

최 종
연구보고서

태양열 토양소독에 의한 양배추 생산단지의 안정재배 기술개발

Development of control system for Cabbage Wilt in Major
Production Region of Cheju Island by Soil Solarization

제 주 대 학 교

농 립 부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “태양열 토양소독에 의한 양배추 생산단지의 안정재배 기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2000. 3. .

주관연구기관명 : 제주대학교

총괄연구책임자 : 장 전 익(제주대학교 농과대학 교수)

연 구 원 : 강 영 길(제주대학교 농과대학 교수)

연 구 원 : 문 영 인(북제주군농업기술센터 농촌지도사)

연 구 원 : 김 우 일(제주시농업기술센터 농촌지도사)

연 구 원 : 양 성 석(농업과학기술원 농업연구사)

연 구 원 : 오 대 민(농촌진흥청 농촌지도사)

연 구 원 : 진 석 천(제주도농업기술원 농업연구사)

요 약 문

I. 제 목

태양열 토양소독에 의한 양배추 생산단지의 안정재배 기술개발

Development of control system for Cabbage Wilt in Major
Production Region of Cheju Island by Soil Solarization

II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라의 양배추 재배면적은 '98년 4,440ha로서 지난 15년간 2배의 면적 증가 추세를 보이고 있으며 금후 생산량 및 소비량은 계속 증가할 것으로 예상된다.

양배추는 서늘한 기후를 좋아하는 호냉성 채소지만 배추보다 고온과 저온에 잘 견딘다. 따라서 여름 재배가 가능하며 겨울동안 노지에서 월동도 가능하여 (농촌진흥청,1996) 제주도에서는 겨울철 신선채소로서 앞으로도 재배가 계속 이루어질 것으로 전망되고 있다.

제주도에서는 작물재배가 지역별로 나누어져 주산지를 이루고 있는데 양배추의 경우는 한림과 애월지역에서 약 30여년 동안 계속 연작되었기 때문에 토양병에 의한 피해가 점차 늘어나고 있는 실정이며 특히 3~4년 전부터는 어린 양배추의 잎이 노랗게 변하면서 말라죽는 시들음병(*Fusarium oxysporum* f.sp. *conglutinans*)이 심하게 발생하고 있고 해마다 증가하는 추세로 일부 농가에서는 생산을 포기하는 경우도 있다.

양배추시들음병은 1800년대 말에 미국의 동북 지역에서 처음 발견되어 이후 미국의 양배추 재배 농가에 막대한 피해를 주었으며, 일본에서는 1952년에 처음

발견되었으나 1967년 무렵부터는 일본의 모든 지역에서 발생하게 되어 이의 심각성이 대두되게 되었고 특히 여름수확과 여름 파종재배지에서 많이 발생하고 있다.

양배추시들음병(萎黃病)은 고시된 농약이 없고 효과적인 방제 대책이 없어서 재배농가가 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다. 재배농가에서는 방제 대책으로 다른 작물에 고시되어 있는 토양소독제를 살포하고 있지만 사용횟수가 거듭될수록 효과가 떨어지고 있으며 농약값이 부담이 될 뿐만 아니라 재배자의 건강 및 자연 환경에도 나쁜 영향을 미칠 수 있으므로 앞으로 이용하기가 곤란한 방법이라 예상된다.

태양열 토양 소독 방법은 휴한기(休閑期)에 땅 표면을 비닐필름으로 덮어 일정기간(14~20일) 동안 40~45℃가 되도록 유지하여 살균, 살충 및 잡초 발생을 줄이려고 하는 방법이다. 토양에 서식하는 많은 미생물 중에서 작물 병을 일으키는 병원균이나 해충은 내열성이 낮아 비교적 낮은 온도에서 사멸하는 것이 많다. 토양 훈증제, 증기소독이 단기적 즉효적 비선택적으로 토양 미생물을 괴멸상태에 이르게 하는데 비하여 태양열을 이용한 토양 소독 방법은 온도와 생물적 효과의 결합에 의하여 유해한 병해충만을 선택적으로 사멸시킬 수 있는 장점이 있다. 해로운 병원균이 활동을 못하는 높은 온도에서도 유익한 토양 미생물은 살아 남게 되는 경우가 많아서 길항(拮抗), 용균(溶菌) 등 소위 토양의 잠재적인 방어반응이 작용하게 되고 소독 후 2차 오염의 위험성이 아주 적어진다고 하였다(宮本 等, 1995). 태양열 이용 토양소독 방법은 주로 일본에서 많이 이루어지고 있는데 노지보다는 비닐하우스에서 연작장해로 인한 병해 발생을 억제할 목적으로 많은 연구가 진행되었다.

태양열 토양소독의 특징을 요약하면 자연 에너지를 활용한 소독으로서 작업이 간단하여 어떤 특정의 기구들을 필요로 하지 않고 안전하고 비용이 저렴하며, 유기물 시용과 토양 소독이 동시에 가능하여 미숙 유기물, 작물의 잔재물

(殘在物)에 의한 생육장해 및 병충해 전염 방제도 가능하다. 식물에 무해한 내열성(耐熱性)의 미생물을 남기게 되고 회복이 빠르므로 소독 후의 재오염 우려도 없으며, 2차적인 효과로서 살초효과(殺草菌果)가 있으므로 제초노력이 절감되고, 생육이 촉진되는 효과도 있다.

이 처리의 단점이라면 여름철의 기상조건에 따라 적용지역이 제한되며, 소독 효과에 차이가 생기기 쉬운 점이다. 그러므로 실시지역의 기상조건에 따라서 처리시기,기간 등을 고려하여야 하며, 또 병해충의 종류에 따라서도 그 서식(棲息) 범위, 내열성(耐熱性)에 차이가 있으므로 소독효과를 보다 높이기 위해서는 윤작, 저항성 품종의 선발 등 경종적 수단에 의한 방제 대책을 병용하는 것이 필요하다고 하였다(宮本 等,1995).

본 연구는 양배추 생산단지의 안정재배를 기할 수 있도록 환경친화적 방법인 여름철 휴한기 태양열 이용 토양소독법을 구명하여 토양병해를 효과적으로 줄일 수 있는 기술을 개발하고자 실시하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

양배추 생산단지의 연작 피해인 시들음병의 만연을 친환경·생에너지의 방법으로 예방하여 생산의 안정화, 재배농민의 건강 유지, 농작업에 대한 의욕 상실의 회복을 가져올 수 있도록 하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

태양열 토양소독에 의한 양배추시들음병(萎黃病) 멸균효과와 양배추 재배시험을 수행하였고, 병원균을 검출 분리하여 양배추시들음병을 일으키는 원인균에 대한 특성을 조사하였다.

태양열 토양소독에 의한 양배추시들음병(萎黃病) 멸균효과와 양배추 재배시험에서는 제주도에서 여름재배시 가장 많이 이용되고 있는 사계확, 만추를 중심으로 하였고, 더욱이 새로운 품종을 선별하기 위하여 1998년에는 YR호월, 우진, 우치, 내한대어소를, 1999년에는 대월, 시오사이, 사계취, 엠쓰리를 각각 추가로 공시하여 제주도 북제주군 한림읍 수원리 농가 포장에서 재배하면서 조사하였다.

P.E 필름을 멀칭 또는 멀칭후에 터널을 설치한 기간은 시험 1년차인 1998년에는 7월 19일부터 9월 5일까지, 시험 2년차인 1999년에는 7월 23일부터 9월 12일까지 실시하였다.

지온조사는 대조구, P.E 필름 멀칭구, P.E 필름 멀칭후 터널구에서 토양깊이 5cm, 10cm, 20cm에 디지털온도계를 설치하여 여름철 휴한기(1998년 8월 5일부터 9월 5일까지, 1999년 8월 13일부터 9월 12일까지)에 1개월간 매일 조사하였다.

포장에서 양배추시들음병(萎黃病) 이병을 조사는 9월 중순부터 10월 중순까지 실시하였다.

조사는 농촌진흥청의 농작물 병해충 예찰요강 중 배추 병충해 조사요령에 준하여 각 시험구별 품종별 12포기에서 이병된 포기를 조사하여 이병주율(이병포

기/12포기 × 100)을 산출 하였다.

시험에 사용한 양배추의 육묘는 1998년 8월 5일 128공 육묘상자에 상토를 채운 후(상표명 : 바로커) 파종하고 질석으로 복토한 후 30일간 복제주균 공정육묘장에서 실시하였고, 1999년에도 같은 방법으로 육묘하였다.

정식은 1998년에는 9월 5일, 1999년에는 9월 12일에 각 처리구별 6개 품종을 3반복으로 정식하였으며, 정식 간격은 줄사이 60cm, 포기사이 40cm로 하여 매 시험구 마다 품종당 12포기씩 정식하였다.

태양열 토양소독 처리 전에 밑거름을 경종기준에 준하여 N 11.2, P₂O₅ 9.0, K₂O 12.0kg/10a을 골고루 뿌린 후 경운하였고 퇴비는 퇴비사용시험구에만 사용하였다.

처리 전 시험포장의 토양 시료를 채취하여 pH, 유기물, 인산, 치환성염기 등 토양의 이화학성을 조사하였다.

양배추 생육조사는 처리구별 품종별 각 5주씩 중간 크기의 것을 무작위로 선정하여 9월 하순부터 10일 간격으로 조사하였다. 결구 전에 초장을 조사하였으며 수확기('99.1.17.)에 구중을 조사하여 품종별로 비교하였다. 수확적기 1개월 이후('99.2.17)에는 처리별 품종별 통터짐율(열구율)을 조사하여 P.E 필름 멀칭재배구와 대조구를 비교하여 포장월동후 상품성도 관찰하였다.

병원균 분리를 위하여 1997년 10월 양배추 연작 재배지인 제주도 복제주균 한림읍 수원리 지역에서 시들음병 증세를 보이는 어린 양배추 묘목을 채집하여 농업과학기술원 및 제주도농업기술원 실험실에서 병원균을 분리하고 시험에 사용하였다.

양배추시들음병(萎黃病)에 걸린 이병주를 포장에서 채취하여 물로 씻은 후 표피를 벗겨내고 유관속 부위를 *Fusarium oxysporum* 선택배지인 Komada배지에 치상하여 균 분리를 하였다. 분리된 균주를 PS 액체배지에 접종하여 진탕배양기에서 5일간 배양한 다음 포자 현탁액을 만들었다(駒田, 1975). 육묘상토에 양

배추(사계확)를 파종하고 관주 접종하여 재배하면서 20일 후 발병 여부를 조사하였다.

양배추시들음병균의 밀도를 조사하기 위하여 각 시험구별 양배추 근권(토양 깊이 0~10cm)에서 처리 전, 처리 후, 수확 후 3회에 걸쳐 조사하였다.

양배추시들음병(萎黃病)균을 Petri-dish(PSA배지)에서 4일간 배양하여 직경 0.5mm Cork-borer로 절편 3개씩을 토양 배지에 접종하였다. 토양 배지 조성은 상토(피트모스) 400g, 밀기울 100g, 물 100ml 비율로 혼합하여 조성하는 방법으로 하였으며, 이것을 듀란병(500ml)에 250g을 담고 균 접종 후 28℃ 배양기에서 10일간 배양하였다. 또한 살균된 상토(바로커) 370g과 배양균 70g을 혼합하여 플라스틱 용기(직경 11cm×깊이 15cm)에 담고 실온, 35℃, 40℃, 45℃, 50℃, 55℃의 온도별로 처리하여 5일, 10일, 15일, 20일, 25일, 30일 후에 꺼내어 균 분리 정도를 조사하였다. 균 분리에 사용한 배지는 Komada배지를 사용하였으며 시료는 토양 희석평판법(稀釋平板法)으로 원액을 사용하여 배지에 분주하여 조사하였다.

태양열 토양소독이 여러 가지 토양미생물에 미치는 영향과 양배추시들음병을 일으키는 병원균의 멸살온도를 알아보기 위하여 시들음병에 걸린 양배추의 잎에서 병원균을 순수 분리한 다음 직경 5mm의 cork borer로 균사의 선단을 잘라내어 직경 9cm의 Petri dish에 부어서 균한 PDA 배지 중앙에 이식한 후 항온기에서 72시간 배양한 후 균사의 생육 상태를 조사하였다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과 요약

태양열 토양소독에 의한 양배추시들음병(萎黃病)의 발생을 억제하기 위해서 연작지인 제주도 북제주군 한림읍 수원리에서 1997년 10월부터 2000년 2월까지 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 태양열을 이용한 토양소독 기간 동안의 지온은 해에 따라 차이가 있으나 멀칭처리구가 대조구에 비하여 높게 유지되었다. '98년의 경우 토양깊이 10cm의 최고지온의 평균은 대조구 32.9℃보다 PE 필름 멀칭처리구가 5.5℃ 높았고, P.E 필름멀칭+터널구는 12.5℃가 높게 나타났다. 그리고 PE 필름멀칭+터널구의 토양깊이 10cm에서 40℃ 이상 기록된 날은 24일이었다. '99년의 경우는 10cm의 최고지온 평균이 대조구가 29.3℃이었고 PE 필름 멀칭처리구는 34.2℃로 4.9℃ 높았지만 40℃ 이상 기록된 날이 5일에 불과하였다.
- 나. 양배추시들음병(萎黃病)을 일으키는 *Fusarium oxysporum*균의 밀도를 시기별로 조사한 결과 지온이 높았던 P.E 필름멀칭+터널구에서 토양소독제인 Dazomet를 사용 하고 P.E필름으로 멀칭한 구와 마찬가지로 처리 후에 병원균이 분리되지 않았다.
- 다. 양배추시들음병(萎黃病)균은 실온에서는 시간이 경과하여도 분리정도에 큰 차이가 없었으나 35℃ 처리에서는 25일 이후 분리되지 않았고 40℃ 처리에서는 5일 후 약간 분리되었으나 그 후는 분리되지 않았다. 그리고 45℃ 이상의 고온에서는 전혀 분리되지 않았다.
- 라. 처리별 품종별 초장과 구중에 대하여 조사한 결과 1998년에는 P.E 필름멀칭+터널구와 Dazomet 사용+ P.E 필름멀칭 처리구에서 생육이 좋았다.

그러나 기후가 좋지 않았던 1999년에는 큰 차이가 없었다.

- 마. 1998년의 양배추시들음병(萎黃病) 이병율은 Dazomet 사용 + P.E 필름멀칭 처리구에서 가장 낮았고, 그 다음이 청예수수 사용후 P.E 필름멀칭 처리구와 P.E 필름 멀칭 + 터널구가 낮았다. 그러나 1999년에는 다른 해에 비하여 이병성 품종의 경우에도 발병율이 낮게 나타나는 경향이었고, 대월, 사계취, 엠쓰리에서 일부 태양열처리 효과가 나타났지만 1998년보다 뚜렷하지 않았다.
- 바. P.E 필름멀칭이 양배추 재배에 미치는 효과를 조사한 결과 초장과 구중은 대조구에 비해 120%정도로 크게 나타나 증수효과가 있었지만 통터짐율(열구율)은 P.E 필름멀칭구가 대조구에 비해 2배 정도 높아 결구 후 적기에 수확하여야 할 것으로 사료되었다.

2. 연구결과 활용에 대한 건의

이상의 연구결과를 종합하여 불 때 여름철 휴한기 태양열 토양소독 방법을 이용한 토양병해 방제법은 양배추를 비롯하여 여러 작물 재배에 매우 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구 결과 중 토양깊이별 지온 조사 결과에 따르면 양배추시들음병(萎黃病)의 발생을 억제하는데 필요한 토양온도가 충분히 올라가는 것을 알 수 있었다. 첫째 조사 결과 토양깊이 10cm의 최고지온의 평균은 대조구 32.9℃보다 PE 필름 멀칭처리구가 5.5℃ 높았고, P.E 필름멀칭 후 터널구는 12.5℃가 높게 나타났다. 그리고 PE 필름멀칭 후 터널구의 깊이 10cm에서 40℃ 이상 기록된 날은 24일이었다. 그러므로 양배추시들음병을 비롯한 여러 가지 작물의 토양병해를 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

양배추시들음병(萎黃病)균을 항온기에서 처리하여 조사한 결과에 따르면 40℃ 처리에서 5일 후 약간 분리되었으나 그 후는 분리되지 않았고 45℃ 이상의 고

온에서는 전혀 분리되지 않았다. 그리고 양배추시들음병(萎黃病)을 일으키는 *Fusarium oxysporum*균의 밀도를 시기별로 조사한 결과 지온이 높았던 P.E 필름멀칭 후 터널구에서 토양소독제인 Dazomet 사용 후 P.E필름멀칭구와 마찬가지로 처리 후 병원균이 분리되지 않았는데 이것은 태양열 토양소독으로 대부분의 토양 병원균 밀도를 효과적으로 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

앞으로 본 연구 결과를 양배추 생산단지 농가에 연작 피해 예방을 위하여 보급 활용할 계획이며, 감자 생산단지에서 문제가 되고 있는 감자더듬이병을 비롯하여 수박, 참외 생산단지에 적용함과 동시에 양파, 마늘 생산단지에도 보급 활용함으로써 생산의 안정화와 농가의 경영 수지에 도움을 주고자 한다. 이 방법을 실시하면 토양의 생물적 환경이 유지되어 지력의 회복에도 기여하고 토양피복전 조대유기물을 토양에 혼합하여 태양열 처리하면 유기물 부식이 촉진되어 토양의 이화학적 성질도 개선되므로 재배작물의 생육에 촉진적 작용을 할 것으로 기대된다. 따라서 본 시험의 결과를 일차적으로 양배추 재배단지 농가에 홍보 활용하고 다음 단계로 감자, 수박, 참외, 양파, 마늘 등 여러 가지 채소 재배 농가에 널리 활용될 수 있도록 적극적인 지원을 건의하는 바이다.

Development of control system for Cabbage Wilt in Major Production Region of Cheju Island by Soil Solarization

SUMMARY

This study was conducted to evaluate the efficacy of soil solarization, alone and combined with various treatments for the control of the *Fusarium oxysporum* wilt of cabbage at Suwon-Ri, Hallim-Eup, Pukcheju-Gun, Chejudo, an continuous cropping area of cabbage from October 1997 to February 2000. The results obtained are summarized as follows;

1. The average of maximum soil temperature at the 10cm depth from September 5 to October 5, 1998 were 5.5 and 12.5°C higher under polyethylene(P.E) mulch and P.E mulch + plastic tunnel, respectively, compared to untreated control with 32.9°C. The maximum soil temperatures of above 40°C at the 10cm depth were recorded for 24 days P.E mulch+ plastic tunnel.
2. *Fusarium oxysporum* was not isolated from the soil under P.E mulch+plastic tunnel with had the highest soil

temperature and disinfecter Dazomet application + plastic mulch.

3. 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. No *Fusarium oxysporum* was detected at above 45°C.
4. The plant height and head weight of cabbages grown after the treatment of P.E mulch + plastic tunnel and disinfecter Dazomet application + P.E mulch were greater compared with other treatments.
5. The infection rate of *Fusarium oxysporum* wilt of cabbages grown after the treatment of disinfecter Dazomet + P.E. mulch, was lowest followed by sorghum green manure application + P.E mulch and P.E mulch + plastic tunnel.
6. The plant height and head weight of cabbages grown after P.E mulch were 120% greater but head cracking of cabbages grown after P.E mulch was two times greater compared with untreated control suggesting that cabbages grown after P.E mulch should be harvested at proper maturity.

CONTENTS

Chapter 1. Sterilizing effect of polyethylene mulch and growth and yield of cabbage	15
Section 1. Introduction	17
Section 2. Materials and methods	20
Section 3. Results and discussion	24
Section 4. Summary	46
Section 5. Reference	47
Chapter 2. Detection and identification of pathogen and sterilizing temperature	50
Section 1. Introduction	51
Section 2. Materials and methods	53
Section 3. Results and discussion	55
Section 4. Summary	63
Section 5. Reference	64

목 차

요 약 문	2
SUMMARY	11
CONTENTS	13
목 차	14
제 1 장 PE필름 토양멸칭과 멸균효과 및 양배추 재배시험	15
제 1 절 서설	17
제 2 절 재료 및 방법	20
제 3 절 결과 및 고찰	24
제 4 절 적요	46
제 5 절 참고문헌	47
제 2 장 토양미생물 검출, 동정, 멸살온도 조사	50
제 1 절 서설	51
제 2 절 재료 및 방법	53
제 3 절 결과 및 고찰	55
제 4 절 적요	63
제 5 절 참고문헌	64

제 1 장 PE필름 토양멸칭과 멸균효과 및 양배추재배시험

장전익¹, 문영인², 김우일³

Sterilizing effect of polyethylene mulch and growth and yield of cabbage

Chang,Jeun-Ik¹, Moon,Young-In², Kim,Woo-Il³

ABSTRACT : The efficacy of soil solarization, alone and combined with various treatments for the control of the *Fusarium oxysporum* wilt of cabbage was evaluated at Suwon-Ri, Hallim-Eup, Pukcheju-Gun, Chejudo, an continuous cropping area of cabbage from October 1997 to February 2000. Soil temperatures during a period of soil solarization varied with year but were much higher under polyethylene(P.E) mulch than on untreated control plot. The average of maximum soil temperatures at the 10cm depth from September 5 to October 5, 1998 were 38.4 and 45.4°C under polyethylene P.E mulch and P.E mulch+plastic tunnel, respectively, while that on untreated control was 32.9°C. In relative cool summer of 1999, the average of maximum soil temperatures at the 5cm depth was 28.5°C while that under P.E film mulch+plastic tunnel was 40.8°C. The plant height and head weight of cabbages grown after the treatment of P.E mulch+plastic tunnel and disinfectant Dazomet application+P.E mulch were greatest. However, they were not

significantly affected by the soil solarization. The infection rate of *Fusarium oxysporum* wilt of cabbages grown after the treatment of disinfectant Dazomet application+P.E mulch, was lowest followed by sorghum green manure application+P.E mulch and P.E mulch+plastic tunnel. The plant height and head weight of cabbages grown after P.E mulch were 120% greater but head cracking of cabbages grown after P.E mulch was two times greater compared with untreated control suggesting that cabbages grown after PE much should be harvested at proper maturity.

¹ 제주대학교 농과대학(College of Agriculture,Cheju National University,Cheju 690-756, Korea)

² 북제주군농업기술센터(Pukcheju Agricultural Development & Technology Extension Center, Cheju 690-900, Korea)

³ 제주시농업기술센터(Cheju Agricultural Development & Technology Extension Center, Cheju 695-180, Korea)

제 1 절 서 설

우리나라에 양배추가 도입된 것은 유럽, 미국 등지와 교역이 이루어진 이후에 비롯된 것으로 그 역사가 길지 못하며 배추와 같은 것이 서양에서 들어왔다는 의미로 양배추라고 불리워지기 시작한 것으로 알려지고 있다.

제주도의 양배추 재배면적은 1955년에는 6.8ha이었던 것이 5년 후인 1960년에는 28.3ha, 다시 10년 후인 1970년에는 52.2ha, 1980년에는 614ha, 1990년에는 1,519ha로 꾸준히 증가되었으며, 1997년 제주도에는 1,372ha를 재배하여 64,896M/T(농림통계연보,각년도) 생산하였고, 생산액 76억원으로 제주도 농산물 총생산액 7,502억원 중 1%를 생산하였고,생산액 순위는 11위(제주도농업기술원,1998)를 차지하고 있으며 특히 북제주군은 전국 최고의 주산지를 형성하고 있다.

양배추는 서늘한 기후를 좋아하는 호냉성 채소지만 배추보다 고온과 저온에 잘 견딘다. 따라서 여름 재배가 가능하며 겨울동안 노지에서 월동도 가능하여(농촌진흥청, 1996) 제주도에서는 겨울철 신선채소로서 앞으로도 재배가 계속 이루어질 것으로 전망되고 있다.

제주도는 북위 33°06' ~ 34°00'에 위치하여 난대성 해양성 기후대에 속하며 4계절의 변화가 뚜렷한 계절성 기후로 여름은 선선하고 겨울은 따뜻하여 겨울철 노지 신선채소 재배에 가장 알맞은 지역 특성을 지니고 있다(제주도농업기술원, 1998).

제주도에서는 겨울철의 온난한 기후를 이용한 신선채소 생산을 목적으로 여름철에 육묘하여 정식하는 작형이 일반화되어 있고 애월읍, 한림읍, 한경면을 중심으로 형성된 주산지에서 15~20년 이상 계속 재배되었기 때문에 연작 장애가 만연되어 막대한 피해를 주고 있으며 최근에는 토양병해의 피해가 점점 늘어나고 있는 추세이다. 그 중에서 가장 문제가 되는 양배추시들음병(萎黃病)은 고시된 농약이 없고 효과적인 방제 대책이 없어서 재배농가가 큰 어려움을 겪

고 있는 실정이다. 재배농가에서는 방제 대책으로 다른 작물에 고시되어 있는 토양소독제를 살포하고 있지만 사용횟수가 거듭될수록 효과가 떨어지고 있는 실정이며 농약 값이 부담이 될 뿐만 아니라 재배자의 건강 및 자연 환경에도 나쁜 영향을 미칠 수 있으므로 앞으로 이용하기가 곤란한 방법으로 예측된다.

태양열 토양 소독 방법은 휴한기(休閑期)에 땅 표면을 비닐로 덮어 일정기간(14~20일) 동안 40~45℃가 되도록 유지하여 살균, 살충 및 잡초 발생을 줄이려고 하는 방법이다. 토양에 서식하는 많은 미생물 중에서 작물 병을 일으키는 병원균이나 해충은 내열성이 낮아 비교적 낮은 온도에서 사멸하는 것이 많다. 토양 혼중제, 증기소독이 단기적·즉효적·비선택적으로 토양 미생물을 괴멸상태에 이르게 하는데 비하여 태양열을 이용한 토양 소독 방법은 온도와 생물적 효과의 결합에 의하여 유해한 병해충만을 선택적으로 사멸시킬 수 있는 장점이 있다. 해로운 병원균이 활동을 못하는 높은 온도에서도 유익한 토양 미생물은 살아 남게 되는 경우가 많아서 길항(拮抗), 용균(溶菌) 등 소위 토양의 잠재적인 방어반응이 작용하게 되고 소독 후 2차 오염의 위험성이 아주 적어진다고 하였다(宮本 等,1995). 태양열 이용 토양소독 방법은 주로 일본에서 많이 이루어지고 있는데 노지보다는 비닐하우스에서 연작장해로 인한 병해 발생을 억제할 목적으로 많은 연구가 진행되었다.

태양열 토양소독의 특징을 요약하면 자연 에너지를 활용한 소독으로서 작업이 간단하여 어떤 특정의 기구들을 필요로 하지 않고 안전하고 비용이 저렴하며, 유기물 시용과 토양 소독이 동시에 가능하여 미숙 유기물, 작물의 잔재물(殘在物)에 의한 생육장해 및 병충해 전염 방제도 가능하다. 식물에 무해한 내열성(耐熱性)의 미생물을 남기게 되고 회복이 빠르므로 소독 후의 재오염 우려도 없으며, 이차적인 효과로서 살초 효과(殺草效果)가 있으므로 제초노력이 절감되고, 생육이 촉진되는 효과도 있다(宮本 等, 1995).

이 처리의 단점이라면 여름철의 기상조건에 따라 적용지역이 제한되며, 소독

효과에 차이가 생기기 쉬운 점이다. 그러므로 실시지역의 기상조건에 따라서 처리 시기, 기간 등을 고려하여야 하며, 또 병해충의 종류에 따라서도 그 서식(棲息)범위, 내열성(耐熱性)에 차이가 있으므로 소독효과를 보다 높이기 위해서는 윤작, 저항성 품종의 선발 등 경종적 수단에 의한 방제 대책을 병용하는 것이 필요하다고 하였다(宮本 等, 1995).

본 과제는 비용을 절감하면서 토양소독 효과가 있고 환경보존이 가능한 태양열을 이용한 토양소독 방법을 도입하여 그 효과를 구명하고자 P.E 필름 토양멀칭과 멀균 효과 및 양배추 재배 시험을 실시하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 태양열 토양소독에 의한 양배추시들음병(萎黃病) 멸균효과

가. 공시품종

제주도에서 여름재배시 가장 많이 이용되고 있는 사계확, 만추를 중심으로 새로운 품종을 선발하기 위하여 1998년에는 YR호월, 우진, 우치, 내한대어소를, 1999년에는 대월, 시오사이, 사계취, 엠쓰리를 각각 추가로 공시하였다.

나. 처리내용

제주도 북제주군 한림읍 수원리 농가 포장에서 재배하면서 조사하였으며, 처리구는 1998년에는 P.E 필름 멀칭, 퇴비 시용(72kg/24m²)후 P.E 필름 멀칭, Dazomet(360g/24m²) 처리+ P.E 필름 멀칭, 청예수수 시용(96kg/24m²)후 P.E 필름 멀칭, 목초액(500배액 15 ℓ/24m²)처리후 P.E 필름 멀칭, P.E 필름 멀칭+터널(폭 1.2m, 높이1.3m), Bacills 제품(상품명 : 썬두) 살포(24g/24m²) 후 P.E 필름 멀칭, 대조구로 설치하였고, 1999년에는 P.E 필름 멀칭, 퇴비 시용(72kg/24m²)후 P.E 필름 멀칭, 생석회 시용후 P.E 필름 멀칭, 청예수수 시용(96kg/24m²)후 P.E 필름 멀칭, 키토산 처리후 P.E 필름 멀칭, 바이오페화석 시용후 P.E 필름 멀칭, 객토 처리후 P.E 필름 멀칭, 대조구로 설치하였으며 난괴법 3반복으로 하였다.

시험구 면적은 총 576m²로 처리구당 24m²(1.5 × 16m)의 구획으로 나누어 포장 경운 후 퇴비 시용 등 처리별 투입물을 정량씩 처리한 다음 트랙터 로터베이터를 이용하여 약 10cm 깊이로 경운 작업을 하였고, 두께 0.03mm 폭 150cm의 P.E 필름을 멀칭 또는 멀칭 후에 터널을 설치하였다.

P.E 필름을 멀칭한 기간은 1998년에는 7월 19일부터 9월 5일까지, 1999년에는 7월 23일부터 9월 12일까지 실시하였다(그림 1).



그림 1. 태양열 토양 소독을 위한 P.E. 필름 멀칭 모습

다. 조사내용

1) 지온조사

토양깊이 5cm, 10cm, 20cm에 디지털온도계를 설치하여 여름철 휴한기 동안 (1998년 8월 5일부터 9월 4일까지, 1999년 8월 13일부터 9월 12일까지)에 1개월 간 매일 조사하여 대조구, P.E 필름 멀칭구의 지온 차이를 비교하였다.

2) 양배추시들음병(萎黃病) 이병을 조사

포장에서 양배추시들음병(萎黃病) 이병을 조사는 9월 중순부터 10월 중순까지 실시하였다.

조사는 농촌진흥청의 농작물 병해충 예찰 요강 중 배추 병충해 조사요령에 준하여 각 시험구별 품종별 12포기에서 이병된 포기를 조사하여 이병주율(이병 포기/12포기 × 100)을 산출하였다.

잎의 기형화, 병든 잎의 탈락, 도관의 변색 등을 눈으로 관찰하여 양배추시들음병의 특징적인 증세를 나타내고 병에 걸린 것이 확실하다고 판단되는 식물체를 이병주로 판정하였다.

2. 양배추 재배시험

가. 공시품종

양배추 재배시험에 사용한 공시품종은 시험1과 같다.

나. 수행내용

1) 육묘

태양열 토양소독에 의한 양배추시들음병(委黃病) 멸균효과와 양배추 재배시험을 수행하기 위하여 제주도에서 여름재배시 가장 많이 이용되고 있는 사계확, 만추를 중심으로 새로운 품종을 선별하기 위하여 1998년에는 YR호월, 우진, 우치, 내한대어소를, 1999년에는 대월, 시오사이, 사계취, 엠쓰리를 각각 추가로 공시하였다.

1998년 8월 5일 128공 육묘상자에 상토를 채운 후(상표명 : 바로커) 파종하고 질석으로 복토한 후 30일간 북제주군농업기술센터의 공정육묘장에서 육묘하였고 1999년에도 같은 방법으로 실시하였다.

2) 정식

1998년 9월 5일(1999년은 9월 2일) 각 처리구별 6개 품종을 3반복으로 정식하였으며 정식 간격은 줄 사이 60cm, 포기 사이 40cm로 하여 매 시험구 마다 품종당 12포기씩 정식하였고 1999년에도 같은 방법으로 실시하였다.

3) 시비량

태양열 토양소독을 위한 P.E필름 피복 등을 처리하기 전에 밑거름을 경종기 준에 준하여 N 11.2, P₂O₅ 9.0, K₂O 12.0kg/10a을 전면적에 골고루 뿌린 다음 경운하였고 퇴비는 퇴비시용 시험구에만 사용하였다.

웃거름은 N 12 kg/10a을 2회에 나누어 주었고 K₂O₅ 6kg/10a을 1회 주었다.

비료수준이 양배추시들음병 발병에 미치는 영향을 조사하기 위하여 P.E 필름

을 멀칭 처리하기 전에 기비표준량, 기비표준량의 1/2배, 기비표준량의 2배의 비료를 뿌린 처리구를 설치하였다.

4) 일반관리

정식할 때부터 관수 및 제초 병해충 방제는 양배추 경종 기준에 의하여 관리하였다.

다. 조사내용

1) 시험포장 토양의 이화학성 조사

처리 전 및 처리 후 시험포장의 토양 시료를 채취하여 pH, 유기물, 인산, 치환성염기 등 토양의 이화학성을 조사하였다.

처리 전 시험포장내 5개소에서 토양 깊이 10cm까지 시료를 채취하였고 처리 후에는 각 처리별로 토양 시료를 채취하여 분석하였다.

2) 양배추 생육조사

양배추 생육조사는 처리구별 품종별 각 5주씩 무작위로 선정하여 9월 하순부터 10월 간격으로 조사하였다. 결구 전에 초장, 엽수를 조사하였고, 결구 후에는 구고, 구폭을 조사하였으며 구중은 수확기('98.1.17.)에 1회 조사하여 품종별로 비교하였다. 수확적기 1개월 이후('98.2.17)에는 처리별 품종별 통터짐율(열구율)을 조사하여 P.E 필름 멀칭재배구와 대조구를 비교, 포장에서 월동시킨 다음의 상품성을 관찰하였다.

3) 비료수준이 양배추시들음병 발병에 미치는 영향 조사

양배추시들음병 발생이 비료 성분의 량에 따라 어떻게 변하는지 알아보기 위하여 태양열토양소독 처리시 비료수준이 양배추시들음병 발병에 미치는 영향을 조사하였다. P.E 필름을 멀칭 처리하기 전에 비료를 사용하였는데, 기비표준량의 비료를 뿌린 구, 기비표준량의 1/2량, 기비표준량의 2배의 비료를 뿌린 처리구를 비교하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 태양열 토양소독에 의한 양배추시들음병(萎黃病) 멸균효과

태양열을 이용한 토양소독 기간 동안의 지온은 표 1과 같이 해에 따라 차이가 있으나 1999년과 같이 여름이 서늘하고 비가 많이 내린 해에도 멀칭처리구가 대조구에 비하여 어느 정도 높게 유지됨을 알 수 있었다. 그러나 그 지속기간이 짧아 발병억제 효과는 없었다. 즉 宮本(1995)이 발표한 40~45°C가 14~20일간 계속되어야 한다고 하였는데 '99년의 이변적 기상하에서는 14일 이상 고온으로 유지되지 못하였다(표 2).

1998년의 경우 최고 평균지온이 깊이 5cm 에서 대조구는 34.1°C였는데 비하여 P.E 필름멀칭구에서는 42.2°C로 높게 나타났고, P.E 필름 멀칭+터널구는 48.2°C였다. 깊이 10cm에서 대조구는 32.9°C였는데 비하여 P.E 필름 멀칭구에서는 38.4°C였으며, P.E 필름 멀칭후 터널구는 45.4°C였다. 조사깊이가 가장 깊은 20cm에서 대조구는 29.1°C였고, P.E 필름멀칭구는 35.2°C였으며, P.E 필름 멀칭후 터널구는 42.7°C였다. 비가 많은 여름인 1999년에는 5cm에서의 지온이 대조구인 경우 28.5°C에 비하여 P.E 필름 멀칭구는 최고지온의 평균온도가 40.8°C로 나타났지만 높은 온도로 유지된 지속기간이 매우 짧게 유지된 것을 알 수 있었다(표 3, 표 4).

또한 양배추의 뿌리가 분포되어 있는 토양 깊이 10cm에서 최고지온이 40°C를 상회하는 조사일수는 1998년의 경우 P.E 필름멀칭구는 15일이었으며, P.E 필름 멀칭+터널구는 24일이었다. 1999년의 경우에는 P.E 필름멀칭구에서 5일간 기록되었으나 대조구에서는 하루도 없었다(표 2).

小玉 等(1982년)은 P.E 필름을 피복하여 지온 상승 효과를 3년간 측정하였는데, 피복구인 경우 토양깊이 5cm에서의 일평균 최고기온은 46.5°C로 무피복구에 비해 11.8°C가 높았고, 토양깊이 10cm에서는 무피복구보다 9.5°C가 높은 41.9°C

였다고 발표한 내용과 일치하는 경향이였다.

표 1. 토양 깊이별 온도 차이

토양 깊이 (cm)	연도 ^z	최고 지온의 평균(°C)			최고 지온(°C)		
		대조구	P.E 필름 멀칭구	P.E 필름멀칭 + 터널구	대조구	P.E 필름 멀칭구	P.E 필름멀칭 + 터널구
5	'98	34.1	42.2	48.2	41.0	50.0	57.0
	'99	28.5	40.8	-	34.0	53.0	-
10	'98	32.9	38.4	45.4	39.0	45.0	55.0
	'99	29.3	34.2	-	37.0	43.0	-
20	'98	29.1	35.2	42.7	33.0	40.0	51.0
	'99	27.3	30.5	-	31.0	36.0	-

z: '98년 조사기간은 8월 5일부터 9월 5일까지, '99년은 8월 13일부터 9월 12일까지

표 2. 토양 깊이 10cm에서 40°C 이상 기록된 일수

처 리	연도 ^z	대조구	P.E 필름멀칭구	P.E 필름멀칭 + 터널구
40°C 이상 기록된 날 (일)	'98	0	15	24
	'99	0	5	-

· z: '98년 조사기간은 8월 5일부터 9월 5일까지, '99년은 8월 13일부터 9월 12일까지

福井 等(1981년)은 딸기 위황병에 대해 노지 피복처리하면 병 발생을 줄이는 효과가 있었고 하우스밀폐처리는 안정적인 방제효과가 있어 *Fusarium oxysporum*의 균량은 지하 0~5cm에서 현저히 낮았고 10~15cm에는 다수 존재하였다고 보고하였으며,

平野 等(1996)도 태양열토양소독 처리기간 중 하우스내 최고 온도가 58.4℃일 때 토양깊이 5cm는 46.3℃, 깊이 30cm는 39.9℃까지 상승하였고 계속하여 40℃ 이상 경과시간은 깊이 5cm에서 305시간 깊이 15cm에서 329시간 깊이 30cm에서는 39℃이상 지속 시간이 200시간이 되어 토양중의 역병균을 사멸하는데 높은 온도가 기여한다고 하였다.

이러한 점에 비추어 볼 때 여름철 휴한기에 멀칭 처리하여 지온을 충분히 높이면 병원균이 많이 분포되어 있는 근권 부분의 토양병원균 밀도가 줄어들게 되어 병해 방제에 효과적일 것으로 사료되었다.

표 3과 표 4는 태양열 토양소독 기간 동안 시험 포장에서 가까운 제주시 및 북제주군 한경면 고산리 기상관측소에서 측정한 기상 자료를 정리한 것이다.

1999년의 기상은 평년이나 1998년에 비하여 기온이 다소 낮고 강수량은 많으며 일조시간은 부족한 것을 알 수 있다.

1999년의 경우 8월부터 9월상순까지의 일조시간은 제주 141.2 시간, 고산 147.7 시간으로 평년보다 매우 부족하게 나타났으며, 강수량은 제주 721mm, 고산 406.5mm로 평년보다 매우 많았다.

8월과 9월에 비가 내린 날(2.0mm 이상 기록된 날)을 보면 1998년은 제주 10일, 고산 5일인데 비하여 1999년에는 제주 26일, 고산 23일로 매우 많았음을 알 수 있었다.

이와 같이 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 병행하여야 할 것으로 생각되었다.

표 3. 태양열처리기간 동안의 지온조사표('98년)

(°C)

구분 월.일	P.E 필름멀칭구			P.E 필름멀칭+터널구			대 조 구		
	5cm	10cm	20cm	5cm	10cm	20cm	5cm	10cm	20cm
8. 5	40	37	32	38	35	30	30	30	28
8. 6	32	31	30	32	31	30	27	27	27
8. 7	38	36	36	36	33	33	29	29	28
8. 8	36	34	33	43	42	42	31	30	30
8. 9	34	33	32	37	37	34	30	29	28
8. 10	36	34	31	37	36	34	29	29	27
8. 11	44	40	33	50	45	44	33	31	28
8. 12	46	41	36	53	49	46	34	32	28
8. 13	35	32	31	41	39	38	27	26	26
8. 14	34	31	30	38	36	35	27	27	26
8. 15	38	33	31	44	41	39	30	29	26
8. 16	44	38	33	53	48	44	34	32	27
8. 17	45	38	35	52	48	45	35	33	29
8. 18	39	35	33	44	41	40	32	31	28
8. 19	38	37	33	48	44	41	34	33	29
8. 20	44	42	37	55	52	48	36	35	30
8. 21	44	41	37	53	50	46	37	35	31
8. 22	50	45	40	57	54	51	37	36	30
8. 23	49	43	38	56	52	48	38	37	30
8. 24	47	43	38	57	52	48	39	37	30
8. 25	48	42	39	54	52	48	38	37	31
8. 26	48	40	38	56	52	47	38	37	30
8. 27	47	42	39	55	52	50	38	37	30
8. 28	44	42	38	50	48	46	37	35	30
8. 29	44	39	36	50	48	45	37	35	30
8. 30	50	44	39	57	55	51	41	39	32
8. 31	49	45	40	56	53	50	40	39	33
9. 1	44	42	38	52	49	42	38	37	32
9. 2	44	42	37	50	48	46	37	36	32
9. 3	45	39	36	55	50	48	34	32	29
9. 4	37	34	33	40	39	39	30	30	28
9. 5	38	35	33	43	41	39	33	31	28

* 조사지역 : 제주도 북제주군 한림읍 수원리

표 4. 태양열처리기간 동안의 지온조사표('99년)

(°C)

구분 월.일	P.E 필름멀칭구			대 조 구		
	5cm	10cm	20cm	5cm	10cm	20cm
8. 13	51	42	32	30	32	28
8. 14	50	40	33	29	30	28
8. 15	44	35	31	29	29	27
8. 16	47	38	32	28	29	27
8. 17	40	33	30	27	27	27
8. 18	50	40	33	32	33	29
8. 19	53	43	36	34	37	31
8. 20	53	43	35	34	37	31
8. 21	35	32	31	29	29	31
8. 22	44	35	31	29	29	28
8. 23	32	29	31	27	27	27
8. 24	42	33	29	27	28	24
8. 25	49	39	31	29	30	27
8. 26	36	27	28	26	26	26
8. 27	36	30	28	27	27	26
8. 28	36	30	28	27	27	26
8. 29	46	37	30	29	30	27
8. 30	42	34	29	28	28	27
8. 31	31	28	26	26	26	25
9. 1	49	38	31	28	29	27
9. 2	47	39	32	27	28	27
9. 3	36	30	29	26	26	25
9. 4	31	28	29	26	26	26
9. 5	32	29	28	27	27	26
9. 6	31	28	28	27	27	26
9. 7	31	29	29	28	28	27
9. 8	37	33	30	29	31	28
9. 9	40	35	32	30	32	28
9. 10	38	34	31	29	30	27
9. 11	38	33	31	29	31	28
9. 12	39	35	31	30	32	29

* 조사지역 : 제주도 북제주군 한림읍 수원리

표 5. 태양열 토양소독 기간 동안의 기상 현황

구 분		8 월						9월	
		상 순		중 순		하 순		상 순	
		제 주	고 산	제 주	고 산	제 주	고 산	제 주	고 산
평균기온 (℃)	'98년	29.9	27.5	29.1	26.6	25.9	24.8	25.4	24.5
	'99년	25.9	24.6	26.8	25.2	24.3	23.3	25.7	24.7
	평년	27.4	27.1	26.7	26.7	25.9	25.8	24.5	24.2
최고기온 (℃)	'98년	33.2	30.0	32.6	29.1	28.6	27.5	28.4	28.2
	'99년	28.2	27.4	29.5	28.3	26.4	25.9	28.1	27.8
	평년	30.6	30.5	29.9	30.1	29.0	29.3	27.6	27.9
일조시간 (시간)	'98년	94.6	88.4	74.9	55.9	62.9	71.6	74.0	91.1
	'99년	26.1	34.9	56.6	64.0	19.8	26.6	38.7	49.2
	평년	83.8	102.8	70.7	92.8	69.8	95.6	60.1	81.1
강수량 (mm)	'98년	22.1	21.7	3.1	0.4	51.6	20.3	0.0	0.0
	'99년	347.0	111.1	17.1	33.7	278.7	226.4	78.2	35.3
	평년	42.4	39.8	79.3	58.5	119.6	66.9	75.7	55.9

* 자료 : 제주지방기상청

표 6. 제주지역 기상 현황

[1998년 8월]

조사일	구 분	평균 기온 (°C)		최고 기온 (°C)		일조 시간 (시간)		강 수 량 (mm)	
		제 주	고 산	제 주	고 산	제 주	고 산	제 주	고 산
1998. 8.	1	29.0	26.1	32.3	28.1	4.4	1.6	15.1	21.7
	2	29.8	26.9	33.3	29.1	6.4	1.1	7.0	0.0
	3	29.6	27.4	32.4	29.9	10.0	10.1	0.0	0.0
	4	29.0	27.6	31.5	30.6	10.1	12.7	0.0	0.0
	5	30.2	27.9	35.0	30.4	10.6	9.6	0.0	0.0
	6	31.0	28.1	35.7	30.4	10.1	11.0	0.0	0.0
	7	30.6	28.0	32.8	30.9	10.8	8.8	0.0	0.0
	8	30.5	27.8	33.8	30.2	11.5	10.5	0.0	0.0
	9	29.9	27.7	32.5	30.5	9.6	11.1	0.0	0.0
	10	29.7	27.8	32.4	30.0	11.1	11.9	0.0	0.0
순합계 및 평균		29.9	27.5	33.2	30.0	94.6	88.4	22.1	21.7
	11	30.9	27.8	37.2	30.1	11.4	5.5	0.0	0.0
	12	30.2	27.3	33.9	29.3	10.5	6.6	0.0	0.0
	13	28.6	26.8	31.2	29.1	2.2	2.0	1.1	0.2
	14	28.8	27.3	30.9	30.0	1.9	5.2	0.0	0.0
	15	32.5	27.2	37.4	28.7	10.0	3.7	0.0	0.0
	16	31.3	26.9	34.8	28.7	9.5	0.0	0.0	0.0
	17	27.3	26.1	29.5	28.5	3.0	1.7	2.0	0.2
	18	28.2	26.1	30.5	28.7	6.4	9.0	0.0	0.0
	19	26.7	25.5	29.9	28.6	9.7	11.1	0.0	0.0
순합계 및 평균		29.1	26.6	32.6	29.1	74.9	55.9	3.1	0.4
	21	26.4	25.7	28.2	28.2	4.8	9.0	0.0	0.0
	22	27.5	26.5	32.8	30.9	4.9	3.1	0.0	0.8
	23	27.4	27.1	31.7	29.2	2.5	2.4	43.7	19.5
	24	26.7	25.7	29.4	29.3	10.9	11.6	7.9	0.0
	25	25.9	24.3	28.9	26.5	9.4	10.7	0.0	0.0
	26	25.9	24.5	27.9	26.8	9.8	11.6	0.0	0.0
	27	25.1	23.8	26.4	25.9	0.0	0.0	0.0	0.0
	28	24.8	23.8	27.8	25.6	9.0	11.1	0.0	0.0
	29	25.0	23.7	26.9	25.6	6.0	6.3	0.0	0.0
순합계 및 월합계 및 평균		25.9	24.8	28.6	27.5	62.9	71.6	51.6	20.3
		28.2	26.3	31.1	28.8	232.4	215.9	76.8	42.4

* 자료 : 제주지방기상청

[1998년 9월]

구 분 조사일	평균 기온 (℃)		최고 기온 (℃)		일조 시간 (시간)		강 수 량 (mm)	
	제 주	고 산	제 주	고 산	제 주	고 산	제 주	고 산
1998. 9. 1	25.4	25.1	28.1	30.3	10.0	11.3	0.0	0.0
2	25.3	24.1	28.2	26.5	9.7	11.4	0.0	0.0
3	25.2	23.9	28.3	25.9	10.5	11.2	0.0	0.0
4	24.3	23.2	27.5	26.7	9.8	10.6	0.0	0.0
5	24.1	22.9	27.5	26.2	2.1	2.2	0.0	0.0
6	25.1	24.5	28.6	28.5	9.8	10.7	0.0	0.0
7	25.6	25.2	28.8	29.3	5.1	10.4	0.0	0.0
8	26.6	26.1	29.3	30.7	9.8	10.4	0.0	0.0
9	26.1	25.1	28.2	28.6	6.7	10.7	0.0	0.0
10	26.3	25.0	29.1	29.7	0.5	2.2	0.0	0.0
순합계 및 평균	25.4	24.5	28.4	28.2	74.0	91.1	0.0	0.0
11	25.8	25.3	27.7	27.9	0.0	1.1	0.0	0.0
12	25.2	24.9	28.0	28.9	9.3	9.9	0.0	0.0
13	26.0	25.3	28.2	30.4	10.2	10.9	0.0	0.0
14	25.1	25.5	27.8	30.2	7.7	11.0	0.0	0.0
15	24.4	23.4	28.5	26.6	8.3	11.3	0.0	0.0
16	23.5	21.2	27.1	23.3	10.5	11.5	0.0	0.0
17	22.7	22.1	26.1	27.0	10.4	11.6	0.0	0.0
18	23.0	22.2	24.9	26.0	10.7	11.1	0.0	0.0
19	25.0	26.2	26.9	32.1	0.6	8.3	9.9	0.0
20	24.7	25.4	28.1	29.8	0.0	6.2	76.2	20.0
순합계 및 평균	24.5	24.2	27.3	28.2	67.7	92.9	86.1	20.0
21	23.4	22.4	25.4	25.8	0.8	1.9	17.3	4.2
22	22.7	21.5	25.3	23.2	8.5	11.1	0.0	0.0
23	23.2	22.9	25.4	27.3	0.0	4.6	0.3	0.0
24	23.0	23.0	24.8	27.7	1.0	7.6	0.3	0.0
25	24.0	23.7	25.5	26.6	5.0	5.6	0.0	0.0
26	23.5	23.1	26.0	27.4	0.0	0.6	0.3	0.2
27	22.8	22.7	24.7	24.4	0.0	0.0	0.4	0.0
28	22.1	22.3	22.9	25.3	0.0	0.7	16.8	0.5
29	22.2	21.8	23.1	23.9	0.0	0.0	219.0	169.7
30	22.7	21.6	26.4	27.0	0.0	0.2	72.5	23.4
순합계 및 평균	23.0	22.5	25.0	25.9	15.3	32.3	326.9	198.0
월합계 및 평균	24.3	23.7	26.9	27.4	157.0	216.3	413.0	218.0

* 자료 : 제주지방기상청

[1999년 8월]

조사일	구 분	평균 기온 (°C)		최고 기온 (°C)		일조 시간 (시간)		강 수 량 (mm)	
		제 주	고 산	제 주	고 산	제 주	고 산	제 주	고 산
1999. 8.	1	27.8	26.2	30.3	29.1	10.6	6.5	0.0	0.0
	2	27.8	26.9	28.9	29.6	0.0	8.7	2.9	0.6
	3	24.1	22.5	27.9	24.9	0.8	0.0	248.2	67.6
	4	23.2	22.3	24.9	23.8	0.0	0.0	45.0	29.7
	5	24.4	24.2	26.9	29.0	2.5	8.3	0.0	0.0
	6	25.0	24.4	26.9	26.5	0.3	0.6	0.7	0.4
	7	24.2	23.0	25.2	25.9	0.0	0.0	46.8	11.4
	8	26.6	24.2	30.7	27.5	5.3	3.4	0.3	0.0
	9	27.5	26.7	30.3	29.4	1.5	2.4	2.7	0.3
	10	28.2	25.9	30.3	28.2	5.1	5.0	0.4	1.1
순합계 및 평균		25.9	24.6	28.2	27.4	26.1	34.9	347.0	111.1
	11	28.7	26.9	32.5	29.8	8.2	7.3	0.0	0.0
	12	27.8	26.5	31.4	30.1	9.4	8.4	0.2	0.0
	13	27.3	25.5	30.9	29.0	5.9	5.6	0.1	4.8
	14	26.4	24.9	28.6	28.6	2.0	1.9	1.0	11.4
	15	25.7	25.2	27.5	29.7	1.9	8.9	0.0	0.5
	16	25.3	24.9	27.5	27.4	1.2	6.4	0.0	0.0
	17	26.0	24.3	28.5	28.0	8.8	8.3	0.0	0.0
	18	27.0	24.5	30.0	26.6	8.7	7.3	0.0	0.0
	19	26.8	24.9	29.5	27.5	9.1	9.9	0.0	0.0
순합계 및 평균	20	26.8	23.9	28.1	26.2	1.4	0.0	15.8	17.0
		26.8	25.2	29.5	28.3	56.6	64.0	17.1	33.7
	21	25.0	24.2	28.8	27.8	1.2	2.3	44.2	36.6
	22	24.0	23.1	25.3	25.2	0.0	0.0	45.4	97.3
	23	23.3	22.8	24.2	24.6	0.0	5.8	41.3	9.3
	24	24.4	23.6	26.8	27.4	7.1	6.9	0.7	0.3
	25	22.9	22.1	24.5	24.8	0.0	0.0	15.5	18.5
	26	26.3	24.5	29.5	26.2	0.1	0.0	35.5	40.6
	27	23.6	22.6	24.9	24.9	0.0	0.0	6.6	3.4
	28	24.2	23.0	27.0	26.2	4.5	5.3	0.7	2.3
순합계 및 평균	29	24.3	23.2	27.7	27.0	3.6	0.7	4.2	2.7
	30	23.6	23.0	24.7	24.6	0.0	0.0	81.6	5.6
	31	25.4	23.9	27.5	26.7	3.3	5.6	3.0	9.8
순합계 및 평균		24.3	23.3	26.4	25.9	19.8	26.6	278.7	226.4
월합계 및 평균		25.6	24.3	28.0	27.2	102.5	125.5	642.8	371.2

* 자료 : 제주지방기상청

[1999년 9월]

조사일	구 분	평균 기온 (°C)		최고 기온 (°C)		일조 시간 (시간)		강 수 량 (mm)	
		제 주	고 산	제 주	고 산	제 주	고 산	제 주	고 산
1999. 9.	1	24.0	23.3	26.3	27.4	6.3	8.7	0.0	0.0
	2	24.4	23.1	25.9	25.9	2.1	2.2	0.1	0.0
	3	24.0	23.9	25.3	28.0	0.7	0.5	0.6	0.4
	4	23.9	24.2	27.5	27.5	0.7	4.5	48.1	1.2
	5	26.2	24.7	29.5	26.5	2.2	1.1	5.9	10.0
	6	27.3	24.9	29.5	27.1	0.0	0.0	22.4	22.7
	7	26.1	25.6	28.8	28.7	5.0	8.8	1.0	0.7
	8	25.8	25.3	28.0	28.2	10.3	10.7	0.0	0.0
	9	27.0	26.1	29.7	28.8	8.3	7.9	0.0	0.0
	10	28.0	26.2	30.5	29.7	3.1	4.8	0.1	0.3
	순합계 및 평균	25.7	24.7	28.1	27.8	38.7	49.2	78.2	35.3
	11	26.1	25.1	27.9	27.6	6.2	6.5	0.0	0.0
	12	25.2	24.3	27.3	27.4	5.3	1.0	0.0	0.0
	13	24.8	25.4	26.0	28.0	0.0	0.0	35.2	35.7
	14	26.0	25.8	28.3	29.5	9.2	9.6	0.0	0.0
	15	25.7	24.8	28.1	28.0	8.2	5.5	0.0	0.0
	16	24.5	24.4	25.5	28.5	2.8	7.2	0.0	0.0
	17	22.9	22.7	24.8	25.9	0.0	0.0	131.9	18.0
	18	25.5	26.8	26.8	29.6	0.0	8.3	13.8	1.0
	19	27.6	26.5	30.2	29.5	0.0	7.6	3.5	1.8
	20	25.6	23.6	30.3	26.0	6.7	0.0	0.9	0.0
	순합계 및 평균	25.4	24.9	27.5	28.0	38.4	45.7	185.3	56.5
	21	23.0	24.4	25.1	27.8	0.0	1.5	24.6	2.7
	22	21.8	21.4	22.7	24.6	0.0	0.0	106.5	42.3
	23	22.8	21.6	24.0	23.6	0.0	0.0	110.7	34.2
	24	22.5	21.4	23.6	23.2	0.0	4.0	2.7	0.7
	25	21.8	21.3	25.3	23.4	9.8	10.5	0.0	0.0
	26	21.7	21.8	25.4	27.2	10.1	10.6	0.0	0.0
	27	22.4	22.4	25.9	27.1	10.1	10.0	0.0	0.0
	28	22.4	22.5	26.3	27.0	9.6	11.2	0.0	0.0
	29	23.2	23.2	26.9	27.4	10.0	10.8	0.0	0.0
	30	24.5	23.5	26.5	26.6	3.7	4.2	0.0	0.0
	순합계 및 평균	22.6	22.4	25.2	25.8	53.3	62.8	244.5	79.9
	월합계 및 평균	24.6	24.0	26.9	27.2	130.4	157.7	508.0	171.7

* 자료 : 제주지방기상청

양배추시들음병 이병율의 조사 기간은 9월중순부터 10월중순까지 실시하였다. 9월하순부터 시들음병 증상이 나타나기 시작하여 10월상순까지 급증하였으나 그 이후에는 더 이상 이병율이 증가하지 않았다. 따라서 양배추의 경우 *Fusarium oxyspoum* 균이 식물체에 피해를 주는 시기는 묘가 크게 자라기 이전인 10월 상순까지 약 15~20일 정도로 추정되었다.

1998년의 조사 결과 품종별 이병율의 유의차는 고도로 유의하여 'YR호월'이 3.1%였으나 '만추'는 37.2%, '사계확'이 33.3%였고, '우진', '내한대어소', 'YR호월'은 이병율이 비교적 낮아서 시들음병에 강한 품종으로 조사되었다(표 7).

표 7. 양배추시들음병 이병율 (1998년도)

품종	처리 ^z								
	A	B	C	D	E	F	G	H	평균
사계확	47.2	16.6	5.5	8.3	41.6	25.0	50.0	72.2	33.3
우치	22.2	13.9	2.7	16.6	16.6	2.7	36.1	66.7	22.1
만추	41.6	36.8	8.3	25.0	50.0	36.1	47.2	52.8	37.2
우진	0	2.7	0	0	13.9	2.6	0	30.6	6.2
내한대어소	0	8.3	0	2.7	2.7	0	13.9	19.4	5.8
YR호월	0	8.3	0	0	8.3	2.7	0	5.6	3.1
평균	37.9	14.4	2.7	8.7	22.1	11.5	24.5	41.2	
처리(A)									*** ^y
품종(B)									***
(A)×(B)									ns

^z A : P.E 필름멀칭

B : 퇴비사용후 P.E 필름멀칭

C : Dazomet 처리후 P.E 필름멀칭

D : 청예수수 사용후 P.E 필름멀칭

E : 목초액 처리후 P.E 필름멀칭

F : P.E 필름멀칭후 터널

G : Bacillus 제품 처리후 P.E 필름멀칭

H : 대조구

^y F-value

시들음병에 잘 걸리는 양배추 품종인 '사계화'의 경우 P.E 필름 멀칭 처리구의 이병율이 47.2%였는데 비하여 대조구의 이병율은 72.2%로 매우 큰 차이를 보였고, P.E 필름 멀칭 후 터널을 설치한 처리구에서는 이병율이 25.0%로 더욱 줄어들었다. 청예수수 시용후 P.E 필름 멀칭구 및 퇴비 시용후 P.E 필름 멀칭 처리구의 이병율이 각각 8.3% 및 16.6%로 특히 낮았다. 이것은 태양열 토양소독 처리전 토양내에 유기물을 넣고 멀칭 또는 멀칭과 터널 처리하면 지온이 높아져 토양내 병원균의 밀도가 낮아지게 되므로 양배추 정식후 시들음병(萎黃病) 이병율이 낮아지는 것으로 보이며 이는 小玉 等(1979), 駒田(1980), 清水 等(1986, 1987), 平野(1996) 等の 보고와 일치하는 경향이였다.

1999년은 다른 해에 비하여 비가 자주 내렸을 뿐만 아니라 양배추시들음병도 적게 발생하는 경향이였다. 태양열을 이용한 토양소독 기간 동안의 토양 깊이 5cm에서의 지온이 대조구인 경우 28.5℃에 비하여 P.E 필름 멀칭구는 최고지온의 평균온도가 40.8℃로 다소 높게 나타났지만 높은 온도로 유지된 지속기간이 짧았기 때문에 발병억제 효과가 낮았던 것이 아닌가 생각되였다. 즉 宮本(1995)은 40~45℃가 14~20일간 계속되어야 태양열 토양 소독 처리 효과가 나타난다고 하였는데 '99년의 이변적 기상하에서는 14일 이상 고온으로 유지되지 못하였으므로 뚜렷한 효과가 없었던 것으로 생각되였다(표 8).

1999년의 여름은 비가 내린 날이 많아 일조시간이 평년보다 매우 부족하게 나타났다 강수량은 평년보다 매우 많았다. 이러한 기상조건으로 인하여 전반적으로 양배추시들음병이 다른 해보다 덜 발생하였고 태양열 처리 효과도 크지 않았던 것으로 사료되였다.

표 8. 양배추시들음병 이병율 (1999년도)

(%)

품종 처리 ^z	사계확	대월	만추	시오사이	사계취	엠쓰리
A	22.3 a ^y	0.0 b	16.7 a	2.7 a	8.3 c	19.3 a
B	13.7 a	0.0 b	11.0 a	0.0 a	2.7 c	16.7 ab
C	25.0 a	8.3 ab	19.3 a	11.0 a	39.0 a	11.0 ab
D	14.0 a	11.3 a	19.7 a	5.3 a	14.0 bc	16.7 ab
E	16.3 a	5.3 ab	27.7 a	2.7 a	2.7 c	17.0 ab
F	27.7 a	0.0 b	28.0 a	11.0 a	5.7 c	0.0 b
G	19.3 a	8.0 ab	8.3 a	0.0 a	2.7 c	11.0 ab
H	27.7 a	14.0 a	25.0 a	13.7 a	22.3 b	28.0 a

- ^z A : P.E 필름멀칭
 B : 퇴비 사용후 P.E 필름멀칭
 C : 생석회 사용후 P.E 필름멀칭
 D : 청예수수 사용후 P.E 필름멀칭
 E : 키토산 처리후 P.E 필름멀칭
 F : 바이오페화석 사용후 P.E 필름멀칭
 G : 객토 처리후 P.E 필름멀칭
 H : 대조구

^y DMRT 5%

표 9. 태양열토양소독 처리시 비료수준이 양배추시들음병 발병에 미치는 영향 (1999년도)

(%)

품종 처리	사계확	대월	만추	시오사이	사계취	엠쓰리
기비표준량	22.3 a ^z	0.0 b	16.7 a	2.7 a	8.3 a	19.3 a
기비 1/2량	33.3 a	19.7 a	30.7 a	11.0 a	22.0 a	16.3 a
기비 2배량	26.7 a	5.3 b	30.7 a	2.7 a	14.0 a	19.3 a

^z DMRT 5%

표 9는 양배추시들음병 발생이 비료 성분의 량에 따라 어떻게 변하는지 알아보기 위하여 태양열토양소독 처리시 비료수준이 양배추시들음병 발병에 미치는 영향을 조사한 것이다. P.E 필름을 멀칭 처리하기 전에 비료를 뿌렸는데, 기비표준량의 비료를 뿌린 구, 기비표준량의 1/2배, 기비표준량의 2배의 비료를 뿌린 처리구를 비교하였지만 대체적으로 큰 차이가 없었다.

양배추시들음병균 감염 때문에 고사하는 비율은 표 10과 같이 대조구는 77.5%였으나 P.E 필름멀칭+터널구는 19.2%로 낮았고, 품종별 고사율은 YR호월이 80.0%로 높았으나 우진은 37.5%로 낮았고, 전체 평균 고사율은 51.9%였으나 고사되지 않은 이병주도 생육이 부진하여 상품성이 매우 떨어졌다.

표 10. 양배추시들음병 감염후 고사율 비교 (1998년도)

처리	품종	고사율 (%)						
		사계확	우치	만추	우진	내한대어소	YR호월	평균
P.E 필름멀칭		35.3	50.0	26.7	0.0	25.0	50.0	32.0
퇴비사용후 P.E 필름멀칭		33.3	60.0	69.2	25.0	100.0	61.8	61.8
Dazomet 처리후 P.E 필름멀칭		100.0	100.0	33.3	0.0	0.0	0.0	57.1
청예수수 사용후 P.E 필름멀칭		100.0	100.0	55.6	0.0	33.3	0.0	60.1
목초액 처리후 P.E 필름멀칭		86.7	83.3	55.6	100.0	100.0	100.0	77.1
P.E 필름멀칭후 터널		0.0	0.0	23.1	100.0	0.0	100.0	19.2
Bacillus subtilis 처리후 P.E필름멀칭		77.8	38.5	100.0	0.0	100.0	0.0	55.9
대조구		76.9	79.2	68.4	72.7	100.0	100.0	77.5
평 균		52.1	70.4	44.3	37.5	64.7	80.0	51.9

표 11. 양배추시들음병 발병 포장 및 이병을 조사

년도	발병 포장			이병을		
	조사포장	발병 포장	발병포장율 (%)	조사표본수 ^z	이병포기수	이병율 (%)
1998	81	8	10	400	68	17
1999	84	3	3.6	150	21	14

z. 발병포장×50주

표 11은 양배추 생산단지의 양배추시들음병이 발생한 포장비율을 조사한 것이다. 1998년에는 조사포장 81개소 중에서 발병포장이 8개 포장으로 10%를 나타내었고 발병포장에서 50주씩 조사한 결과 병에 걸린 양배추는 68포기로 이병율 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 양배추시들음병을 일으키는 *Fusarium*균의 생육 및 번식에 적합하지 않았기 때문이 아닌가 사료되었다.

2. 양배추 재배시험

처리 전 및 처리 후 시험포장의 토양 시료를 채취하여 pH, 유기물, 인산, 치환성염기 등 토양의 이화학성을 조사하였다(표 12).

토양 PH는 처리 전에 5.1로 적정치 6~6.5 보다 매우 낮았는데 처리 후에는 전반적으로 pH 수치가 올라가는 경향을 보였다. P.E 필름멀칭 처리구는 pH 6.7로 가장 높았고, 그 다음이 Dazomet 처리후 P.E 필름멀칭 처리구와 P.E 필름멀칭+터널구가 pH 6.0으로 나타나 적정치 범위로 되었다.

유효 인산은 처리 전에 적정치 350~ 450mg/kg 보다 다소 높은 583mg/kg이었으나 청예수수 시용후 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/kg 보다 낮은 2.8me/kg이었는데 처리 후에는 다소 증가하는 경향이었지만 적정치 보다는 매우 부족하였다.

표 12. 시험 포장의 토양 이화학성 조사 결과 (1998년도)

구	분	pH(1:5)	유기물함량 (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K (me/kg)	Ca (me/kg)	Mg (me/kg)	
적	정	치	6~6.5	2~3	350~450	0.7~0.9	6~7	2~2.5
처	리	전	5.1	2.5	583	0.7	2.8	2.4
처	A ^z	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	5.7	2.6	601	0.3	3.0	1.7	
	F	6.0	2.8	674	0.4	3.0	1.9	
	G	5.4	2.3	681	0.6	2.6	1.8	
	H	5.5	2.8	747	0.4	2.6	1.9	

- ^z A : P.E 필름멀칭
 B : 퇴비시용후 P.E 필름멀칭
 C : Dazomet 처리후 P.E 필름멀칭
 D : 청예수수 시용후 P.E 필름멀칭
 E : 목초액 처리후 P.E 필름멀칭
 F : P.E 필름멀칭후 터널
 G : Bacillus 제품 처리후 P.E 필름멀칭
 H : 대조구

양배추 정식 후 62일째 초장을 조사 비교하였는데 1998년의 경우는 표 13에
 서와 같이 처리별 품종별 모두 고도로 유의하였으며, 처리와 품종간 상호관계도
 유의하였다. 품종별 초장은 만추가 33.3cm로 가장 작았고 가장 큰 내한대어소는
 38.3cm였다. 처리별 초장은 대조구가 30.2cm로 가장 작았고 Dazomet 처리후
 P.E 필름멀칭구는 40.2cm로 가장 컸다.

표 13. 양배추 초장 조사 결과 (1998년도)

		(cm)								
품종	처리 ^z	A	B	C	D	E	F	G	H	평 균
	사계 확		35.8	39.8	41.0	38.0	34.5	33.8	41.6	23.5
우치		36.2	38.8	41.4	35.8	34.8	34.1	39.3	33.5	36.7
만추		32.2	38.0	38.7	32.8	33.6	32.6	37.6	25.2	33.3
우진		35.2	35.4	37.7	34.8	33.3	33.2	37.4	32.2	34.9
내한대어소		37.0	38.9	42.2	38.8	36.4	38.5	41.3	33.3	38.3
YR호월		34.6	38.3	40.6	35.9	35.4	34.7	39.9	33.6	36.6
평균		35.1	38.2	40.2	36.0	34.4	39.5	34.6	30.2	
처리(A)										** * ^y
품종(B)										** *
(A)×(B)										*

^z A : P.E 필름멀칭
 B : 퇴비사용후 P.E 필름멀칭
 C : Dazomet 처리후 P.E 필름멀칭
 D : 청예수수 사용후 P.E 필름멀칭
 E : 목초액 처리후 P.E 필름멀칭
 F : P.E 필름멀칭후 터널
 G : Bacillus 제품 처리후 P.E 필름멀칭
 H : 대조구

^y F-value

* 조사일자는 1998년 11월 7일임

정식 134일째 조사한 양배추의 평균 구중은 표 14와 같이 처리별 품종별 유의차는 고도로 유의하였고, 처리와 품종간 상호관계는 무의하였다. 품종별 구중의 크기는 사계확이 2.1kg/포기로 작았고 가장 큰 품종은 우진으로 2.6kg/포기였다. 처리별 구중의 크기는 대조구 2.0kg/포기였으나 Bacillus 제품 처리후 P.E 필름멀칭구와 Dazomet 처리후 P.E 필름멀칭구가 2.7kg/포기로 같았다.

표 14. 처리별 품종별 양배추 구중의 차이 (1998년도)

		(kg)								
품종	처리 ^z	A	B	C	D	E	F	G	H	평균
	사계확		1.9	2.2	2.3	2.1	1.9	1.6	2.6	2.2
우치		2.6	2.5	3.2	2.3	2.3	2.1	2.7	1.9	2.4
만추		1.7	2.5	2.8	2.3	1.7	2.2	2.7	1.8	2.2
우진		2.7	2.5	2.7	2.6	2.4	2.5	2.8	2.3	2.6
내한대어소		2.3	2.4	2.5	2.2	2.0	2.3	2.7	2.1	2.3
YR호월		2.7	2.9	2.8	2.7	2.5	2.4	2.7	1.7	2.5
평균		2.3	2.5	2.7	2.4	2.2	2.1	2.7	2.0	
처리(A)										*** ^y
품종(B)										***
(A)×(B)										ns

^z A : P.E 필름멀칭

B : 퇴비사용후 P.E 필름멀칭

C : Dazomet 처리후 P.E 필름멀칭

D : 청예수수 사용후 P.E 필름멀칭

E : 목초액 처리후 P.E 필름멀칭

F : P.E 필름멀칭후 터널

G : Bacillus 제품 처리후 P.E 필름멀칭

H : 대조구

^y F-value

* 조사일자는 1999년 1월 17일임

태양열 토양소독을 위해 P.E 필름 멀칭한 것을 제거하지 않고 그 곳에 바로 양배추묘를 정식하였을 경우 P.E 필름 멀칭이 양배추 생육에 미치는 영향을 조사한 결과 초장은 표 15와 같이 P.E 필름 멀칭처리 평균이 36cm로 대조구 30cm보다 120%로 더 길고, 구중은 표 16과 같이 P.E 필름 멀칭처리 평균이 포기당 2.4kg으로 대조구 포기당 2.02kg보다 118%로 증가하였다.

清水 等(1987)은 배추, 양배추의 근부병에 대해 멀칭 계속 재배의 효과를 검토한 결과 태양열 토양 소독을 하기 위한 P.E 필름 멀칭을 제거하지 않고 계속 멀칭 상태로 재배한 구와 태양열 토양 소독후 P.E 필름을 제거한 구를 비교해 보았는데 멀칭 계속 재배구가 멀칭 제거구에 비해 방제 효과가 높았다고 하였으며, 멀칭에 의한 생육장해도 나타나지 않았고, 제거구에 비해 생육이 아주 빠르고 수량도 증가하였다고 보고한 내용과 일치하는 경향이였다.

그러나 1999년의 경우는 초장과 구중 모두 대조구와 처리구 사이에 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다(표 15, 표 16).

표 15. 양배추 초장 조사 결과 (1999년도)

(cm)

품종 처리 ^z	사계화	대월	만추	시오사이	사계취	엠쓰리
A	37.4 a ^y	33.3 a	37.4 a	31.8 a	31.8 a	30.3 a
B	34.2 ab	29.3 a	31.2 a	31.3 a	33.6 a	30.7 a
C	35.3 ab	30.8 a	34.4 a	29.3 a	29.8 a	30.3 a
D	32.5 ab	28.3 a	30.5 a	27.8 a	28.8 a	29.1 a
E	29.9 b	28.3 a	29.9 a	31.9 a	31.6 a	28.3 a
F	30.4 b	29.5 a	26.8 a	28.4 a	28.9 a	27.4 a
G	30.5 b	31.9 a	32.5 a	30.4 a	33.7 a	25.8 a
H	31.9 ab	30.0 a	31.3 a	28.8 a	32.0 a	29.2 a

^z A : P.E 필름멀칭

B : 퇴비 사용후 P.E 필름멀칭

C : 생석회 사용후 P.E 필름멀칭

D : 청예수수 사용후 P.E 필름멀칭

E : 키토산 처리후 P.E 필름멀칭

F : 바이오폐화석 사용후 P.E 필름멀칭

G : 객토 처리후 P.E 필름멀칭

H : 대조구

^y DMRT 5%

* 조사일자는 1999년 11월 8일임

표 16. 처리별 품종별 양배추 구중의 차이 (1999년도)

							(kg)
처리 ^z	품종	사계확	대월	만추	시오사이	사계취	엠쓰리
	A		2.8 a ^y	2.7 a	2.3 a	2.6 a	2.0 ab
B		2.1 ab	2.1 a	1.7 a	2.1 a	2.2 ab	1.9 ab
C		1.8 ab	1.9 a	1.9 a	1.9 a	2.1 ab	1.7 ab
D		1.6 b	2.4 a	1.3 a	1.7 a	2.0 ab	1.7 ab
E		1.6 b	2.1 a	1.6 a	2.1 a	2.1 ab	1.4 ab
F		1.3 b	2.2 a	1.5 a	1.9 a	1.6 b	1.3 b
G		2.4 ab	2.7 a	2.3 a	1.9 a	2.4 a	1.3 ab
H		1.9 ab	2.1 a	2.1 a	2.2 a	2.3 ab	1.6 ab

^z A : P.E 필름멀칭

B : 퇴비 사용후 P.E 필름멀칭

C : 생석회 사용후 P.E 필름멀칭

D : 청예수수 사용후 P.E 필름멀칭

E : 키토산 처리후 P.E 필름멀칭

F : 바이오페화석 사용후 P.E 필름멀칭

G : 객토 처리후 P.E 필름멀칭

H : 대조구

^y DMRT 5%

* 조사일자는 2000년 1월 27일임

양배추를 포장에서 그대로 두면 일부 품종은 2월 하순 무렵부터 통이 터지는 열구 현상이 나타나서 상품성을 잃는 경우가 있는데 P.E 필름멀칭 처리를 하였을 경우에는 어떤 영향이 있는지 알아보기 위하여 조사하였다. 표 17에서와 같이 P.E 필름멀칭 처리를 하였을 경우 통터짐율(열구율)이 평균 39.1%로 대조구 19.4%보다 2배 정도 높게 나타났으므로 P.E 필름멀칭 처리를 하였을 경우에는 수확 시기를 놓치지 말고 적기에 수확하여야 할 필요가 있을 것으로 사료되었다.

표 17 양배추 통터짐율(열구율)에 미치는 P.E 필름멀칭 처리 효과(1998년도)
(%)

구 분	사계화	우치	만추	우진	내한대어소	YR호월	평균
P.E 필름멀칭	11.9	27.4	16.7	84.5	40.5	53.6	39.1
대조구	0.0	0.0	8.3	50.0	25.0	33.3	19.4

* 조사일자는 1998년 2월 17일임

제 4 절 적 요

태양열 토양소독에 의한 양배추시들음병(萎黃病)의 발생을 억제하기 위해서 연작지인 제주도 북제주군 한림읍 수원리에서 1997년 10월부터 2000년 2월까지 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 태양열을 이용한 토양소독 기간 동안의 지온은 해에 따라 차이가 있으나 멀칭처리구가 대조구에 비하여 높게 유지되었다. '98년의 경우 토양깊이 10cm의 최고지온의 평균은 대조구 32.9℃보다 PE 필름 멀칭처리구가 5.5℃ 높았고, P.E 필름멀칭+터널구는 12.5℃가 높게 나타났다. 그리고 PE 필름멀칭+터널구의 토양깊이 10cm에서 40℃ 이상 기록된 날은 24일이었 다. '99년의 경우는 10cm의 최고지온 평균이 대조구가 29.3℃이었고 PE 필름 멀칭처리구는 34.2℃로 4.9℃ 높았지만 40℃ 이상 기록된 날이 5일에 불과하였다.
2. 처리별 품종별 초장과 구중에 대하여 조사한 결과 1998년에는 P.E 필름멀칭+터널구와 Dazomet 시용+P.E 필름멀칭 처리구에서 생육이 좋았다. 그러나 기후가 좋지 않았던 1999년에는 큰 차이가 없었다.
3. 1998년의 양배추시들음병(萎黃病) 발병률은 Dazomet 시용+P.E 필름멀칭 처리구에서 가장 낮았고, 그 다음이 청예수수 시용후 P.E 필름멀칭 처리구와 P.E 필름 멀칭+터널구가 낮았다. 그러나 1999년에는 다른 해에 비하여 이병성 품종의 경우에도 발병율이 낮게 나타나는 경향이었고, 대월, 사계 취, 엠쓰리에서 일부 태양열처리 효과가 나타났지만 1998년보다 뚜렷하지 않았다.
4. P.E 필름멀칭이 양배추 재배에 미치는 효과를 조사한 결과 초장과 구중은 대조구에 비해 120%정도로 크게 나타나 증수효과가 있었지만 통터짐률(열구율)은 P.E 필름멀칭구가 대조구에 비해 2배 정도 높아 결구 후 적기에 수확하여야 할 것으로 사료되었다.

제 5 절 참 고 문 헌

1. Grinstein, A. Elad, Y. Katan, J. and Chet, I. 1979. Control of *Sclerotium rolfsii* by Means of Herbicide and *Trichodema Harzianum*. Plant Disease Reporter 63 : 823~826.
2. 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ハウス密閉處理による土壤温度の變化. 奈良縣農業試驗研究報告 10 : 71~82.
3. 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效果と效果判定基準の設定. 奈良縣農業試驗研究報告 10 : 83~92.
4. 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. 奈良縣農業試驗研究報告 11 : 41~52.
5. 小玉孝司・福井俊男. 1982. イチゴ萎黄病に對する露地型太陽熱土壤消毒法の適用. 日本植物病理學會報 48(5) : 699~701.
6. 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. 奈良縣農業試驗研究報告 12 : 109~119.
7. 平野哲司・中込暉雄・瀧本雅章・大澤梅雄・金原義浩. 1996. 太陽熱消毒による濕地性カラ-疫病の防除. 愛知農總試研報 28 : 241~246.

8. 濟州道農業技術院.1998.濟州道の 農業概観
9. 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
利用による土壤病害蟲 防除 対策,特に 關東東山東海地域連絡試験として.: 135
~146.
10. 李禹升.1994.韓國의 菜蔬.慶北大學校出版部
11. Moorman, G, W. 1982. The Influence of Black Plastic Mulching on
Infection Rates of Verticillium Wilt and Yield of Eggplant.
Phytopathology 72.: 1412~1414.
12. 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(3) : 8~11.
13. 나우현. 1990. 菜蔬의 病蟲害防除. 삼안출판사. pp. 105~108.
14. 農林統計年報. 各年度. 農林部
15. 農村振興廳. 1996. 標準營農敎本(22). 菜蔬栽培.: 198~199.
16. 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 Soilborne Plant Pathogens. Phytopathology 71.: 959
~961.
17. Reprinted from Annals of the Phytopathological Society of Japan Vol. 48,
No. 5. December, 1982.

18. Springer, J. K. and Johnston, S. A. 1982. Black Polyethylene Mulch and Phytophthora Blight of Pepper. Plant Disease 66.: 281.
19. 申彦杓. 1981. 最新菜蔬園藝學. 先進文化社.: 238~242.
20. 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 : 38~44.
21. 清水寛二・川田和. 1986. 太陽熱利用による水田轉換畑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.
22. 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畑露地野菜の土壤病害防除に関する研究(第 2報). 滋賀縣農業試験場 研究報告 28.: 7~21.

제 2 장 토양미생물검출, 동정, 멸살온도조사

강영길¹, 양성석², 오대민³, 진석천⁴

Detection and identification of pathogen and sterilizing temperature

Kang, Young-Kil¹, Yang, Seong-Seok², Oh, Dae-Min³, Chin, Seok-Cheon⁴

ABSTRACT : The pathogen isolated from wilted cabbage was identified as *Fusarium oxysporum* in terms of morphological characteristics such as spore color and the shape and size of conidium. *Fusarium oxysporum* was not isolated from the soil under P.E mulch+plastic tunnel which had the highest soil temperature and disinfectant Dazomet application+P.E mulch. 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. No *Fusarium oxysporum* was detected at above 45°C. When cabbage was grown in the soil inoculated with the pathogen after the inoculated soil was incubated at 45°C for 1, 3, 5, and 7 days, no *Fusarium oxysporum* wilt was not observed for cabbage grown in the soil incubated for more than 3 days.

¹ 제주대학교 농과대학(College of Agriculture, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea)

² 농업과학기술원(National Institute of Agricultural Science & Technology, Suwon 441-707, Korea)

³ 농촌진흥청(Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea)

⁴ 제주도농업기술원(Cheju Provincial Agricultural Technology administration, Cheju 690-170, Korea)

제 1 절 서 설

우리 나라의 양배추 재배면적은 '98년 4,440ha로서 지난 15년간 2배의 면적 증가추세를 보이고 있으며 금후 생산량 및 소비량은 계속 증가할 것으로 예상된다.

양배추는 호냉성 채소로서 각 지역에 알맞은 재배 작형이 분화되어 있어 주년재배가 가능하며 전국 재배면적의 약 32%를 차지하는 제주도의 경우에는 8월 중순에 파종하여 12월부터 이듬해 3월 추대 직전까지 출하하는 월동재배작형이 주종을 이루고 있다.

제주도에서는 작물재배가 지역별로 나누어져 주산지를 이루고 있는데 양배추의 경우는 한림과 애월지역에서 약 30여 년 동안 계속 연작되었기 때문에 토양병에 의한 피해가 점차 늘어나고 있는 실정이며 특히 3~4년 전부터는 어린 양배추의 잎이 노랗게 변하면서 말라죽는 시들음병(*Fusarium oxysporum* f.sp.conglutinans)이 심하게 발생하고 있고 해마다 증가하는 추세로 일부 농가에서는 생산을 포기하는 경우도 있다.

Fusarium oxysporum 균은 진균계의 불완전균에 속하며 소형분생포자와 대형분생포자, 그리고 내구체인 후막포자를 형성한다. 배양기에서 병원균의 균총은 처음에는 색소를 띠지 않으나 후기에는 진한 분홍색이나 적갈색의 색소를 띠며, 균핵이 형성된 부분은 진한 잉크색으로 보인다. 소형분생포자는 대부분 단세포이며 계란형 혹은 콩팥모양이고 대형분생포자는 초승달 모양이다. 후막포자는 구형으로 오래된 균사에서 형성되는데 직경은 7~11 μ m이다. 병원균은 병든 식물체의 조직이나 토양 속에서 균사와 후막포자의 형태로 월동한다. 보통 토양중에 널리 분포하며 주로 흙의 입자에 묻어 농기구나 사람 등에 의해 먼 거리로 이동되기도 하는 것으로 알려져 있다. *Fusarium oxysporum* 균에 의해 피해를 받는 작물로는 가지, 고추, 배추, 상추, 파슬리, 아스파라거스, 마늘, 부추, 양

파, 파, 꽃양배추, 양배추, 오이, 딸기, 토마토, 참외, 수박, 무, 시금치 등 매우 많이 알려져 있다.

양배추시들음병은 1800년대 말에 미국의 동북 지역에서 처음 발견되어 이후 미국의 양배추 재배 농가에 막대한 피해를 주었으며, 일본에서는 1952년에 처음 발견되었으며 1967년 무렵부터는 일본의 모든 지역에서 발생하게 되어 이의 심각성이 대두되게 되었고 특히 여름수확과 여름 파종 재배지에서 많이 발생하고 있다고 한다(全國農村教育協會, 1979).

양배추 시들음병은 여름철 재배나 연작지에서 주로 발생하는데 제주도 재배 지역에서는 다른 작물에 고시되어 있는 토양소독제를 처리하는 방제 방법에 의존하고 있는 실정이다. 그러나 농약에 의한 방제는 비용이 많이 들며 환경에 해로운 영향을 미칠 뿐만 아니라 약제처리의 효과도 사용횟수가 늘어날수록 점차 떨어지고 있는 추세이다. 그 이외의 방제 방법으로는 파종기의 조절, 윤작, 저항성 품종의 이용 등과 같은 방법을 고려해 볼 수 있으나 어느 한가지 방제 방법에만 의존하는 것은 한계가 있으므로 여름철 휴한기에 태양열을 이용한 토양소독법을 중심으로 여러 가지 방제법을 복합 처리하는 것이 효과적이고 확실한 방제 수단이 될 것으로 생각된다.

본 과제는 양배추시들음병을 방제하기 위하여 여름철 태양열 처리를 한 포장에서 토양미생물을 검출 동정하여 병원균의 특징을 밝혀내고 또한 병원균의 멸살 온도를 조사하여 그에 따른 효과적인 방제법을 확립하고자 수행하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 병원균 분리

1998년 양배추 연작 재배지인 제주도 북제주군 한림읍 수원리 지역에서 시들음병 증세를 보이는 어린 양배추 묘목을 채집하여 농업과학기술원 및 제주도농업기술원 실험실에서 병원균을 분리하였다. 멸균수로 2회 세척한 이병조직을 0.5cm 정도의 크기로 절단하여 1% 차아염소산나트륨(NaOCl)으로 1분간 표면 살균한 후 직경 9cm의 Petri dish에 부어 넣은 WA(water agar) 배지 위에 올려놓고 25℃로 유지된 항온기에서 5일간 배양하였다. 균사의 선단을 잘라내어 PDA(potato dextrose agar) 배지에 이식한 후 다시 5일간 배양하였다. 배양된 균사는 PDB(potato dextrose broth) 배지에 넣어서 28℃에서 110rpm으로 4일간 진탕 배양한 뒤 양배추 '사계확'에 접종한 다음 병원성을 확인하였고 병원균을 재분리하여 PDA 배지에 이식한 후 25℃ 항온기에서 15~20일간 배양하면서 생성된 소형분생포자와 대형분생포자의 형태 및 크기를 광학현미경 400배에서 관찰하여 Snyder와 Hansen(1940)의 분류체계와 비교하였다.

2. 토양미생물의 검출

태양열 토양소독이 여러 가지 토양미생물에 미치는 영향을 알아보려고 비닐 멀칭하기 전과 멀칭 처리 후의 토양을 채취하여 미생물의 분리 및 병원성 검정을 실시하였다.

양배추시들음병(萎黃病)에 걸린 이병주를 포장에서 채취하여 물로 씻은 후 표피를 벗겨내고 유관속 부위를 *Fusarium oxysporum* 선택 배지인 Komada 배지에 치상하여 균 분리를 하였다. 분리된 균주를 PS 액체 배지에 접종하고 진탕 배양기에서 5일간 배양하여 포자 현탁액을 만들었다(駒田, 1975). 육묘상토에 양배추(사계확)를 파종하고 관주 접종하여 재배하면서 발병 여부를 조사하였다.

3. 양배추시들음병(萎黃病)균의 밀도 조사 및 멸살 온도 구명

양배추시들음병균의 밀도를 조사하기 위하여 각 시험구별 양배추 근권(토양 깊이 0~10cm)에서 처리 전, 처리 후, 수확 후 3회에 걸쳐 토양시료 300g 정도를 채취하였다. 채취한 시료는 2mm채로 쳐서 골고루 섞은 후 시료 30g을 270ml의 증류수(500ml 플라스크)에 희석한 후 30분간 진탕하였다.

배지는 *Fusarium* 선택배지인 Komada배지를 사용하였다. 토양을 희석한 용액 10ml를 90ml의 증류수에 혼합한 다음 여기에서 10ml를 채취하여 다시 90ml의 증류수에 희석하여 1,000배액을 만들었고 이것을 잘 흔들어서 1ml 채취하여 선택배지에 분주한 다음 유리막대로 골고루 도말하였다. 이것을 28℃ 배양기에서 4~5일간 배양한 후 사레 표면에 흰 균사가 보이고 사레 뒷면은 다갈색이 나타나는 균을 *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutians*로 판정하여 그 수를 조사하였다.

양배추시들음병(萎黃病)균을 Petri-dish(PSA배지)에서 4일간 배양하여 직경 0.5mm Cork-borer 절편 3개씩을 토양 배지에 접종하였다. 토양 배지 조성은 상토(피트모스) 400g, 밀기울 100g, 물 100ml 비율로 혼합하여 조성하는 방법으로 하였으며, 이것을 듀란병(500ml)에 250g을 담고 균 접종 후 28℃ 배양기에서 10일간 배양하였다. 또한 살균된 상토(바로커) 370g과 배양균 70g을 혼합하여 플라스틱 용기(직경 11cm×깊이 15cm)에 담고 실온, 35℃, 40℃, 45℃, 50℃, 55℃의 온도별로 처리하여 5일, 10일, 15일, 20일, 25일, 30일 후에 꺼내어 균 분리 정도를 조사하였다. 균 분리에 사용한 배지는 Komada 배지를 사용하였으며 시료는 토양희석평판법(稀釋平板法)으로 원액을 사용하여 배지에 분주하여 조사하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 병원균 분리

시들음병에 걸린 양배추 식물체로부터 분리한 병원균의 균사는 흰색이고 소형분생포자의 모양은 타원형 또는 원통형 모양을 하고 있었고 곧은 것에서부터 약간 구부러진 것이 있었다. 포자의 평균길이는 $5.5\sim 11.0\mu\text{m}$, 폭은 $2.5\sim 3.5\mu\text{m}$ 였다. 대형분생포자는 3~4개의 격막이 있었고 평균길이는 $22.5\sim 37.4\mu\text{m}$, 폭은 $3\sim 4.5\mu\text{m}$ 로 양쪽 끝이 뾰족하고 약간 구부러진 초생달 모양을 하고 있었다. 이상의 결과로 보아 양배추에서 분리한 병원균의 균주는 Snyder와 Hansen(1940)을 비롯하여 여러 연구자들이 분류 동정한 *F.oxysporum*의 형태적인 특성인 균사의 색깔 및 분생포자의 모양과 크기가 일치함을 알 수 있었다(그림 1).

2. 토양미생물의 검출

태양열 토양소독 처리전과 처리후의 토양미생물 변화를 조사한 결과는 다음과 같았다.

양배추 시들음병(萎黃病)균에 대한 태양열 토양소독 효과를 측정하기 위하여 처리구별로 처리 전('98. 7.19.), 처리 후('98. 9. 5.), 수확 후('99. 1. 17)에 토양 시료를 채취하고 균을 분리하여 밀도를 조사한 결과 표 1과 같이 균이 분리되지 않은 곳은 Dazomet 사용 후 P.E 필름멀칭 처리구와 P.E 필름멀칭 후 터널 처리구이며, 균의 밀도가 현저하게 낮은 곳은 P.E 필름멀칭 처리구와 목초액 사용 후 P.E 필름멀칭 처리구였다. P.E 필름멀칭 후 터널 처리구에서 처리 후 균이 분리되지 않은 것은 清水(1986)의 보고와 비슷한 경향을 보였다. 수확 후에 오히려 균의 밀도가 증가한 곳은 Dazomet 처리 후 P.E 필름 멀칭처리구와 목초액 사용 후 P.E 필름 멀칭 처리구 그리고 P.E 필름 멀칭 후 터널 처리구와 대조구 순으로 나타났다.



그림 1. 양배추시들음병균 *Fusarium oxysporum*의 포자 모습

표 1. 시험 포장에서의 *Fusarium oxysporum* 균의 밀도 변화

($\times 10^3$ /g soil)

처 리	<i>Fusarium oxysporum</i> 밀도		
	처 리 전	처 리 후	수 확 후
P.E 필름 멀칭	870	30	200
퇴비시용후 P.E 필름 멀칭	800	830	100
Dazomet 처리후 P.E 필름 멀칭	370	0	1,100
생석회 시용후 P.E 필름 멀칭	170	260	100
목초액 살포후 P.E 필름 멀칭	450	100	2,250
P.E 필름 멀칭후 터널 설치	230	0	2,050
청예사료 재배후 P.E 필름 멀칭	820	600	0
대조구	330	630	1,500

小玉(1982)는 하우스를 밀폐하거나 지표면 P.E 필름 멀칭 등에 의해 급격히 올라가는 지온의 변화와 산소의 결핍(환원화)이 토양 미생물의 활동에 상당한 영향을 미친다고 하였다. 특히 사상균은 처리기간 동안에는 밀도가 낮은 상태를 유지하였고, 내열성(耐熱性) 및 호열성(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 부활(復活)이 확인되었다고 하였다.

北田(1997)는 태양열 처리가 완료된 토양을 처리일수별로 채취하고 희석평판법(稀釋平板法)에 의해 토양 중의 *Fusarium oxysporum*속균과 그외 다른 사상균 포자 수를 조사한 결과 *Fusarium oxysporum*속균은 20일간 처리로 현저히 포자밀도가 줄어들었고, 그 밖의 사상균은 40일간 이상 처리했을 때 밀도가 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.

표 2는 토양 10cm 깊이에서 태양열 토양 소독 처리 전과 처리 후의 *Fusarium oxysporum* 및 사상균, 방선균, 세균의 밀도 변화를 분석한 결과를 정리한 것이다. 양배추시들음병의 병원균인 *Fusarium oxysporum* 균은 태양열 토양 소독 처리 후 P.E 필름멀칭처리구에서 현저히 줄어들었다. 작물체에 해로운 영향을 주는 사상균은 무처리구에서는 늘어난 반면 P.E 필름멀칭처리구에서는 감소하는 경향이였다. 해로운 병원균에 대하여 길항균으로 활용이 가능한 방선균 및 세균의 수는 P.E 필름멀칭처리구에서 처리 전보다 상당히 많이 늘어나 높은 온도에 잘 적응하는 것으로 보이며 태양열 처리에 길항균을 이용한 생물적 방제 방법을 병행한다면 토양병해에 의한 피해를 줄이는 효과가 더욱 향상

될 것으로 생각되며, 이러한 결과는 宮本 等(1995)이 태양열 토양소독처리를 하면 높은 온도를 좋아하는 유익한 길항미생물이 많이 분포하게 되고 따라서 해로운 병원균이 차후에 2차적으로 침입하는 것까지 막을 수 있을 것이라고 한 보고 내용과 일치하는 경향이였다.

小玉 等(1982년)은 태양열 토양 소독 처리에 의하여 토양 속의 *Fusarium oxysporum*균 밀도가 어떻게 변하는가 조사한 결과 0~5cm 에서는 검출되지 않았고 10~15cm에서는 약 60%, 20~25cm에서는 약 20% 감소되었다고 하였고, 清水 等(1986)은 시금치 시들음병을 일으키는 병원균, 오이 덩굴쪼김병의 병원균, 무 시들음병의 병원균을 접종하여 토양깊이 10cm와 20cm에서 처리 후 10일마다 토양 시료를 채취하고 각 병원균 수를 조사한 결과 피복을 하였을 경우 토양 깊이 10cm에서 처리 10일 이후에는 검출되지 않았고, 토양 깊이 20cm에서는 처리 후에도 검출되었지만 처리 전의 균량에 비해 1/10~1/20로 감소했다고 하였다.

표 2. 태양열 토양소독 처리에 의한 토양미생물 밀도 변화

구 분	<i>F.oxysporum</i> ($\times 10^2$ /g soil)		사 상 균 ($\times 10^5$ /g soil)		방 선 균 ($\times 10^4$ /g soil)		세 균 ($\times 10^4$ /g soil)	
	처리전	처리후	처리전	처리후	처리전	처리후	처리전	처리후
	P.E 필름멀칭	6.0	1.0	14.0	5.0	1.5	21.0	19.0
대 조 구	5.5	3.0	14.5	19.0	2.5	6.5	20.5	21.5

3. 병원균의 멸살온도

양배추시들음병(萎黃病)균의 사멸온도를 조사하기 위하여 병원균을 분리 배양하여 온도 처리별로 조사한 결과는 표 3과 같았다.

실온에서는 5일 후와 30일 후의 분리 정도에 큰 차이가 없었으나 35℃ 처리구에서는 처리 전에 $150 \times 10^3/g$ soil이었는데, 처리 5일 후 $19 \times 10^3/g$ soil로 균의 밀도가 감소하였으며, 처리기간이 길어질수록 점점 더 밀도가 줄어들었다. 40℃에서는 처리 10일 후부터, 45℃ 이상에서는 처리 5일 후에도 균이 분리되지 않은 것으로 보아 온도의 영향이 크게 작용함을 알 수 있었다. 따라서 양배추시들음병(萎黃病)균 밀도는 35℃ 온도에서 시간이 지속될수록 점차 감소되는 것으로 나타나 平野 等(1996)의 보고와 일치하였다. 그러나 이것은 일정하게 온도가 유지된 상태에서 나타난 결과이므로 실제 포장에서는 다소 차이가 있을 것으로 사료되었다. 즉 병원균이 토양깊이별 존재형태는 토양깊이 10~15cm까지 많이 분포하며 25cm까지도 분리되는(福井 等, 1981, 清水 等, 1986) 예가 있다고 하였으므로 재배포장에서 균 사멸에 필요한 적산온도 등 여러 가지 조건에 대해서도 검토가 이루어져야 할 것으로 사료되었다.

표 3. 처리온도에 따른 *Fusarium oxysporum* 균 밀도의 변화

처리온도	처리일수	<i>Fusarium oxysporum</i> 균 밀도($\times 10^3$ /g soil)						
	처리전	5일후	10일후	15일후	20일후	25일후	30일후	
실온	150	154	86	115	116	168	110	
35℃	150	19	11	12	7	0	0	
40℃	150	0.6	0	0	0	0	0	
45℃	150	0	0	0	0	0	0	
50℃	150	0	0	0	0	0	0	
55℃	150	0	0	0	0	0	0	

平野 等(1996)은 토양 중의 유주자나 난포자에 대해 열처리 효과를 검토한 결과 유주자는 35℃에서 5시간 이상 난포자는 40℃에서 15시간 이상 유지되었을 때 사멸한다고 보고하였고, 小玉 等(1979년)은 딸기위황병균의 사멸에 요하는 처리방법과 기간 그리고 딸기위황병균의 생존형태별 처리온도와 기간에 대하여 연구하였는데 딸기위황병균은 45℃에서 24시간 이내 처리하면 사멸하여 이병주는 3일 이병토는 6일간 검출되지 않았고 40℃처리 이병토에서는 20일 후에도 병원균의 생존을 확인하였다. 이들은 태양열과 하우스 밀폐처리에 의한 토양소독법에 대하여 연구하면서 하우스를 밀폐하고 지표면에 P.E 필름멀칭과 담수 등으로 지온을 상승시킨 결과 토양소독은 가능하지만 토양 병원균이 아주 깊은 곳까지 분포되어 있을 때에는 뜨거운 토양온도가 미치지 못하므로 태양열 토양소독은 병원균의 종류별 적용 범위를 밝힐 필요가 있다고 하였으므로 이 점 또한 앞으로 더욱 연구하여야 할 부분으로 생각되었다.

그림 2는 양배추시들음병을 일으키는 병원균(*F.oxysporum*)의 포자 현탁액을 PDA배지에 넣고 20, 28, 45℃로 조절한 항온기에서 72시간 배양한 후 포자의

발아상태를 조사한 결과이다. 병원균 포자가 20℃와 28℃에서는 양호하게 발아하여 자랐지만 45℃에서는 잘 자라지 못하였다. Walker와 Smith(1930)는 28℃의 지온에서 시들음병 발병지수가 가장 높게 나타났다고 하였는데 본 시험 결과 병원균이 잘 자라는 온도와 일치하였다. 양배추시들음병을 일으키는 병원균이 가장 좋아하는 생육최적온도가 27℃ 정도이고 자랄 수 있는 범위의 생육온도는 7~35℃라고 알려져 있는데, 이번 시험 결과에 비추어 볼 때 태양열에 의하여 지온을 높게 유지할 수 있다면 효과적으로 시들음병을 억제할 수 있을 것으로 사료되었다.

그림 3은 토양을 높은 온도로 열처리하였을 때 양배추시들음병 발생을 억제할 수 있는지 알아보기 위하여 실험실 실내에서 실시한 결과이다. 우선 열처리의 효과를 알아보기 위하여 비닐포트에 양배추시들음병을 일으키는 병원균 현탁액을 섞은 흙을 넣고 45℃의 항온기에 1~7일간 처리한 다음 꺼내어서 양배추 묘종을 심고 관찰하였다. 병원균을 섞은 흙이 들어있는 비닐포트를 실내에 그대로 두었던 것을 대조구로 하였으며 양배추 묘종은 병에 잘 걸리는 품종인 '사계확'으로 하였고 생육상태가 비슷한 것을 사용하였다. 관찰 결과 7일 후에 열처리를 하지 않은 비닐포트에 심은 양배추는 노랗게 변하기 시작하였고, 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. 이와 같은 결과로 높은 온도를 계속적으로 유지하면 병원균이 활동을 잘하지 못한다는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 실제 재배를 하는 포장에서는 45℃ 정도의 온도를 며칠 동안 연속적으로 유지하기가 곤란하기 때문에 비닐 멀칭하는 기간을 충분히 늘려 효과를 높일 필요가 있을 것으로 사료되었다.

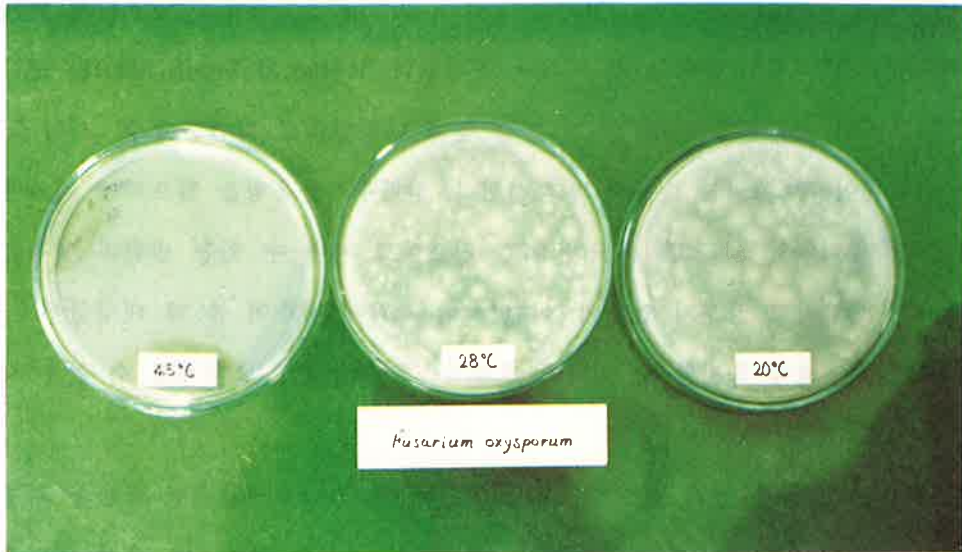


그림 2. 양배추시들음병균 *Fusarium oxysporum*의 처리온도에 따른 포자 발아 상태
(왼쪽 : 45°C 72시간, 가운데 : 28°C 72시간, 오른쪽 : 20°C 72시간)

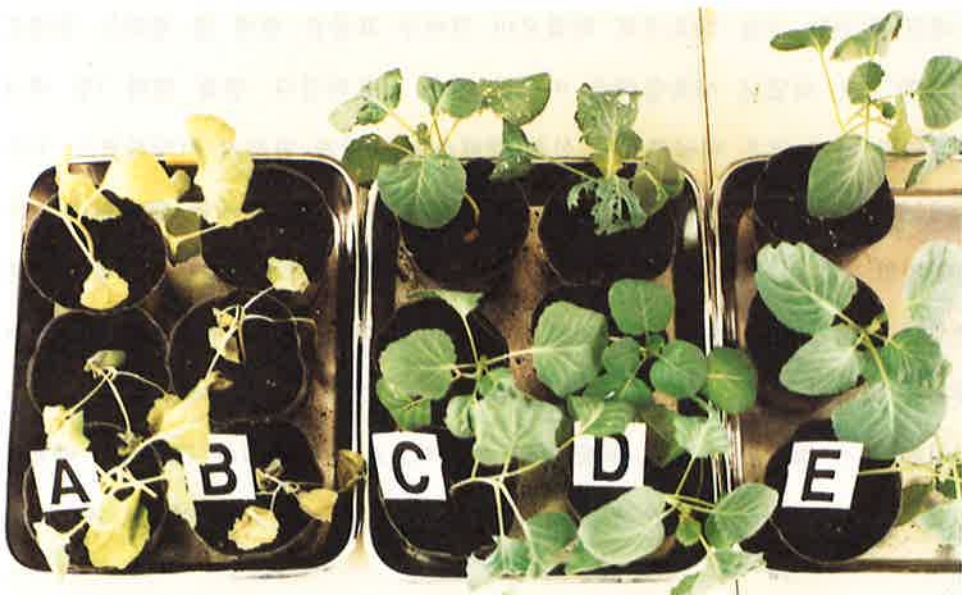


그림 3. 토양의 열처리에 의한 양배추시들음병 발병 억제 효과
(A:무처리, B:45°C 1일간, C:45°C 3일간, D:45°C 5일간, E:45°C 7일간)

제 4 절 적 요

1. 시들음병에 걸린 양배추에서 분리한 병원균은 *Fusarium oxysporum* 균의 형태적 특성인 균사의 색깔과 분생 포자의 모양 및 크기가 비슷하여 *Fusarium oxysporum* 균으로 동정되었다.
2. 양배추시들음병(萎黃病)을 일으키는 *Fusarium oxysporum* 균의 밀도를 시기별로 조사한 결과 지온이 높았던 P.E 필름멀칭 후 터널구에서 토양소독제인 Dazomet 사용 후 P.E 필름멀칭구와 마찬가지로 처리 후 병원균이 분리되지 않았다.
3. 양배추시들음병(萎黃病)균은 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 전혀 분리되지 않았다.
4. 양배추시들음병(萎黃病)균을 접종한 토양을 45℃ 항온기에서 1, 3, 5, 7일간 열처리한 후 양배추를 심은 결과 3일간 이상 처리구에서는 양배추시들음병이 발병하지 않았다.

제 5 절 참 고 문 헌

1. Elad, Y. Katan, J. and Chet, I. 1980. Physical, Biological, and Chemical Control Intergrated for Soilborne Diseases in Potatoes. *Phytopathology* 70.: 418~422.
2. Grinstein, A. Elad, Y. Katan, J. and Chet, I. 1979. Control of *Sclerotium rolfsii* by Means of Herbicide and *Trichodema Harzianum*. *Plant Disease Reporter* 63.: 823~826.
3. Grinstein, A. Katan, J. and Abdul Razik, A. Zeydan, O. and Elad Y. 1979. Control of *Sclerotium rolfsii* and Weeds in Peanuts by Solar Heating of the Soil. *Plant Disease Reporter* 63.: 1056~1059.
4. 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ハウス密閉處理による土壤溫度の變化. 奈良縣農業試驗研究報告 10.: 71~82.
5. 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效果と效果判定基準の設定. 奈良縣農業試驗研究報告 10.: 83~92.
6. 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. 奈良縣農業試驗研究報告 11.: 41~52.
7. 小玉孝司・福井俊男. 1982. イチゴ萎黄病に對する露地型太陽熱土壤消毒法の適用. *日本植物病理學會報* 48(5) : 699~701.

8. 小玉孝司・福井俊男. 1982. ハウス密閉処理による太陽熱土壌消毒法について V. 萎黄病防除に對する適用 日本植物病理學會報 38(5) : 570~577.
9. 福井俊男・小玉孝司・中西喜徳. 1981. 太陽熱とハウス密閉処理土壌消毒法について IV 露地型被覆処理による土壌傳染性病害虫に對する適用擴大. 奈良縣農業試驗研究報告 12: 109~119.
10. 平野哲司・中込暉雄・瀧本雅章・大澤梅雄・金原義浩. 1996. 太陽熱消毒による濕地性カラ-疫病の防除. 愛知農總試研報 28: 241~246.
11. 猪坂律次. 1985. 太陽熱利用による露地の土壌病害蟲對策. 今月の農業 29(4): 108~109
12. 濟州道農業技術院.1998.濟州道の農業概觀
13. 全國農村教育協會. 1979. 野菜の病害蟲診斷と防除. : 271~273.
14. Katan, J. Fisher, G. and Grinstein, A. 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.
15. 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. 太陽熱利用による土壌病害蟲防除對策,特に關東東山東海地域連絡試驗として:135~146.
16. 北田幹夫. 1997. 太陽熱土壌消毒による夏播きホンソウの安定栽培技術. 農業および園藝 72(2): 295~298.
17. 李禹升.1994.韓國의菜蔬. 慶北大學校出版部

18. Moorman, G, W. 1982. The Influence of Black Plastic Mulching on Infection Rates of Verticillium Wilt and Yield of Eggplant. *Phytopathology* 72.: 1412~1414.
19. 宮本重信・小玉孝司. 1995. 太陽熱を利用した土壌消毒の開発普及. *農業技術* 50(3): 8~11.
20. 野々山芳夫. 1996. 微生物活用技術の展開方向. *日本土壌肥料学雑誌* 67(6): 726~730.
21. 農林統計年報. 各年度. 農林部
22. 農村振興廳. 1996. 標準營農教本(22). 菜蔬栽培 : 198~199.
23. 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 Soilborne Plant Pathogens. *Phytopathology* 71.: 959~961.
24. Snyder, W.C. and H.N. Hansen. 1940. The species concept in *Fusarium*. *Amer. Jour. Bot.* 27.: 64~67.
25. Springer, J. K. and Johnston, S. A. 1982. Black Polyethylene Mulch and *Phytophthora* Blight of Pepper. *Plant Disease* 66.: 281.
26. 清水寛二. 1987. 太陽熱消毒と薬剤施用およびマルチ継続栽培の組み合わせによる露地野菜の土壌病害 防除. *今月の農業*.: 38~44.

27. 清水寛二・川田和. 1986. 太陽熱利用による水田轉換炯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.
28. 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炯露地野菜の土壤病害防除に関する研究(第2報). 滋賀縣農業試験場 研究報告 28.: 7~21.
29. 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炯露地野菜の土壤病害防除に関する研究(第3報).滋賀縣農業試験場 研究報告 28.: 23~30.
30. Walker,J.C.and R.Smith. 1930. Effect of environmental factors upon the resistance of cabbage to yellows. Jour.Agr.Res.41. pp. 1~15