

熱處理에 의한 양배추 시들음병 防除

張田益 · 秦石天 · 文英仁 · 姜榮吉

Control of Cabbage Yellows by Heat Treatment of Soil

Chang, Jeun-Ik · Chin, Seok-Cheon · Moon, Yung-In · Kang, Young-Kil

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the efficacy of soil heating treatment for the control of cabbage yellows.

The results obtained are summarized as follows ;

1. The density of *Fusarium oxysporum* was not changed with time at room temperature while it was not isolated 25 and 5 days after the heating treatment of 35 and 40°C, respectively. However any of it was not detected above 45°C.
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. *Pseudomonas* sp. and *Bacillus* sp. antagonists that show antifungal activity to were *Fusarium oxysporum* in petri dish assays were isolated. The growth temperature of *Bacillus* sp. was higher than that of *Fusarium oxysporum*.

緒 論

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 알

맞은 地域的 特性을 지니고 있다(濟州道農業技
術院, 1998). 제주도의 채소 재배는 주로 여름
철에 育苗하여 定植하는 作型이 一般化되어 있
고 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 양배추 시들음병(萎黃病)은 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.

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).

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(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; Winks와 Williams, 1965).

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).

본 연구는 열처리에 의한 토양미생물의 반응을 조사하여 양배추시들음병에 대한 효과적인 방제법을 확립하는데 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

材料 및 方法

1. 열처리에 의한 양배추시들음병균 밀도 변화

1998년 8월 1일 제주도 북제주군 한림읍 수원리 264-14 농가 포장에서 토양 깊이 10cm의 土壤試料 300g 정도를 採取하여 양배추 시들음병균(*Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*)의 밀도 조사 시험에 사용하였다. 채취한 시료를 2mm 채로 쳐서 골고루 섞은 후 試料 30g을 270mL의 증류수(500mL 플라스크)에 희석한 다음 30분간 진탕기(shaker)를 이용하여 진탕하였다. 토양을 稀釋한 용액 10mL를 90mL의 증류수에 혼합한 다음 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 사레 표면에 흰 菌絲가 보이고 사레 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 0.5 mm 코르크 보러(cork-borer)로 切片 3개씩을 토

양 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, 서울농자재) 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.

2. 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 生育阻止 菌株를 선발하였다.

양배추시들음병균에 대하여 拮抗能力이 비교적 강한 것으로 나타난 菌株를 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. 포트시험은 토양을 살균하여 포트(직경 11cm, 깊이 7cm)에 500g씩 담고 양배추시들음병균 懸濁液 100mL를 접종하고 양배추 묘를 移植하였다. 감자전즙액체배지에 4일간 배양한 拮抗菌을 포트당 50mL씩 접종하고 온실에서 관리하면서 처리별 발병 상태를 조사하였다.

結果 및 考察

1. 열처리에 의한 양배추시들음병균 밀도 변화

병원균의 사멸온도를 조사하기 위하여 양배추 시들음병 병원균인 *Fusarium oxysporum*을 대상으로 온도 처리에 따른 밀도 변화를 조사한 결과는 Table 1과 같았다.

실온에서는 5일 후와 30일 후의 분리 정도에 큰 차이가 없었으나 35℃ 처리구에서는 처리 전에 120×10^3 /g soil이었는데, 처리 5일 후 24×10^3 /g soil로 균의 밀도가 감소하였으며,

Table 1. 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

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.

Kodama와 Fukui(1982)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 존재형태는 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℃ 이상

의 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 11種病菌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 기온이 그다지 높지 않을 때에는 처리 기간을 더 늘려야 할 것으로 생각되었다.

Fig. 1은 양배추 시들음병을 일으키는 병원균(*F. oxysporum*)의 포자 현탁액을 PDA배지에 넣고 20, 28, 45℃로 조절한 恒溫器에서 72



Fig. 1. Growth of *F. oxysporum* spore on media(PDA) with various temperature treatments.
 Left : 20°C, Middle : 28°C, Right : 45°C

시간 배양한 후 포자의 발아상태를 조사한 결과이다. 병원균 포자가 20°C와 28°C에서는 양호하게 발아하여 자랐지만 45°C에서는 그 생육

이 매우 부진하였다. 온도조건에 따른 菌絲生長 관찰 결과 25°C 정도에서는 정상적으로 生育하였지만 15°C와

Table 2. 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°C		0.0	0.0	2.0	3.4	4.7	8.5
25°C		1.6	2.4	7.8	8.6	9.0	9.0
35°C		0.0	0.0	3.8	5.2	7.4	9.0
45°C		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Table 3. 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°C 1 hour → 28°C	0.5	1.6	2.1	6.8	7.4	8.8	9.0
45°C 2 hour → 28°C	0.5	1.0	1.2	1.6	2.2	4.0	6.8
45°C 3 hour → 28°C	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
28°C	0.5	1.9	2.4	7.6	9.0	9.0	9.0

35℃에서는 그 생장이 느리고 45℃에서는 菌絲가 전혀 자라지 못하였다(Table 2).

Table 3은 *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.

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 生長속도가 급격히 저하하였다고 하였는데 본 시험의 결과도 비슷한 경향이였다(Walker와 Smith, 1930). 양배추 시들음병을 일으키는 병원균이 가장 좋아하는 생육최적온도가 27℃ 정도이고 생육 가능 온도는 7~35℃라고 알려져 있는데, 양배추 재배 포장에서 地溫을 높게 유지할 수 있다면 효과

적으로 시들음병을 억제할 수 있을 것으로 사료되었다.

Fig. 2는 양배추 시들음병 발생을 최대로 억제할 수 있는 온도를 알아보기 위하여 실험실에서 시험을 실시한 결과이다. 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 2주일 이 지난 후에도 병이 발생하지 않았는데 이와 같은 결과로 45℃ 이상의 온도를 계속적으로 유지하면 병원균의 활동이 둔화됨을 확인할 수 있었다. 그러나 실제

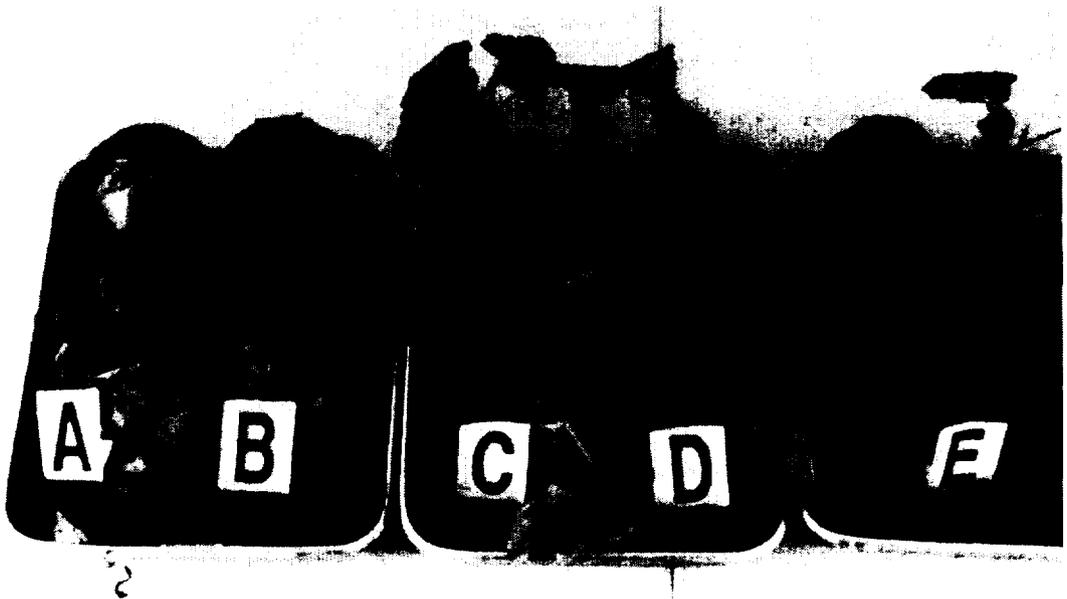


Fig. 2. Effect of heat treatment on control of cabbage yellows.

A : Control, B : 1 day, C : 3 days, D : 5 days, E : 7 days on 45℃, respectively.

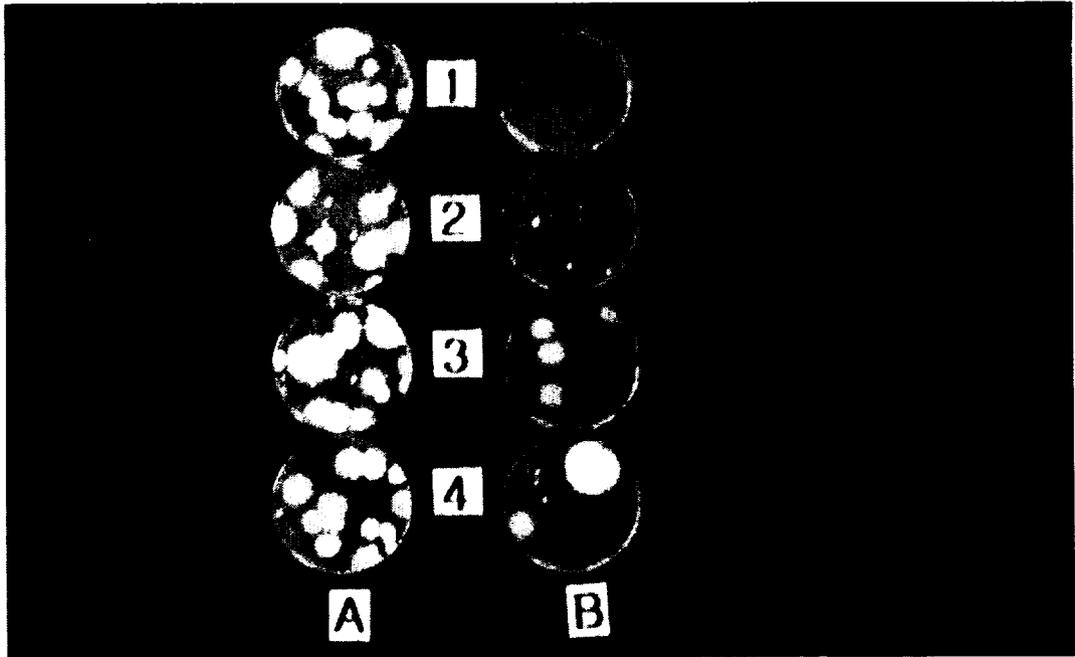


Fig. 3. Changes in the density of *Fusarium oxysporum* spore according to depth of soil in the experiment field.

A : Control, B : Soil solar sterilization, 1 : 5cm depth, 2 : 10cm depth, 3 : 15cm depth, 4 : 20cm depth.

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 태양열만으로도 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 高温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. 3은 *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 측정된 것이다.

토양 깊이에 따라 균 檢出量이 차이를 보였으며 대조구에 비하여 태양열 처리구의 균 감

출량은 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 덩굴쪼김병의 병원균, 무 시들음병의 병원균을 집중하여 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 처리10일 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 지연

되어 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.

2. 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 殘留毒性和 環境 問題 등 여러 가지 이유로 그 사용에 대한 規制가 점점 強化되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 拮抗微生物을 이용한 既存農藥 代替 연구가 활발히 進行되고 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).

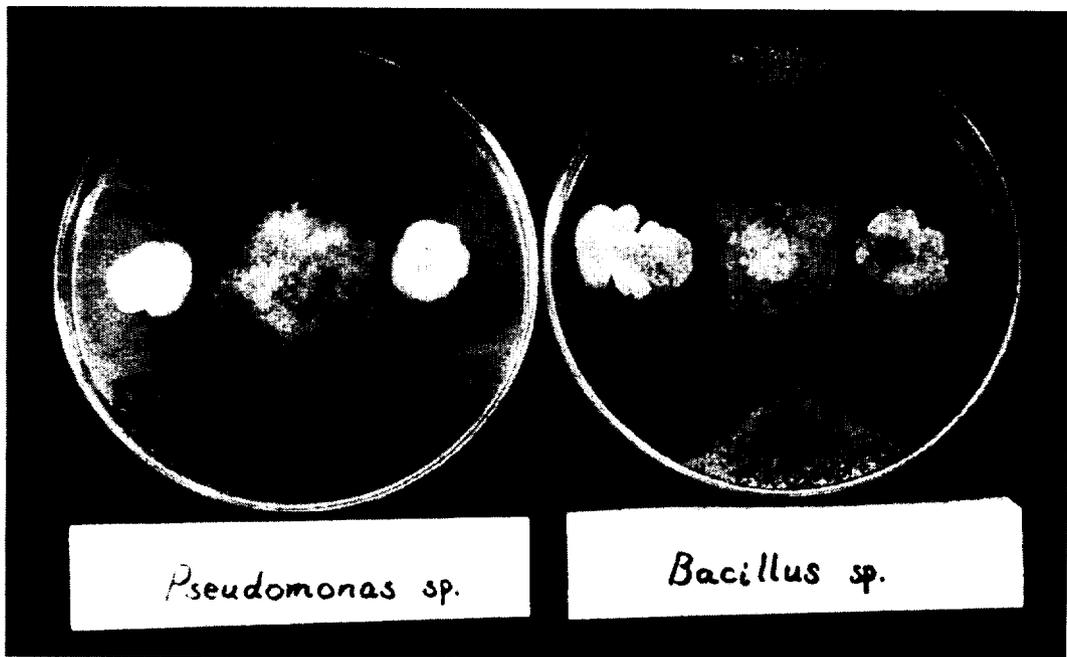


Fig. 4. Inhibiting effect of bacterial antagonists, *Pseudomonas* sp. and *Bacillus* sp., on the mycelial growth of *F. oxysporum*.

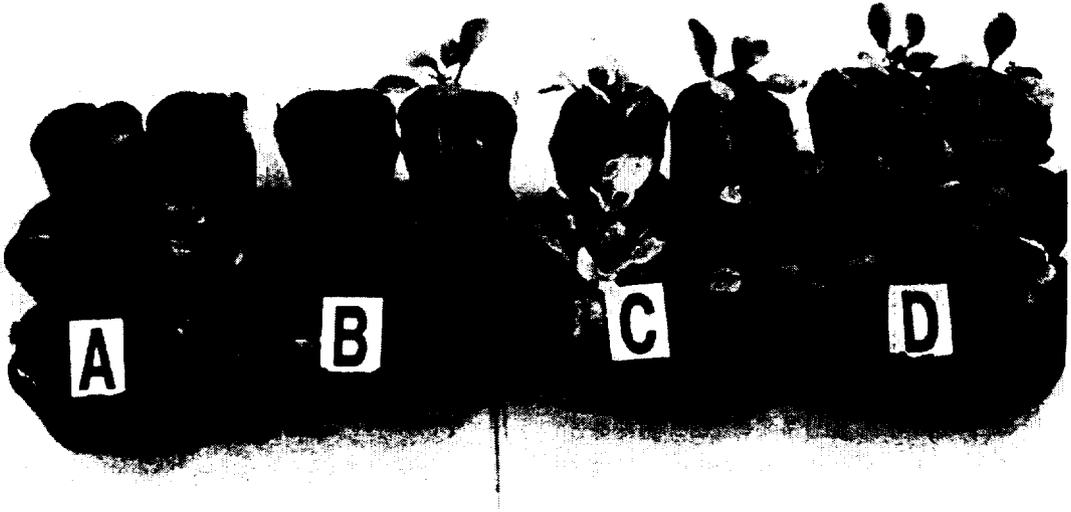


Fig. 5. Effect of antagonistic microbe on the control of the cabbage yellows by different treatments.
 A : Control(25°C), B : 45°C 1 day, C : 45°C 3 days, D : 45°C 3 days+Bacillus sp.

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 證明하는 좋은 자료가 되었다고 하였다 (박, 1996).

Fig. 4는 *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°C 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로부

터 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도가 높은 것으로 나타났다. 딸기 재배 포장의 權病土 中에서는 *F. oxysporum*이 40°C 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).

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 중에서 抗菌 活性이 높은 菌株가 분리되었으며 앞으로 有益한 拮抗微生物 선발과 응용 분야에 대하여 많은 연구가 필요하다고 思料되었다(Kim 등, 1996).

*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. 5), 25℃에 두었던 포트에 심은 양배추는 7일 후 발병이 눈에 띄기 시작하여 10일후에는 모두 枯死하였다. 45℃에서 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성을 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 阻害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.

摘 要

열처리로 양배추 시들음병 發生을 抑制하기 위한 試驗의 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. *Fusarium 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.
2. 양배추 시들음병균(*Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*)은 실온에서는 기간이 경과하여도 분리 정도에 큰 차이가 없었으나 35℃ 처리에서는 25일 이후 분리되지 않았고 40℃ 처리에서는 5일 후 약간 분리되었으나 그 후는 분리되지 않았다. 그리고 45℃ 이상의 고온에서는 분리되지 않았다.
3. 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 *Fusarium oxysporum*에 대하여 拮抗 能力을 나타내었다.

引用文獻

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 猪坂律次. 1985. 太陽熱利用による露地の土壤病害虫對策. *今月の農業* 29(4):108~109
5. 濟州道農業技術院. 1998. 濟州道의 農業概觀, pp.1~4.
6. Katan, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: status and prospects. *Plant Disease* 64:450~454.
7. 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.
8. Kim, J.H., T.K. Lee, H.C. Yang, and D.K. Oh. 1997. Optimization of medium for β -mannanase production by *Bacillus* sp. WS-42. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 25:212~217.
9. Kim, S.Y., D.J. Park, 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.
10. 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.
11. 小玉孝司, 福井俊男. 1979. 太陽熱とハウス密閉處理による土壤消毒法について I. 土壤傳染性病原菌の死滅條件の設定とハウス密閉處理による土壤溫度の變化. 奈良縣農業試驗場研究報告 10:71~82.
12. Kodama, T. and T. Fukui. 1982. 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.
13. 小玉孝司, 福井俊男, 中西喜徳. 1979. 太陽熱とハウス密閉處理による土壤消毒法について II. イチゴ萎黄病ほか土壤傳染性に對する土壤消毒効果と効果判定基準の設定. 奈良縣農業試驗場研究報告 10:83~92.
14. 小玉孝司, 福井俊男, 松本恭昌. 1980. 太陽熱とハウス密閉處理による土壤消毒法について III. ハウス密閉處理が土壤微生物數およびイチゴ萎黄病菌の行動に及ぼす影響. 奈良縣農業試驗場研究報告 11:41~52.
15. 駒田 凡. 1979. 野菜のフザリウム病. *化學と生物* 17:791~798.
16. 韓國植物保護學會. 1986. 韓國 植物病·害蟲·雜草銘監, pp.31~50.
17. 高順保. 1998. 양배추 시들음병균 *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*의 특성과 품종별 저항성 검정. 제주대학교 석사학위논문.
18. Krupa, S. V. and Y. R. Dommergues. 1979. Ecology of root pathogens. Elsevier Sci. Pub. Co., p.281.

19. Kwon, O.S., D.J. Pack, C.Y. Lee, and C.J. Kim. 1996. Distribution pattern of soil actinomycetes at Cheju island. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 24:399~403.
20. 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.
21. Matuo, T., H. Komada, and A. Matsuda. 1980. *Fusarium* disease of cultivated plants. Zenkoku Noson Kyoiku Kyokai Press. Tokyo, pp.502.
22. 望月龍也, 山川邦夫. 1988. 토마토根腐萎ちょう(*Fusarium* crown and root rot)抵抗性の幼苗檢定法に關する研究. 日本野菜茶業試驗場研究報告 2:217~237.
23. 文英仁. 1998. 太陽熱 土壤消毒에 의한 양배추 安定栽培技術開發. 제주대학교 석사학위논문.
24. 森田 壽, 栗山尙志. 1973. 토마토新病害「褐色腐敗病」. 植物防疫 27:145~150.
25. 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.
26. 農村振興廳. 1996. 標準營農敎本 22. 菜蔬栽培, pp.198~199.
27. 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.
28. 박승환. 1996. *Bacillus* 균주의 분자육종과 응용. 생물산업 9:12~17.
29. 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關する研究(第 1報). 滋賀縣農業試驗場 研究報告 27:47~56.
30. Snyder, W.C. and H.N. Hansen. 1940. The species concept in *Fusarium*. *Amer. Bot.* 27:64~67.
31. 渡辺直道. 1987. 土壤病害防除への拮抗微生物の利用[1] - とくに絲狀菌による防除 -. 農業および園藝 62:37~43.
32. Walker, J.C. and R. Smith. 1930. Effect of environmental factors upon the resistance of cabbage to yellows. *Agr. Res.* 41:1~15.
33. 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.
34. 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.