고, 이러한 기상조건으로 인하여 一般 農家의 양배추 시들음병도 다른 해보다 덜 발생하였던 것으로 사료되었다.

토양소독 약제를 처리하면 병원균뿐만 아니라 유익한 拮抗菌까지 모두 죽이는 것으로 알려져 있다. 1998년, 1999년 두 해 모두 토양소독 약제 처리구의 罹病率이 가장 적게 나타나 방제효과가 다른 처리구보다 높았지만 1998년의 罹病率 8.3%에서 1999년에는 13.9%로 增加하는 경향이 나타났는데, 이것은 병원균의 토양소독 약제에 대한 耐性 發達 때문이거나 拮抗菌의 死滅에 기인한 것이 아닌가 생각되었다.

小玉 등(1979)은 태양열 토양 소독 시험에서 *Fusarium oxysporum*은 無處理土壤, 하우스 密閉處理土壤에서 적게 檢出되었고, 취화메틸제, 高壓蒸氣

消毒 및 클로르피클린제 處理土壤의 順으로 많았다고 하였는데 各 處理 土壤에 菌 接種 3일 후에 심은 딸기 어린 苗의 萎黃病 發生에는 差異를 인정할 수 없었지만, 菌 接種 30일 후에 심은 딸기에서는 發病 差가 크게 나타났고 無處理 및 하우스 密閉處理土壤에서는 發病率이 낮았던 것에 비하여 클로르피클린제로 消毒한 土壤에서는 發病率이 높았다고 하였는데, 이 부분에 대해서는 앞으로 심도 있는 시험이 있어야 할 것이다.

퇴비처리구에서 罹病率이 비교적 낮게 나타났는데 有機物 施用과 土壤 病 發生에 관한 研究報告는 많다(松田, 1978 ; 新田와 松口, 1988; 今野 등, 1988). 그러나 같은 有機物을 施用하여도 反應이 다르고 發病이 輕減되거나 조장되는 등 有機物의 施用 效果는 작물 및 병해의 종류에 따라서 복잡한 반응을 나타내는데, 梁(1999)이 같은 종류의 유기물을 시용하여도 資材의 性狀이나 施用 方法에 따라 작물에 미치는 영향이 크게 달라지기 때문이라고 한 내용이 본 시험의 결과를 뒷받침해주고 있다.

駒田 등(1980)은 여름철 露地 土壤消毒을 하기 위해 有機物과 석회질소를 施用하여 충분히 灌水를 한 후에 비닐 멀칭하였는데, 양배추 근부병의 경우 罹病株率이 13~45%로 낮아져 방제 효과가 인정되었다고 보고하였으며, 토양 병해충 방제 대책으로 태양열을 이용한 경우 병원균의 밀도가 저하될 뿐만 아니라 발병 억제나 지연 등으로 피해의 경감 효과를 어느 정도 높일 수 있다고 보고 하였다.

청예수수 처리구에서도 이병율이 낮게 나타났는데 渡辺(1980)는 靑刈作物을 밭에 넣어주면 토양병해 방제에 효과가 있다고 하였으며, 靑刈 보리를 밭에 添加하면 土壤 中の 細菌이 증식되고 활발하게 활동하여 病原菌이 感染될 때 가장 必要한 窒素 成分이 細菌에 의해 먼저 이용되기 때문이라고 하였다.

양배추시들음병균 感染으로 인한 枯死率을 調査한 結果, 대조구는 1998년 75.9%, 1999년 69.5%였으나 P.E. 필름 멀칭 처리구는 1998년 36.7%,

1999년 27.8%로 낮은 경향이였다. 그러나 枯死되지 않은 罹病株도 生育이 부진하여 商品性이 매우 떨어졌다.

양배추 生産團地에서 양배추 시들음병이 發生한 圃場比率을 調査한 結果, 1998년에는 調査圃場 81개소 중에서 發病圃場이 8개 圃場으로 10%를 나타내었고, 發病圃場에서 50주씩 조사한 결과 병에 걸린 양배추는 68포기로 罹病率 17%를 나타내었다. 그러나 1999년에는 調査圃場 84개소 중 3개 圃場에서만 發病이 확인되었고, 發病圃場에서의 罹病率도 14%로 낮게 나타났다. 이것은 1999년은 비가 많이 내려 서늘한 날씨가 계속되었으므로 양배추 시들음병을 일으키는 *Fusarium* 균의 生育 및 繁殖에 適合하지 않았기 때문이 아닌가 思料되었다.

試驗圃場의 토양 깊이에 따른 *F. oxysporum* 密度는 무처리구에 비하여 태양열 토양소독 처리구의 *F. oxysporum*이 현저하게 減少하였고 토양깊이가 깊을수록 菌이 많이 檢出되었다. 어린 양배추의 뿌리는 얇게 분포되므로 태양열 토양소독 처리로 시들음병 방제 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각되었다.

양배추 定植 2個月 後 草長은 1998년의 경우 대조구가 23.7cm로 가장 작았고 Dazomet+P.E. 필름 멀칭구, 퇴비+P.E. 필름 멀칭구, 청예수수+P.E. 필름 멀칭구, P.E. 필름 멀칭구 順으로 크게 나타났으며, 1999년의 경우에는 P.E. 필름 멀칭구가 가장 크게 나타났다(Table 12).

收穫期에 양배추의 平均 球重은 1999년의 경우에 대조구 1.8kg/포기에 비하여 P.E. 필름 멀칭구는 2.7kg/포기로 차이가 있었지만 전체적으로 볼 때 대조구와 처리구간에 큰 차이는 없었다(Table 13). 따라서 태양열 토양소독처리가 작물 생육에 나쁜 영향을 미치는 경우는 없을 것으로 생각되었다.

양배추 시들음병 발생이 施肥量에 따라 어떻게 변하는지 알아보기 위하여 태양열토양소독 처리시 基肥標準量을 施用한 구, 基肥標準量의 1/2배, 基肥標準量의 2배를 施用한 구를 비교한 결과 基肥標準量 보다 2배 또는 절반만

施用한 곳에서 시들음병 發生率이 다소 增加하는 경향이었지만 有意差는 없었다 (Table 14).

감자 더댕이병을 일으키는 病原菌은 대부분 *Streptomyces scabies*에 의한 것으로 알려져 있고(Lambert와 Loria, 1989), 菌의 生育 및 孢子 形成에 가장 좋은 溫度는 26℃로 보고되었다(松本, 1979). Miyajima 등(1998)은 日本에서 새로운 감자 더댕이병을 發見하여 보고하였는데 37℃ 以上에서는 자라지 못하였다고 하였다.

감자 더댕이병의 罹病率은 1998년에는 모든 처리구에서 유의성이 인정되었고, 1999년에는 퇴비시용구의 효과가 다른 처리구에 비하여 다소 未洽하게 나타났다 (Table 16). 이와 같은 현상은 같은 유기물을 施用하더라도 發病이 輕減되거나 조장되는 등 복잡한 반응을 나타내며, 土壤 病에 대한 有機物 施用 效果가 施用量이나 施肥時期 등에 따라서 다르게 나타날 수 있다고 한 梁 (1999)의 보고와 비슷한 경향으로 추찰되었다.

Strand 등(1992)은 감자 더댕이병균이 토양 중에 널리 분포되어 있어서 감자의 商品率을 크게 떨어뜨린다고 하였다. 감자 더댕이병균의 生育 및 孢子 形成에 가장 좋은 溫度는 26℃였고(松本, 1979), 植松와 片山(1990)는 日本에서의 감자 더댕이병 發生率이 1981년 以前에는 10% 以下였으나 1982년 以後 急速히 增加하고 있으며 지역에 따라 많이 발생하는 곳에서는 50%에 달한다고 하였다.

감자 더댕이병은 種薯로 傳染하기 때문에 처음 栽培하는 지역에서 種薯 消毒은 필수 작업이다. 그러나 일단 토양이 병원균에 의해 汚染되면 種薯 消毒만의 對策으로는 防除가 곤란하므로 二重被覆에 의한 太陽熱 土壤 消毒 處理와 種薯 消毒을 竝行하거나 拮抗微生物의 이용 등 綜合的인 防除 對策이 이루어져야 할 것으로 생각되었으며 이 部分에 대해서는 앞으로 더 많은 研究가 이루어져야 할 것으로 생각되었다.



처리구별로 각각 100개의 감자塊莖을 무작위로抽出하여商品으로市場出荷가 가능한病斑面積率 5% 以下の塊莖數를調査한結果, 1998년은 청예수수+P.E. 필름 멀칭, P.E. 필름 멀칭, 퇴비+P.E. 필름 멀칭, Dazomet 처리+P.E. 필름 멀칭, 대조구順으로商品率이 높게 나타났다(Table 17). 그러나 1999년에는 다소 차이가 있었지만 그效果는 크지 않았다.

청예수수+P.E. 필름 멀칭 처리구 및 퇴비+P.E. 필름 멀칭 처리구에서 비교적罹病率이 높았으나 그程度가 심하지 않았으므로商品으로出荷 가능한 것이 많았다.

高木(1987)은 태양열 토양소독으로 감자 더댕이병 발병 정도를 낮출 수 있었는데, 그 효과는土壤消毒藥劑(PCNB粉劑) 처리구와 거의 비슷하였고,罹病率은 무처리보다 다소 낮은 정도였지만塊莖의發病度에서는 분명하게 낮아 유효하다고 한 것은 본 시험 결과와 비슷한 경향이었다.

양파 묘잘록병의 병원균은 대부분 Rhizoctonia 균 및 Fusarium 균으로 알려져 있는데, 感染에 가장 適合한 溫度가 Rhizoctonia 균의 경우는 15~18℃, Fusarium 균은 28℃로 비교적 낮기 때문에 본 시험의 결과와 같이 태양열 토양소독 처리가 양파 苗床에서 發生하는土壤病害를 줄이는데 效果가 있을 것으로 생각되었다(Table 19).

播種 1個月 後 양파의 球徑은 태양열 토양소독구가 대조구에 비하여 0.2mm 크게 나타났지만 葉數, 草長, 莖徑은 處理間 差異가 없었다(Table 20).

Rhizoctonia 菌은土壤棲息 眞菌으로서 全世界的으로 분포하고 있으며, 수백 종의 作物을 侵害하여 큰 被害를 주고 있는 植物病原菌으로 알려져 있다. 이 菌에 의한 병징은 作物에 따라서 매우 다르며, 심지어 같은 寄主作物에서도 매우 다르게 나타나는데, 가장 일반적으로 나타나는 병징은 묘잘록병, 뿌리썩음병, 줄기썩음병 혹은 줄기꺾양병 등의 증상으로 나타난다. 또한 일부 作物의 수확 후 저장 중에 腐敗를 일으키거나 地表面에 가까이 있는 잎이 마르거나 혹은 斑點이

생기기도 한다.

門間 등(1985)은 대부분의 채소주산지에서 連作이 일반화되어 그것에 따른 각종 障害가 발생하고 收量減少 및 品質 低下가 극히 深刻한 問題로 되고 있는데, 連作障害의 發生機作에 대하여는 現在도 不分明한 점이 많지만 土壤病害가 크게 關與하고 있다고 하였다. 그리고 대부분의 토양병해는 공기전염성 병해와 달리 藥劑를 중심으로 한 單一防除 手段만으로 防除하는 것이 곤란하기 때문에 抵抗性品種의 育成, 輪作의 導入, 土壤消毒 實施, 作期の 移動, 土壤改良, 栽培法の 變更, 병든 농작물 찌꺼기의 除去 등 여러 가지 防除技術을 病原菌의 特性이나 發病程度 또는 經營條件의 特性에 맞추어 合理的인 綜合防除가 必要하다고 하였다.

菜蔬의 土壤病害는 連作地에서 주로 發生하는 것으로 알려져 있는데, 다른 작물에 登錄되어 있는 土壤消毒劑를 處理하는 防除 方法에 依存하고 있는 실정이다. 그러나 農藥에 의한 防除는 費用이 많이 들며 環境에 해로운 영향을 미칠 뿐만 아니라 藥劑處理의 效果도 사용횟수가 늘어날수록 점차 떨어지고 있는 추세이다. 그 이외의 방제 방법으로는 播種期の 調節, 輪作, 抵抗性 品種의 이용 등과 같은 방법을 고려해 볼 수 있으나 어느 한가지 방법에만 의존하는 것은 한계가 있다.

본 시험 결과 여름철 休閑期에 太陽熱을 이용한 土壤消毒法을 기본으로 몇 가지 防除法를 複合 處理하였을 경우 土壤病害 防除에 效果的이었으므로 앞으로 더 많은 菜蔬의 土壤病害 防除에 活用 可能할 것으로 期待된다.

## VI. 摘 要

太陽熱 消毒에 의한 菜蔬의 土壤病害 發生을 抑制하기 위해서 實施한 試驗의 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 太陽熱을 이용한 土壤消毒 期間 동안의 地溫은 해에 따라 差異가 있었지만 폴리에틸렌(P.E.) 필름 멀칭구가 대조구에 비하여 높게 유지되었다. 1998년 8월 4일부터 9월 3일까지 측정한 토양깊이 10cm의 最高地溫의 平均은 대조구 35.4℃보다 P.E. 필름 멀칭처리구가 6.5℃ 높은 41.9℃였다. 그리고 P.E. 필름 멀칭구의 토양깊이 10cm에서 40℃ 이상 기록된 날은 1개월중 23일이었다. 비가 많이 내렸던 1999년의 경우 10cm의 最高地溫 平均은 대조구가 27.4℃, P.E. 필름 멀칭처리구는 34.5℃로 7.1℃ 높았다.

2. *F. oxysporum*을 接種한 土壤을 45℃ 恒溫器에서 1, 3, 5, 7日間 熱處理한 後 양배추를 심은 결과 3日間 以上 處理區에서는 양배추 시들음병이 發病하지 않았다.

3. *F. oxysporum*의 密度를 調査한 結果 地溫이 높았던 P.E. 필름멀칭 處理區에서 減少하였고, 그 效果는 土壤의 地表面에 가까울수록 높았다.

4. 양배추 栽培圃場의 土壤에서 分離한 *Bacillus* sp.와 *Pseudomonas* sp.는 比較的 높은 溫度에서도 잘 자랐고 *F. oxysporum*에 대하여 拮抗 能力을 나타내었다.

5. 양배추 시들음병에 대한 防除 效果는 대조구에 비하여 太陽熱 土壤消毒 處理區가 높게 나타났다. 1998年의 양배추 시들음병 罹病率은 Dazomet 施用+ P.E. 필름 멀칭 處理區에서 가장 낮았고, 그 다음 퇴비 施用後 P.E. 필름 멀칭 處理區, 청예수수 施用後 P.E. 필름 멀칭, P.E. 필름 멀칭 處理區 順으로 낮았다.

6. 太陽熱 土壤消毒 處理區에서 감자 더덩이병 罹病率이 낮았고 商品率은 높게 나타났다.

7. 양과 育苗 栽培하기 前 太陽熱 土壤消毒 處理區에서 모잘록병 發生率이 대조구에 비하여 낮게 나타났다.



## Ⅶ. 引用文献

Armstrong, G.M. and J.K. Armstrong. 1966. Races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* : race 4, new race : and a new host for race 1. *Lychnis Chalcedonica*. *Phytopathology* 56:525~530.

Baker, K.F. and R.J. Cook. 1982. Biological control of plant pathogens. The American Phytopathological Soc., St.Paul, Minnesota, p.433.

Baxter, L.W., W. Witcher, Jr., S.G. Fagan, and M.G. Owen. 1977. Control of southern stem blight of tomatoes by physical means. *Plant Dis. Repr.* 61:341~342.

Booth, C. 1971. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycol. Inst., Kew, Surrey, England:130~154.

Carling, D.E., R.H. Leiner, and K.M. Kebler. 1987. Characterization of a new anastomosis group (AG-9) of *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 77:1609~1612.

Cho, E.K., W.G. Kim, W.T. Cho, and E.J. Lee. 1985. Antagonistic effects of an isolate of *Bacillus subtilis* to *Rhizoctonia solani*. *Res. Rept. RDA(P·M & U)* 27(1):79~86.

Chung, H.S., E.S. Chung, and Y.H. Lee. 1998. Biological control of postharvest root rots of ginseng. Korean J. Plant Pathol. 14(3):268~277.

鄭永倫, 吳承煥. 1981. 土壤病害의 生物學的 防除 研究. 人蔘研究報告書 :56~72.

Donald, E.M., W. Wilbur, and E.F. Darley. 1976. Effect of heating or drying on *Armillaria mellea* or *Trichoderma viride* and the relation to survival of *A. mellea* in soil. Phytopathology 66:1363~1368.



Elad, Y., J. Katan, and I. Chet. 1980. Physical, biological, and chemical control intergrated for soilborne diseases in potatoes. Phytopathology 70:418~422.

福井俊男, 小玉孝司, 中西喜徳. 1981. 太陽熱とハウス密閉處理土壤消毒法について IV 露地型被覆處理による土壤傳染性病害虫に對する適用擴大. 奈良縣農業試驗場研究報告 12:109~119.

Grinstein, A., Y. Elad, J. Katan, and I. Chet. 1979. Control of *Sclerotium rolfsii* by means of herbicide and *Trichoderma Harzianum*. Plant Disease Reporter 63:823~826.

Grinstein, A., J. Katan, A. Abdul Razik, O. Zeydan, and Y. Elad. 1979. Control of *Sclerotium rolfii* and weeds in peanuts by solar heating of the soil. Plant Disease Reporter 63:1056~1059.

Hirano, T., T. Nakagome, M. Takimoto, U. Ohsawa, and Y. Kinbara. 1996. Physical control of calla phytophthora rot with soil solarization in greenhouse conditions. Res. Bull. Aichi Agric. Res. Ctr. 28:241~246.

洪 春洋. 1977. 土壤病害を軽減させるオガクズ(バーク)堆肥の有効利用 1. 農業および園藝 52:1272~1276.

홍순영. 1998. 감자더랭이병을 일으키는 *Streptomyces* spp.의 동정 및 방제. 제주대학교 석사학위논문.

홍순영, 임성언, 강상훈, 정순경. 1996. 제주지역에서 발생하는 감자더랭이병의 특징(Abstract). 한국식물병리학회지 12(4):488.

本間善久. 1980. 토마토萎凋病の耕種的防除法 2 - 防除の方法とその機作について -. 農業および園藝 55:61~64.

堀 眞雄, 堀内誠三. 1981. アブラナ科野菜根こぶ病の防除 - とくに太陽熱利用土壤消毒について -. 農業および園藝 56:707~803.

屈本康博. 1965. ハクサイ軟腐病の耕種的防除に関する2,3の試験. 日本植物病理

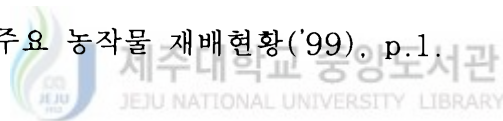
學會報 30:103~104.

今野一男, 平井義孝, 東田修司. 1988. バーク堆肥の腐熟度指標と畝地への施用法. 日本土壤肥料學會誌 59:621~625.

猪坂律次. 1985. 太陽熱利用による露地の土壤病虫害対策. 今月の農業 29(4): 108~109

岩田俊一, 山口富夫, 淺川 勝. 1996. 植物防疫. 全國農業改良普及協會 :146~181.

제주도. 2000. 주요 농작물 재배현황('99). p.1.



濟州道農業技術院. 1998. 濟州道の 農業概觀. pp.1~4.

제주도농업기술원. 1998. 농작물 병해 정밀조사사업 결과. pp.2~7.

全國農村教育協會. 1979. 野菜の病虫害診斷と防除. pp.271~273.

Katan, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control : status and prospects. Plant Disease 64:450~454.

Katan, J., A. Greenberger, H. Alson, and A. Grinstein. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. Phytopathology 66:683~688.



Katan, J., G. Fisher, and A. Grinstein. 1983. Short- and long-term effects of soil solarization and crop sequence on Fusarium wilt and yield of cotton in Israel. *Phytopathology* 73:1215~1219.

河合一郎, 鈴木春夫, 川井慶二. 1958. 胡瓜蔓割病の發生と土質との關係. *日植病報* 23:19.

Kim, C.J. K.H. Lee, O.S. Kwon, A. Shimazu, and I.D. Yoo. 1994. Selective isolation of actinomycetes by physical pretreatment of soil sample. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 22:222~225.

Kim, J.W., B.K. Park, I.G. Hwang, and C.S. Park. 1998. Antifungal activity of root colonizing *Pseudomonas fluorescens* MC07 is responsible for its disease suppression ability. *Korean J. Plant Pathol.* 14(6):606~611.

Kim, J.H., T.K. Lee, H.C. Yang, and D.K. Oh. 1997. Optimization of medium for  $\beta$ -mannanase production by *Bacillus* sp. WS-42. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 25:212~217.

Kim, S.Y., D.J. Pack, O.S. Kwon, C.Y. Lim, P.K. Kim, S.W. Lee, and C.J. Kim. 1996. Evaluation of antimicrobial activities of domestic actinomycete strains. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 24:166~172.

北田幹夫. 1997. 太陽熱土壤消毒による夏播きホレンソウの安定栽培技術. 農業および園藝 72(2):295~298.

小玉孝司. 1979. 太陽熱利用によるハウス土壤消毒[1]. 農業および園藝 54:193~194.

小玉孝司. 1989. 熱利用(太陽熱)による病害防除. 農業および園藝 64:183~188.

小玉孝司, 福井俊男. 1979. 太陽熱とハウス密閉処理による土壤消毒法について I. 土壤伝染性病原菌の死滅条件の設定とハウス密閉処理による土壤温度の變化. 奈良縣農業試験場研究報告 10:71~82.

Kodama, T. and T. Fukui. 1982a. Application of solar heating with plastic-film mulching in the out-door field for control of Fusarium wilt of strawberry. Ann. Phytopath. Soc. Japan 48(5):699~701.

Kodama, T. and T. Fukui. 1982b. Solar heating in closed plastic house for control of soilborne diseases V. Application for control of Fusarium wilt of strawberry. Ann. Phytopath. Soc. Japan 48(5):570~577.

小玉孝司, 福井俊男, 中西喜徳. 1979. 太陽熱とハウス密閉処理による土壤消毒法について II. イチゴ萎黄病ほか土壤伝染性に対する土壤消毒効果と効果判定基準の設定. 奈良縣農業試験場研究報告 10:83~92.

小玉孝司, 福井俊男, 松本恭昌. 1980. 太陽熱とハウス密閉処理による土壤消毒法について Ⅲ. ハウス密閉処理が土壤微生物数およびイチゴ萎黄病菌の行動に及ぼす影響. 奈良縣農業試験場研究報告 11:41~52.

小玉孝司, 宮本重信, 宮川逸平, 志賀陽一. 1976. 夏季の温室密閉のよる土壤消毒法. 農業および園藝 51:889~894.

兒玉不二雄. 1983. タマネギ乾腐病とその防除に関する研究. 北海道立農業試験場報告 39:1~65.

駒田 旦. 1975. *Fusarium oxysporum*の選擇分離培地とその利用. 植物防疫 29:125~130.

駒田 旦. 1979. 野菜のフザリウム病. 化學と生物 17:791~798.

駒田 旦. 1984. 土壤伝染性フザリウム病に関する研究. 日植病報 50:301~303.

駒田 旦. 1989. 土壤病害の綜合防除. 今月の農業 9:80~84.

駒田 旦, 加藤喜重郎, 吉野正義, 戸崎正弘, 米山伸吾, 木暮春幹夫, 後藤 昭. 1980. 太陽熱利用等による土壤病害防除對策, 特に關東東山東海地域連絡試験を中心として. 太陽熱利用による土壤消毒に関する實證的研究, pp.135~146.

韓國植物保護學會. 1986. 韓國 植物病・害蟲・雜草銘監, pp.31~50.

高順保. 1998. 양배추 시들음병균 *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*의 특성과 품종별 저항성 검정. 제주대학교 석사학위논문.

Krupa, S. V. and Y. R. Dommergues. 1979. Ecology of root pathogens. Elsevier Sci. Pub. Co., p.281.

國安克人, 中村 浩. 1978. 野菜試報 A4 :149~162.

경상남도농촌진흥원. 1995. 1994년도 시험연구보고서, p.743.

Kwon, O.S., D.J. Park, C.Y. Lee, and C.J. Kim. 1996. Distribution pattern of soil actinomycetes at Cheju island. Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 24:399~403.

Lambert, D. H. and R. Loria. 1989. *Streptomyces scabies* sp. nov., nom. rev. International Journal of Systematic Bacteriology 39(4):387~392.

Lee E.J., K.S. Kim, S.H. Hong, and J.H. Ha. 1995. The mechanism of biological control of *Pseudomonas* spp. against *Fusarium solani* causing plant root-rot disease. Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 23:91~97.

李禹升. 1994. 韓國의 菜蔬. 慶北大學校出版部.

孫工弥壽雄. 1984. 野菜病害に對する農業の耐性菌對策[1] - 特に重要野菜類の灰色かび病について -. 農業および園藝 59:807~811.

松田 明. 1978. 土壤病害からみた有機物のほ場施用法. 植物防疫 32:231~237.

松口龍彦. 1986. 根圏微生物の機能と作物の生育. 農業技術 41:451~457.

松本和天. 1979. 病菌孢子形成培地菌長期保存法. 植物防疫 33:461~463.

Matuo, T., H. Komada, and A. Matsuda. 1980. Fusarium disease of cultivated plants. Zenkoku Nosen Kyoiku Kyokai Press. Tokyo, pp.502.

宮川 喬, 山本敏夫, 稻垣 悟, 河瀬住雄. 1976. ハウストマトの萎ちょう病(J3) 對策 - 現地での發病の経過とその防除法 -. 農業および園藝 51:59~63.

宮川逸平, 志賀陽一. 1974. 温室の保温性による温室内の土壤消毒法. 農業電化 27(8):16~20.

Miyajima, K., F. Tanaka, and F. Kuninaga. 1998. *Streptomyces turgidiscabies* sp. nov. International Journal of Systematic Bacteriology 48:495~502.

宮本重信, 小玉孝司. 1995. 太陽熱を利用した土壤消毒の開発・普及. 農業技術 50:104~107.

望月龍也, 山川邦夫. 1988. トマト根腐萎ちょう (*Fusarium crown and root rot*) 抵抗性の幼苗検定法に関する研究. 日本野菜茶業試験場研究報告 2:217~237.

門間敏幸, 駒田 旦, 伊藤純雄, 大畚關一. 1985. 土壤病害の發生豫測と圃場カルテシステムの開發 - ハクサイ根こぶ病を事例として -. 農業および園藝 60:1494~1498.

文英仁. 1998. 太陽熱 土壤消毒에 의한 양배추 安定栽培技術開發. 제주대학교 석사학위논문.

Moorman, G. W. 1982. The influence of black plastic mulching on infection rates of *Verticillium* wilt and yield of eggplant. *Phytopathology* 72:1412~1414.

森田 壽, 栗山尙志. 1973. トマト新病害「褐色腐敗病」. 植物防疫 27:145~150.

成田保三郎. 1983. 連作障害の對策について. 日本土壤肥料學會雜誌 52:170~179.

나우현. 1990. 菜蔬의 病蟲害防除. 삼안출판사, pp.105~108.

新村昭憲. 1997. ネギの根腐萎ちょう病(新称)の病原菌, *Fusarium oxysporum*の宿主範圍および病原性. 日植病報 63:202.

新田恒雄. 1989. 有機物施用による微生物的地力の増進. 農業および園藝 64:235~239.

新田恒雄, 松口龍彦. 1988. 堆きゅう肥の根圏局所施用によるアズキ落葉病の制御. 日本土壤肥料學會雜誌 59:140~148.

西尾道德. 1985. 最近の連作障害の實態と發生要因. 化學と生物 23:582~589.

野村良邦. 1993. メロンつる割病菌のクロダネカボチャへの無病徴感染. 日植病報 59:33~36.

野村良邦, 木曾 皓. 1996. ウリ科作物急性萎ちょうの發生生態に關する研究 - 特にユウガオつる割病菌に對する寄生性と萎ちょうの發現との關係 -. 日本野菜茶業試験場研究報告 11:1~59.

農林統計年報. 1999. 農林部

農村振興廳. 1995. 農事試験研究調査基準, pp.310~422.

農村振興廳. 1996. 標準營農教本 22. 菜蔬栽培, pp.198~199.

農業科學技術院. 1995. 작물 라이족토니아병 진단 및 방제, pp.27~29.

農業科學技術院. 1997. 1996年度 農作物病害蟲調査事業報告書, pp.223~227.

野々山芳夫. 1996. 微生物活用技術の展開方向. 日本土壤肥料學雜誌 67(6):726~730.

Olsen, C.M. and K.F. Baker. 1967. Selective heat treatment of soil, and its effect on the inhibition of *Rhizoctonia solani* by *Bacillus subtilis*. *Phytopathology* 58:79~87.

吳承煥, 朴昌錫, 鄭永倫. 1980. 耕作地 微生物生態 및 生物的 防除研究. 人蔘 研究報告書 :23~46.

박승환. 1996. *Bacillus* 균주의 분자육종과 응용. *생물산업* 9:12~17.

Paik, S.B. and D.W. Kim. 1995. Screening for phyllospherical antagonistic microorganisms for control of red-pepper anthracnose(*Colletotrichum gloeosporioides*). *The Korean Journal of Mycology* 23:192~194.

Pullman, G.S., J.E. Devay, and R.H. Garber. 1981. Soil solarization and thermal death : A logarithmic relationship between time and temperature for four soilborne plant pathogens. *Phytopathology* 71:959~961.

Pullman, G.S., J.E. Devay, R.H. Garber, and A.R. Weinhold. 1981. Soil solarization : Effect on verticillium wilt of cotton and soilborne population of *Verticillium dahliae*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, and *Thielaviopsis basicola*. *Phytopathology* 71:954~959.

Ryoo, S.W. and H.Y. Maeng. 1996. Purification and characterization



of antifungal compounds produced by *Bacillus subtilis* KS1. The Korean Journal of Mycology 24(4):293~304.

酒井廣藏. 1996. シンビジウムの低コスト, 高品質生産における施肥管理(2). 施設園藝 38:52~55.

左山 玲. 1997. 秋田縣におけるホレンソウ土壤病害の太陽熱消毒による防除. 今月の農業 41:67~70.

清水寛二. 1987. 太陽熱消毒と薬劑施用およびマルチ繼續栽培の組み合わせによる露地野菜の土壤病害防除. 今月の農業 31:38~44.

清水寛二, 川田 和. 1986. 太陽熱利用による水田轉換畚露地野菜の土壤病害防除に関する研究(第 1報). 滋賀縣農業試験場 研究報告 27:47~56.

清水寛二, 鈴木郎治, 高士祥助, 川田 和. 1987. 太陽熱利用による水田轉換畚露地野菜の土壤病害防除に関する研究(第2報, 第3報). 滋賀縣農業試験場 研究報告 28:7~30.

庄子貞雄. 1993. 植物土壤病害抑止對策. 博友社, pp.129~143.

Shin D.B. and T. Takehara. 1998. Biological control of Fusarium wilt of spinach by nonpathogenic isolates of *Fusarium oxysporum*. Korean J. Plant Pathol. 14(2):145~149.

- 申彦杓. 1981. 最新菜蔬園藝學. 先進文化社, pp.238~242.
- 申寬徹, 劉勝憲. 1983. 참깨 土壤傳染性病에 대한 生物學的 防除體系에 關한 研究. 農村振興廳 産學協會誌 83(15):33.
- 志賀陽一, 宮川逸平. 1970. 溫室の夏期の保溫性にもとづく土壤消毒法について. 日植病報 36:194.
- 新村昭憲. 1997. ネギの根腐萎ちよう病(新称)の病原菌, *Fusarium oxysporum*의 宿主範圍および病原性. 日植病報 63:202.
- Snyder, W.C. and H.N. Hansen. 1940. The species concept in *Fusarium*. Amer. Bot. 27:64~67.
- Strand, L.S., P.A. Rude, and J.K. Clark. 1992. Integrated pest management for potato in the western united states. University of California, Division of Agriculture and National and Resources Publication, p.146.
- 송준호, 김용욱, 조준형. 1996. 양배추 萎黃病 抵抗性的의 品種間 差異 및 遺傳. 韓育誌. 28:171~177.
- Springer, J.K. and S.A. Johnston. 1982. Black polyethylene mulch and phytophthora blight of pepper. Plant Disease 66:281.

高木 廣. 1987. 太陽熱利用によるジャガイモそうか病の防除. 今月の農業 31:24~27.

脇部秀彦, 石橋泰之, 浦田丈一. 1986. 施設栽培におけるネコブセンチュウ類に対するハウス夏季密閉処理の防除効果. 九州病害虫研究会報 32:186~188.

脇部秀彦, 伊藤文彦, 東嶋 修. 1988. 促成イチゴにおけるクルミネグサレセンチュウの発生状況と防除. 九州病害虫研究会報 34:147~150.

植松 逸, 片山克己. 1990. ジャガイモの連作下そうか病の発生生態と防除. 長崎總農林試研報(農業部門) 18:61~115.

渡辺文吉郎. 1987. 土壤病害 - 発生・生態と防除 -. 日本全國農村教育協會 :67~91.

渡辺直道. 1987. 土壤病害防除への拮抗微生物の利用[1] - とくに糸状菌による防除 -. 農業および園藝 62:37~43.

渡辺恒雄. 1980. 植物土壤病害[3]. 農業および園藝 55:707~712.

Walker, J.C. and R. Smith. 1930. Effect of environmental factors upon the resistance of cabbage to yellows. Agr. Res. 41:1~15.

Weinhold, A.R. and T. Bowman. 1968. Selective inhibition of the potato scab pathogen by antagonistic bacteria and substrate influence on antibiotic production. Plant Soil 28:12~24.

Wilhelm, S. 1973. Principles of biological control of soil-born plant diseases. Soil Biol. Biochem. 5:729~737.

Winks, B.L. and Y.N. Williams. 1965. A wilt of strawberry caused by a new form of *Fusarium oxysporum*. Queensl and J. Agr. Ani. Sci. 22:475~479.

山口純一郎, 浦田丈一, 菅正道. 1987. 施設栽培のナス青枯病に對する太陽熱利用の防除効果. 九州病害虫研究會報 33:45~47.

山本敏夫. 1987. 園藝作物における線虫の總合防除. 農業および園藝 62:417~422.

梁成錫. 1999. 施設果菜類のフザリウム病の發生生態と生物的防除に關する研究 (- 根腐萎ちょう病およびつる割病を對象として-). 北海道大學博士學位論文.

## 謝 辭

本 研究와 論文이 이루어지기까지 始終 指導鞭撻을 하여주신 張田益 博士님과 論文審查過程에서 指導 助言을 하여주신 朴庸奉, 蘇寅燮, 康 勳, 梁成錫 博士님께 깊은 感謝를 드립니다. 또한 大學院에서 講義는 물론 많은 指導를 하여주셨던 韓海龍, 白子勳, 文斗吉 博士님, 과거 여러 恩師님들과 大學院 同僚들에게도 깊은 感謝를 드립니다.

그리고 本 研究를 위해 많은 助言과 與件을 마련해 주신 濟州道農業技術院 金英輝 院長님을 비롯한 金耿浩 局長님, 여러 課長님, 職員 여러분에게 깊은 感謝를 드리며, 關心을 갖고 勉學 雰圍氣를 造成하여 주셨던 高一雄, 韓東然 前 院長님께 진심으로 고마움을 전합니다. 이름을 모두 나열할 수는 없지만 試驗 遂行 過程에서 物心 兩面으로 指導와 協助를 아끼지 않았던 先·後輩 同僚들에게 感謝드립니다.

항상 마음의 의지가 되어주신 부모님과 형제, 친척들에게 고마움을 전하며 어려움 속에서도 勉學에 精進할 수 있도록 한없는 至誠으로 힘이 되어 주었던 사랑하는 아내 張任淳과 딸 雅賢, 아들 庸殷에게 이 작은 결실을 전하면서 기쁨을 함께 나누고자 합니다.

끝으로 現場에서 알게 모르게 많은 教訓을 주셨던 農業人 여러분에게 本 研究가 조금이라도 도움이 되었으면 하는 마음을 가져봅니다.