

太陽熱 消毒에 의한 오이덩굴썩김병 防除

—病原菌 生長抑制 및 오이生育促進에 미치는 비닐 被覆效果—

朴 昌 錫*

Effects of Soil Solarization for Control of Cucumber Wilt

—Suppression of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*
and Promotin of Cucumber Growth—

Chang-Seuk Park*

ABSTRACT

The effects of solarization on the suppression of soilborne plant pathogen and the growth promotion of cucumber plants were examined in artificially infested soil by vinyl mulching and not mulching from July 25 to August 25, 1983. During the solarization period, the highest temperatures were 58°C, 45°C, and 42°C, at 5cm, 15cm, and 25cm of soil depth respectively.

The inoculum of cucumber wilt pathogen, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, was mixed with soil 30cm deep and saturated with water. The pathogen was completely killed after 30days of solarization in 5cm soil depth and 98 percent of inoculum was eliminated in 15cm soil depth. But the survival rate of the fungi in 25cm soil depth of solarized plot did not show significant differences compared with those in nontreated plot in 5cm and 15cm depth.

Although some of the pathogenic fungi might survive from solarized soil in 15cm and 25cm depth, the ability of microconidia production was reduced significantly. The number of microconidia grown on Komada's medium in isolates the primary colonies from solarized soil was less than that in isolates from nontreated soil approximately by one fourth. The first subcultured solates from the solarized soil grown on potato dextrose agar also produced a small amount of microc. onidia compare with that of subcultured isolates from nontreated soil.

Cucumber seedlings planted in the soil collected from solarized plot grew much better than that in the soil from nontreated plot at any of soil leved, especially in 5cm of soil depth. And the fruits harvested from cucumber plants grown in the solarized plot were more in number and heavier in weight than that from nontreated plot.

Besides the typical symptom development, significant growth suppression was recognized with increase of inoculum density of *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* at early stage of cucumber seedlings in steam sterilized soil.

*慶尙大學校 農科大學 植物保護學科(Dept. of Plant Protection, GyeongsangUniv. Jinju 620)

태양열을 직접 이용해서 토양으로부터 전염되는 병을 방제하고자 하는 노력은 고대 인도문명에서도 찾아볼 수 있으며⁵⁾ 우리나라에서는 인삼재배농가에서 상당히 오래 전부터 傳來되어 오는 비법으로 알려져 있다. 최근에 이르러서는 태양열을 좀 더 효과적으로 이용하고 토양온도를 보다 고온에서 오래동안 유지하기 위하여 투명 포리에틸렌 필름을 밀칭하여 토양병균을 사멸시키거나 그 활성을 억제하고자 하는 연구가 많은 진보를 보이고 있다.^{5,7,9,12)} 태양열을 이용한 토양소독에 관한 연구는 여름철 기온이 높고 비가 안오는 건조한 지방인 이스라엘이나 미국의 캘리포니아에서 많이 진보되었는데^{2,3,4,9,10)} 이들은 주로 노지에서 재배되는 감자, 면화, 강낭콩, 토마토 등을 대상으로 실험하였고 본같이 여름철 비가 많은 지역에서는 주로 비닐하우스에서 재배하는 토마토, 딸기, 오이, 피망 등에 발생하는 병을 대상으로 연구하였다.^{6,7,11)} 우리나라에서는⁸⁾ 등이 토마토 풋마름병, 딸기 누른오갈병, 고추 역병 등을 대상으로 태양열 소독 효과를 시험하였다.

태양열 처리에 의한 토양소독은 화학약품처리나 다른 물리적인 처리에 비하여 경제적인 면에서 비용이 아주 적게 들며 처리방법이 간편하며, 독성이나 다른 부작용이 없다는 면에서 많은 장점을 가지고 있다. 또한 태양열 소독은 잡초를 방제하는 효과도 있으며^{4,5,8)} 작물의 생육을 촉진시키고 수량을 증대시키는 효과를 나타내기도 한다.^{1,4,5,12)} 태양열 처리는 훈증제나 증기독처럼 토양 속의 모든 생명체를 완전히 없애므로 생물학적인 진공상태를 만들어 내지 않는다는 장점을 가지고 있어서⁵⁾ 길항균이나 경쟁균이 없으므로 야기되는 균의 재오염시 급속한 증식을 피할 수 있다.^{1,5)} 더하여 태양열 처리에 의한 토양병 방제는 지금까지 개편된 기존의 방법을 병행하여 쓸 수 있으며 생물학적 방법이나 약제를 추가하여 더욱 높은 효과를 올릴 수 있고 병용하는 데 제한이 별로 없다.^{4,5)}

우리나라에서도 태양열소독에 관한 연구가 많이 시도되었으리라 믿어지나 報告은 극히 드문 실정이다. 연구는 년중 기온이 가장 높은 7,8월에만 작물이 재되지 않는 토양을 대상으로 하여 태양열 처리효과를 실험함으로써 실제 남부지방 비닐하우스에서 문제되는 양전염성병을 태양열처리에 의해 방제할 수 있는 기작요를 얻고자 수행하였다.

太陽熱 處理 : 진주시 초진동 비닐하우스 지대 중에서 참외를 栽培했던 밭토양을 선택하여 7월 25일부터 8월 25일까지 32일간 實驗하였다. 먼저 土壤을 깊이 30cm로 갈아엎고 地面을 고른 다음 물을 대어 飽和濕度를 만들고 가로 1.8m 세로 5.4m의 면적에 Polyethylen film(0.04mm)을 덮고 완전히 密閉시켜 太陽熱을 받게하였다. 無處理는 똑같은 方法으로 흙을 갈아엎고 濕度를 飽和狀態로 하여 그대로 두고 比較하였다.

비닐을 덮어 완전히 密閉하기전에 3點씩 自記土壤溫計의 感溫部를 5cm, 15cm, 25cm되는 길이에 설치하여 매일의 溫度變化를 記錄하였고 無處理 土壤의 地中溫度는 진주축후소의 土壤 10cm, 20cm, 30cm 깊이별 溫度 조사성적을 이용하였다.

土壤中 病原菌 밀도조사 : 病原菌은 慶尙大學校 植物保護學科 病理實驗室에서 보존중인 오이 덩굴쪼김병(*Eusariumoxysporum* f. sp. *cucumerinum*)을 殺菌한 쌀보리 표면에 接種시켜서 30°C 항온기에 5~7일간 培養하여 쌀보리 표면에 菌絲가 끌고루 자라게 한 다음 그늘에서 충분히 말리고 Waring blender로 갈아서 1mm 체로 쳐서 接種源을 만들었다. 接種源의 生菌수는 $33 \times 10^4/g$ 이었다. 土壤에 病原菌 接種은 가로와 세로 1m 길이 30cm 흙에 끌고루 섞어 넣었다. 이때 土壤 1g당 病原菌의 密度는 4.2×10^4 이었다.

각 處理 土壤을 殺菌水로 희석하여 0.5ml씩 배지에 끌고루 分散시킨 다음 5일 以後에 나타나는 진한 자주색 colony수를 세어 病原菌의 密度를 調査하였다.

處理後 32일이 지난 露地의 太陽熱處理와 無處理 土壤을 각각 5cm, 15cm, 25cm 깊이별로 흙을 채취하여 菌密度를 調査하였다.

實驗室內에서 溫度別 病原菌 生存率 調査는 토양 400g과 接種源 40g을 끌고루 섞어서 濕度를 飽和狀態로 만든 다음 4개의 plastic용기에 나누어 담고 35°C, 40°C, 50°C의 4개의 恒溫器에 넣어 매일 1g씩 채취하여 위와 같은 방법으로 病原菌 密度를 調査하였다.

병원균의 증식력 조사 : 太陽熱處理路와 無處理路에서 生存한 病原菌의 증식능력을 비교조사하기 위하여 Komada배지에 최초로 나타난 *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*의 Colony를 계속 증식시켜 직경 1cm되는 Cork borer로 베어내어 殺菌水에 희석하여 소형분생포자의 형성량을 調査하였고 또한 komada배지의 Colony로부터 순수한 菌을 PDA배지에 옮겨서 계대배양하여 나타난 colony로부터 알과 같은 方法으로 孢子形成量을 調査 比較하였다.

土壤處理別 作物의 發病 및 生育調査: 接種源은 섞어 넣었던 太陽熱處理 土壤과 無處理 土壤은 5cm, 15cm, 25cm 깊이별로 흙을 채취하여 직경 9cm, 깊이 11cm의 프라스틱 포트에 담고 發芽시킨지 2일 지난 청장마디오이플 포트당 4개씩 3반복으로 심고 본엽이 나오면서부터 병징을 조사하였으며 과중후 3주일 이 지난 다음 오이 유묘의 생체중을 달아서 처리간 비교하였다 한편 노지에서 태양열을 처리한 구와 무처리구에 1m² 당 6주씩 오이를 심고 병징과 생육을 비교하였으며 제일차로 수확한 과실의 생체중과 수를 비교하였다.

病原菌의 密度와 오이의 生育調査: 같은 토양에 병원균의 밀도에 따라 오이의 생육 차이를 알아보기 위하여 완전히 살균한 토양에 공시균 (4.2×10⁴/g)의 비율을 100 : 1, 500 : 1, 1,000 : 1로 하여 고루 섞고 직경 9cm 깊이 4.5cm인 프라스틱 포트에 담고 청장마디오이플 최아시켜 과중하였다. 과중후 본엽이 나오기 후부터 병징과 생장을 조사하여 농도별로 비교하였다.

結 果

太陽熱處理토양의 溫度變化: 비닐로 멀칭한 토양과 무처리 토양의 깊이 별 일중 최고온도를 조사한 것은 그림 1과 같다.

멀칭처리구나 무처리구 공히 처리개시부터 계속 지온이 상승되다가 8월 6일에 가장 높은 온도를 기록하였는데 멀칭 처리구의 지표로부터 5cm인 경우는 58°C 까지 올라갔고 15cm에서는 45°C, 25cm에서도 42°C에 달했다. 그러나 무처리 토양에서는 토양깊이 10cm에서도 40°C에 미치지 못했다. 전반적으로 8월 9일까지는 지온이 계속 상승하다가 그후에는 기온의 변화에 따라 지온도 변화가 심하다가 8월 20일 이후는 지표 5cm 깊이에서도 40°C보다 낮아졌다. 멀칭처리구는 무처리에 비하여 지하 25cm까지도 뚜렷한 온도상승효과를 보였다.

溫度別 病原菌의 生存率: 쌀보리에서 증식시킨 병원균의 접종원을 포화습도인 토양에 섞어서 온도별로 생

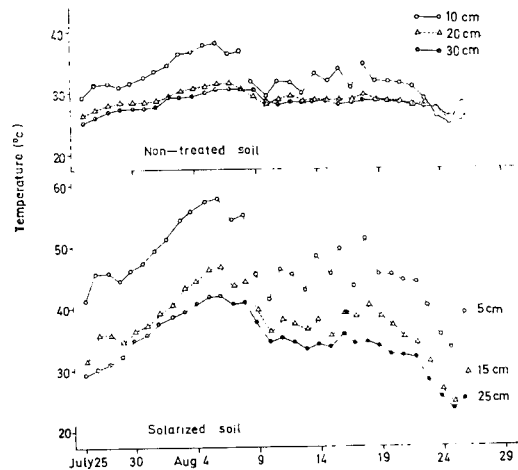


Fig. 1. Fluctuation of maximum temperature at three different depth of solarized and non treated soil from July 25 to Aug. 25 1983.

존율을 조사하여 본 결과 공시균 *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*은 50°C의 항온에서는 3일 후에 완전히 사멸되었고 45°C에서는 5일만에, 40°C에서는 10일 만에 사멸되었다. 병원균의 사멸온도는 아니지만 포화습도 상태인 토양에서는 35°C에서도 30일 후에는 생존균이 검출되지 않았다(표 1).

태양열처리에 의한 평균 성장억제: 최초의 병원균 밀도가 토양 1g당 4.2×10⁴ 생존수이었던 토양을 32일간 비닐멀칭하여 태양열을 받았던 처리와 무처리구에서 5cm, 15cm, 25cm 깊이 토양을 채취하여 생존균 수를 조사하였다.

비닐멀칭 처리한 토양의 5cm 깊이에서는 생존균이 검출되지 않았으며 15cm 깊이에서는 0.8×10³의 생존균이 검출되었으나 25cm 깊이는 무처리 토양과 통계적인 유의차가 없었다. 무처리토양에서도 최초 접종원의 90% 이상이 사멸되었다(표 2).

그러나 태양열 처리한 토양깊이 15cm나 25cm에서 비록 생존한 평균이라 할지라도 소형분생포자의 형성 능력이 현저하게 감퇴됨을 나타냈다(표 3).

Table 1. Survival rate of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* in moist soils(400g sterilized soil plus 40g inoculum) in plastic bags at different incubation temperatures.

Incubation Temp. (°C)	Number of propagules per gsoil(×10 ³) at Days after treatment									
	1	2	3	5	7	10	15	20	30	45
35	42.6	43.8	21.0	16.1	14.3	8.9	2.4	0.3	0	0
40	48.1	16.0	7.1	3.2	3.9	0	0			
45	14.8	4.3	1. h	0	0					
50	4.8	0.7	0	0						

Table 2. Survival density of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* in different depth of solarized and non-solarized soil for 32 days from July 25 to Aug. 25.

Treatment	Number of propagules per g soil ($\times 10^3$) at soil depth of		
	5cm	15cm	25cm
Vinyl mulching	0	0.8	2.4
Non-treatment	2.2	3.4	2.7
Original density	42.0		

Table 3. Microconidia production of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* isolates obtained from vinyl-mulching and not mulching plots for 32 days

Isolate source	Number of microconidia ($\times 10^4/cm^2$)	
	Primary isolate (Komada's Media)	Subcultured isolate (PDA)
Solarized soil	8.7 \pm 2.2	20.0 \pm 2.4
Nontreated soil	38.6 \pm 6.8	61.0 \pm 3.8
Indoor inoculum	134.0 \pm 9.5	238.1 \pm 14.2

Kamada¹⁾지에서 처음 분리한 균주에서 직경 1cm의 조사조각을 갈판수에 퇴적하여 분생포자를 조사한 결과 1ml당 8.7×10^4 인데 비하여 무처리 토양에서 분리한 균은 4배가 넘는 38.6×10^4 이었고 실험실에 보존한 균총원은 134.0×10^4 이었다. 이들을 다시 감사한질 배양기에 1차 세대배양하였을 때도 비슷한 결과를 보였는데 2차 세대배양부터는 차이가 인정되지 않았다.

태양열처리와 오이생육 촉진효과: 병원균을 집중한 토양을 30일 동안 비닐멀칭하였던 토양과 무처리 토양을 깊이 별로 채취하여 포트에 담고 오이를 파종하여 1주일 재배한 오이 유묘의 신선중을 비교하였던 바 비

Table 4. Fresh weight of cucumber seedlings grown for three weeks in the soil collected from different depth of vinyl mulching and non-mulching soil infested with *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*.

Treatment	Fresh weight of seedlings (g)* grown in soil collected from in depth		
	5cm	15cm	25cm
Vinyl mulching	60.3	44.1	40.2
Non-mulching	38.6	31.4	21.0

Fresh weight was measured for 12 plants of cucumbers grown on the plastic pots for three weeks after seeding.

닐멀칭을 하였던 토양에서 오이를 재배하였을 때 번창을 하지 않았던 토양에 재배한 것보다 생육이 왕성하였다(표 4).

비닐멀칭한 처리의 토양을 깊이에 관계없이 모두 신선중이 월동이 컸으며 특히 멀칭 처리구의 5cm 깊이에 토양에서는 뚜렷한 차이가 있었다. 또한 노지 토양에 오이를 재배하여 태양열 처리구와 무처리구의 수확량을 비교하였다. $1m^2$ 당 6주의 오이를 3반복으로 심고 제 1차로 수확한 오이의 수와 신선중을 비교하여 본 결과 비닐멀칭 처리구에서 수확한 오이는 평균 수량도 많았을 뿐만 아니라 구당 수확물의 신선중도 무처리구보다 1kg 이상 무거웠으며 오이 한개당 무게도 훨씬 무거웠다(그림 2).

病原菌 密度와 오이생육: 앞서 서술한 태양열 처리에 의한 오이의 생육 촉진 효과를 온도상승에 의한 병원균의 밀도 감소에 기인되었던 것으로 추정하고 이를 뒷받침하기 위한 실험으로 고압살균한 토양에 공시한 접종원 (4.2×10^4 생균수/1g)의 농도를 100 : 1, 500 : 1,

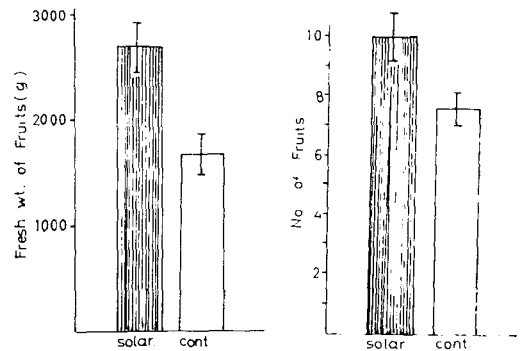


Fig. 2. Comparison of yield of fruits harvested from 6 plants of cucumbers planted in the solarized and non treated soil.

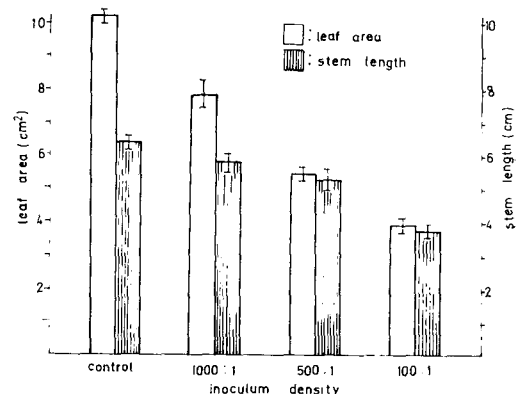


Fig. 3. Suppression of cucumber growth with increase of inoculum density of *F. oxysporum* at seedling stage

1,000 : 1로 각각 섞은 후 오이를 파종하여 2주 후 유묘의 최대엽면적과 경장을 조사하여 비교하여 본 결과 병원균 농도가 100 : 1인 경우도 2주까지는 병징이 나타나지 않았으므로 다른 처리와 같이 생육을 비교할 수 있었다. 병원균의 농도가 증가됨에 따라 오이 생육이 현저하게 억제됨을 알 수 있었으며 특히 나중까지도 외관상으로 전여 병징을 나타내지 않았던 1,000 : 1의 농도에서도 무접종구에 비하여 생육이 훨씬 억제되었음을 알 수 있었다(그림 3).

고 찰

비닐멀칭한 토양의 온도상승 효과는 토양조건이나 기후변화에 따라서 差異가 많으나 대체로 토양깊이 5cm에서 최고온도가 50°C 전후에 達하고 10cm는 40°C, 20cm는 35°C정도인 것으로 보고된 바 있다.^{3,5,8,11)} 본 실험에서는 1983년 8월 기온이 특히 높았던 관계로 최고온도가 5~6도 더 높았다. 小王⁸⁾이나 清水¹²⁾ 등은 비닐하우스를 密閉처리 하거나 턴벨이중 멀칭함으로써 토양온도를 지층 5cm는 70°C까지, 10cm는 60°C, 20cm는 53°C까지 높힐 수 있다고 하였다. 그러나 똑같은 실험을 한 임 등⁹⁾의 결과에 의하면 이들보다 무려 10°C씩이나 낮았다. 태양열을 효과적으로 토양에 집적시키기 위한 연구는 기후조건, 지형, 토성 등을 고려해야 할 것이며 처리방법이나 재료도 관계 전문분야와 공동으로 계속 연구개발해야 할 것이다.

토양속의 병원균은 致死溫度에 달하는 高溫에서는 짧은 시간내에 죽지만 토양조건이나 처리방법에 따라서는 이보다 낮은 온도에서도 사멸된다.^{5,6,11)} 실제로 토양내의 온도가 40~50°C에 달하면 토양병원균의 밀도는 크게 줄어든다⁵⁾ 본 실험의 결과에 의하면 35°C의 낮은 온도에서도 포화습도인 토양에서는 30일이 경과된 후에 사멸되었고 40°C는 10일, 45°C는 5일 50°C는 3일 만에 각각 사멸되었는데 이는 小王⁹⁾ 등이 보고한 사멸시간 보다 짧은 것이었다. 따라서 본 실험에서 조사한 결과에 의하면 토양 15cm 깊이까지는 대부분의 병원균을 사멸시킬 수 있을 것으로 추정된다. 또한 태양열처리 기간중 포화습도를 계속 유지하면서 온도를 상승시키는 방법을 개발한다면 보다 높은 살균효과를 기대할 수 있을 것이다.

태양열을 처리한 토양의 병원균 사멸여부는 증식상태인 균사 또는 포자를 망사로 싸서 토양층에 묻어 조사한 보고가 많은데^{8,11,12)} 본 연구에서는 토양 깊이 30cm까지 전면에서 접종하고 밀도변화를 조사하였다. 실제로 토양 깊이 5cm까지만 병원균이 死滅되었고 그이하의 토양에서는 生存한 균이 검출되었는데 태양열 소독

처리한 토양에서 분리한 병원균은 증식력이 크게 떨어져짐을 보였다. 최초로 분리한 Komada배지에서 두가지 菌株의 소형分生孢子 數를 조사한 결과 태양열 처리구는 무처리구에 비하여 1/4도 못되었으며 1차 繼代培養한 PDA배지에서도 비슷한 결과를 보였다(表 3). 태양열 소독에 의한 토양병의 방제는 토양온도를 치사온도까지 올려서 직접 병원균을 사멸시키는 효과도 있지만^{3,5,10,11)} 병원균의 생육에 부적당한 고온이 오래 계속되거나 토양층의 미생물 집단에 영향을 주고 理化學的 성상이 변화됨으로서 병원균의 生存력이 크게 떨어져서 결국 消滅되거나 생존한다 하더라도 작물에 병을 일으킬 만한 傳染源能力(Inoculum Potential)을 이루지 못하게 한다.⁵⁾ 본 실험의 결과들은 이를 뒷받침하는 것으로서 토양 깊이 5cm까지는 짧은 기간내에 병원균이 사멸되었고 그이하의 토양에서 생존한 균은 분성포자 형성능력이 크게 저하됨을 보였다.

태양열 처리후 작물을 재배하였을 때 작물의 생육이 촉진되거나 收量이 증가되었다는 보고는 많이 있다.^{2,4,5,12)} 생육이 촉진되는 구체적인 機作은 밝혀지지 않고 있으나 가능성이 높은 가설로 토양중 미생물 집단의 변화와 理化學的 性狀이 作物의 生育에 유리하게 변화되었을 것이라는 설이다.⁵⁾ 본 실험에서도 포트실험이나 노지재배에서 모두 오이 생육이 무처리에 비하여 월등히 좋았고 수량도 많았다.

병원균의 농도가 증가되면 작물생육이 억제되는 것은 당연한 것 같으나 외관상 병징이 전여없을 경우 생육부진을 토양병원균에 의한 것이라고 생각하기는 쉽지 않다. 본 실험에서 얻은 결과에 의하면 병원균 농도가 아주 낮을 때에는 병징이 전혀 나타나지 않았으나 무접종구에 비하여 생육이 현저히 부진하였다. 태양열 소독에 의해 작물생육이 촉진되는 주요한 원인의 하나는 이러한 미약한 병원균 집단(Minor pathogen)을 제거함으로써 기인된다고 추정할 수 있겠다

摘 要

오이를 재배했던 비닐하우스 토양에 病原菌을 전면 接種하고 1983년 7월 25일부터 8월 25일까지 포리에칠렌 필름을 멀칭하여 太陽熱消毒 效果를 실험하였다. 멀칭처리 기간중 토양의 일중 최고온도는 깊이 5cm에서 58°C, 15cm는 45°C, 25cm는 42°C에 達했다. 태양열처리 한지 32일 경과후 지표로부터 5cm以內的 토양에 있던 병원균은 완전히 死滅되었으며 15cm까지는 98% 이상 소멸되었으나 25cm 토양은 무처리와 差異가 없었다. 그러나 태양열처리한 토양에서 분리한 菌株은 무처리 토양의 균주보다 소형포자 생산량이 현저하게

나소되었다. 밭칭처리에 재배한 오이는 생육이 월등히 높았는데 특히 5cm 이내의 토양에서 두드러지게 나타났다. 노지재배의 경우도 生長과 收量이 무처리에 비하여 현저히 좋았다.

병원균 *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*은 오이 1/2에 외관상 나타나는 병징 이외에도 전엽원의 농도가 증가됨에 따라 오이 생육이 비례하여 억제됨을 나타내었다.

인 용 문 헌

1. Elad, Y., Katan, J. and Chet, I. 1980. Physical, biological and chemical control integrated for soil borne disease in potatoes. *Phytopath.* 70: 418-422.
2. Grinstein, A., Orion, D., Greenberger, A. and Katan, J. 1979. Solar heating of the soil for the control of *Verticillium dahliae* and *Paratylenchus thornei* in potatoes. in *Soil Borne Plant Pathogens*, Schippers B. and Gams A. ed. 431-438 AP. London, New York, San Francisco.
3. Katan, J., Greenberger, A., Alon, H. and Grinstein, A. 1976. Solar heating by polyethylen mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopath.* 66:683-688.
4. Katan, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: status and prospects. *Plant. Disease.* 64:405-454.
5. Katan, J. 1981. Solar heating of soil for control of soil borne pests. *Ann. Rev. Phytopath.* 19: 211-236.
6. 小玉孝司, 宮本重信, 宮川逸平, 志賀陽一(1976) 夏季溫室 密閉 による 土壤消毒法, 農業および園藝 51卷 7號 889-894.
7. 小玉孝司(1979). 太陽熱 利用による 하우스土壤消毒(2) 農業および園藝 54卷 2號 277-281.
8. 임상철, 박한영(1982). 토양소독 방법에 관한 연구 원예시험장보고 pp. 443-455.
9. Pullman, G.S., DeVay, J.E., Garber, R.H., and Weinhold, A.R. 1979. Control of soil-borne fungal pathogens by plastic tarping of soil. in *Soil Borne Plant Pathogens*, Schippers B. and Gams A. ed. 439-446, AP. London, New York, San Francisco.
10. Pullman, G.S., DeVay, J.E. and Garber, R.H. 1981. Soil solarization and thermal death: A logarithmic relationship between time and temperature for four soil borne plant pathogens. *Phytopath.* 71:959-964.
11. 坂口莊一(1982), 비닐被覆による ジャガイモそうカン病, 青枯病 防止效果 今月の農薬 26卷 7號 2-23.
12. 清水寛二, 川田和(1983), 太陽熱 利用 による 露地野菜の 土壤病害防除 今月の農薬 27卷 1號 94-99.