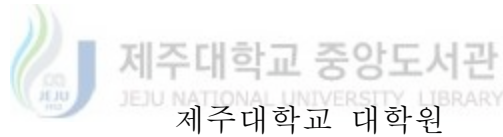


석사학위논문

양배추 시들음병균 *Fusarium oxysporum* f. sp.
*conglutinans*의 특성과 품종별 저항성 검정



원 예 학 과

고 순 보

1998年 12月

양배추 시들음병균 *Fusarium oxysporum* f. sp.
*conglutinans*의 특성과 품종별 저항성 검정

지도교수 박 용 봉

고 순 보



이 논문을 농학석사학위 논문으로 제출함

1998年 12月

고순보의 농학석사학위 논문을 인준함

심사위원장 _____

위 원 _____

위 원 _____

제주대학교 대학원

1998년 12월

Characteristics of Cabbage Yellows
(*Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*)
and Test of Cultivar Resistance.

Ko, Sun-Bo

(Supervised by Professor Park, Yong-Bong)



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

DEPARTMENT OF HORTICULTURE
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

Summary	-----	1
I. 서 언	-----	3
II. 연 구 사	-----	5
III. 재료 및 방법	-----	8
1. 양배추 시들음병균(<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>conglutinans</i>)의 생리적 특성		
2. 양배추 품종별 저항성 검정		
3. 이병지 토양에서의 품종별 저항성 검정		
IV. 시 험 결 과	-----	11
1. 양배추 시들음병균(<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>conglutinans</i>)의 생리적 특성		
2. 양배추 품종별 저항성 검정		
3. 이병지 토양에서의 품종별 저항성 검정		
V. 적 요	-----	31
VI. 참 고 문 헌	-----	32

Summary

This study was conducted to identify the physiological characteristics of *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* Which causes cabbage yellows and to select resistant cultivars in Cheju Province Which produces nearly half the cabbage in Korea.

Damage caused by cabbage yellows disease has been rapidly increasing in recently. The fungal pathogen *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* was isolated from the stem of fusarium-infected cabbage plants in September 1996 in the Hallim area which has been the major production region of cabbage in Cheju Province for thirty years. The microconidia were oval-ellipsoid cylindrical or slightly curved, and their size was between 6.0 and 10.4 μm in length and between 3.0 and 3.6 μm in diameter. The shape of microconidia was apex-hooked or cylindrical having generally three septates, and their size was between 21.0 and 30.4 μm in length, and between 3.1 and 4.8 μm in diameter. Their colonies showed delicate white color on culture media. The mycelial growth was optimum at 28°C, and pH 5.0, and PDA (potato dextrose agar) medium showed better mycelial growth than other media.

In the inoculum test of cabbage seedlings in plastic film house and also in the open field, 20 entries were examined for their resistance. The cultivars 'YR-Kogetsu', 'Akiyu', 'Asasio', 'Ayahikari', 'Ayakaze', 'Daewall', 'Enchorong', 'HN97-350', 'HN97-397', 'Kanmei', 'Kosui', 'Savoy Ace' and 'Yorei-41-Go' showed resistance. And among the resistant cultivars, 'YR-Kogetsu', 'Asasio', 'Daewall', 'Enchorong' and

'Kanmei' showed lower rates of head-cracking and higher marketable yields.

Cultivars that are susceptible to cabbage yellows showed symptoms of vascular plugging, vascular browning and cell collapse in the xylem vessels of infected roots and stems. And with the advance of cabbage yellows disease, infected leaves recorded a rapid decrease of chlorophyll content showing brown to yellow color. But in resistant cultivars, chlorophyll contents showed no difference between inoculation and noninoculation treatments.



I. 서 언

우리나라의 양배추 재배면적은 '97년 4,572ha로서 지난 15년간 2배의 면적 증가추세를 보이고 있으며 금후 생산량 및 소비량은 계속 증가할 것으로 예상된다.

양배추는 호냉성 채소로서 각 지역에 알맞는 재배작형이 분화되어 있어 주년재배가 가능하며 제주도의 경우에는 8월 중순에 파종하여 12월부터 이듬해 3월 추대 직전까지 출하하는 월동재배작형이 주종을 이루고 있다. 제주도의 양배추 재배면적은 1,373ha로 전국의 30%, 생산량은 64,896톤으로 전국생산량의 35%를 차지하고 있어 그 비중이 매우 높다(農林部, 1998).

제주도의 월동채소는 지역별로 주산단지를 형성하여 재배되고 있으며 마늘의 경우 翰京과 大靜지역, 당근은 舊左와 城山지역, 양파는 翰林, 양배추는 翰林과 涯月지역으로 재배지가 구분되어 있다. 주산단지에서 양배추가 재배되기 시작한 것은 약 30년전 부터이며 최근 계속된 연작으로 인한 검은썩음병(*Xanthomonas campestris* pv. *campestris* Pamm. Dows.) 뿌리썩음병(*Rhizoctonia solani* Kühn) 등의 병해 발생이 심하며 3~4년 전부터는 양배추의 잎이 노랗게 황화되면서 고사하는 시들음병(*F. oxysporum* f. sp. *conglutinans*)이 심하게 발생하고 있으며 심한 경우에는 생산을 중단하는 농가가 발생하고 있다.

양배추의 시들음병은 1800년대 말 미국의 동부지역에서 처음 발견되었으며, 일본에서는 1952년에 처음 발생된 후 1967년 경부터 일본의 전지역으로 확산 되었는데 특히 여름수확과 여름 파종재배지에서 많이 발생하고 있다(全農會, 1979).

양배추 시들음병은 여름철 재배나 연작지에서 주로 발생하므로 파종기의 조절, 윤작, 토양소독 등과 같은 경종적 방제수단을 고려해 볼 수도 있지만 온난한 기후를 이용하여 월동재배를 하고 있는 제주도의 경우 정식기를 조절하기 힘들며, 토양소독의 경우에는 많은 노력과 경비가 소요되므로 저항성 품종을 이용하는 방법이 가장 효과적이고 확실한 방제수단

(Booth, 1971)이 될 것이다.

제주지역의 양배추 재배품종 분포는 ‘晩秋理想’ 55%, ‘YR湖月’ 32%, ‘四季穫’ 8%의 비율로 재배되고 있는데 이 중 ‘晩秋理想’ 품종과 ‘四季穫’ 품종이 시들음병에 매우 약하여 이를 대체할 수 있는 품종의 개발이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구는 시들음병에 감염된 양배추에서 *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* 균을 분리하고 이 병원균의 형태적인 특성 및 생리적인 특성을 조사한 후 이 병원균에 저항성이 강하면서 제주지역 재배작형에 적합한 품종을 선발하자 시험을 실시하였다.



II. 연구사

양배추의 시들음병은 1800년대 말 미국의 동부지역에서 처음 발견된 이후 미국의 양배추 농가에 막대한 피해를 주었으며, 일본에서는 1952년에 최초로 발생된 후 1967년 경 부터는 일본의 전지역에서 발생되기 시작하여 이의 심각성이 대두되었고(全農會, 1979), 우리나라에서는 3~4년 전부터 발생되었을 것으로 추정하고 있으나 제주지역의 발생은 '96년에 처음 보고되었으며(홍 등, 1996; 이 등, 1996) '97년에는 강원도에서도 발생되었다는 보고(이 등, 1997)가 있다.

Fusarium oxysporum f. sp. *conglutinans*는 양배추를 비롯한 배추과 식물에 광범위하게 시들음병을 일으킨다고 보고되어지고 있다. 양배추 (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*), 케일(*B. oleracea* L. var. *acephala* DC. Alef), 방울다다기양배추(*B. oleracea* L. var. *gemmifera* Zenk), 꽃양배추(*B. oleracea* L. var. *botrytis*), 녹색꽃양배추(*B. oleracea* L. var. *italica* Plen), 순무(*B. campestris* L. ssp. *rapifera*), 갯(*B. juncea* L. Czern.), 유채(*B. napuss* L.), 배추(*B. campestris* L. ssp. *pekinensis* Lour. Rupr.) 가든크레스(*Lepidium sativum* L.), 스토크(*Matthiola incana* R. Br.)와 무(*Raphanus sativus* L.) 등에 감염된다고 기록되어 있으며 아프리카, 아시아, 오세아니아, 유럽, 아메리카 등의 세계 각국에서 보고되고 있다(Booth, 1971).

*F. oxysporum*은 넓은 기주범위를 지니고 있어 많은 작물의 도관을 침입해 시들음병을 일으키고 후막포자로 토양중에 생존하는 주된 전염성 병원균으로 알려져 있다. 그러나 종내 각각의 병원성 strain들은 서로 다른 한정된 기주범위를 지니고 있기 때문에 *F. oxysporum*의 분류에 있어서는 특정기주에 대한 병원성에 따라 Snyder와 Hansen(1940)에 의해 *Formae speciales*로 분류되어, 토마토에 시들음병을 일으키는 *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, 박과채소에 덩굴쪄짐병을 일으키는 *F. oxysporum* f. sp. *melonis*, 수박에 덩굴쪄짐병을 일으키는 *F. oxysporum* f. sp. *niveum*, 딸기에 시들음병을 일으키는 *F. oxysporum* f. sp. *fragaria*, 양배추에 시들

음병을 일으키는 *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* 등 25종이 명명되었다. 그러나 Armstrong 등(1953)은 양배추와 무, 스토크에 감염되는 시들음병은 *F. oxysporum*과 다른 균이라고 분류하고 감염형에 따라 *F. conglutinans*로 명명하여 양배추 시들음병균은 *F. conglutinans* race 1, 무 시들음병균은 race 2, 스토크 시들음병균은 race 3으로 분류할 것을 제안하였다. 한편 Pound와 Fowler(1953)는 양배추 시들음병균은 *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* race 1, 무 시들음병균은 *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* race 2, 스토크 시들음병균은 *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* race 3으로 분류할 것을 제안하였다. 그 후 Armstrong 등(1965)은 미국의 New York지역에 재배되는 스토크에서 분리한 균의 병원성이 *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* race 3과 다른 것을 확인하고 이를 *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* race 4로 명명하였으며 그 후 Raimrez-Villpadua 등(1985)에 의해 type A 저항성 양배추를 감염시키는 병원균을 분리하여 race 5로 명명하였다.

양배추 시들음병의 첫번째 병징은 잎의 황화증세로 하부엽이 우선 병의 징후를 보이고 점차적으로 상부엽으로 진전되어 병징이 나타난다. 황화되었던 조직은 갈색으로 변하고 물러져서 결국은 죽게 되며, 잎도 조기 낙엽되고 식물체는 성장이 억제되며 도관이 변색된다. 병원균은 식물체의 목질부에서 발육을 하며 주위 조직을 침입 하는데 이러한 상태가 되면 식물체는 고사하게 된다(Peterson 과 Pound, 1960).

이 병의 발생은 온도와 관계가 깊은데 병원균은 배지상에서 7~35℃의 범위에서 생육이 가능하나 생육적온은 26~30℃이다. 지온이 23℃ 이상이 되면 많이 발생하며 가장 심하게 발생하는 온도는 27~28℃이고 17℃ 이하의 저온에서는 거의 발생하지 않는다(全農會, 1979). Walker와 Smith(1930)는 지온 18~33℃에서의 병 발생 실험을 한 결과 발병지수가 28℃에서 가장 높게 나타났으며 18℃ 이하와 33℃ 이상에서는 발병지수가 현저히 저하한다고 보고하였다. 병원균이 침투해서 발병시까지의 기간은 지온에 따라 달라지는데 20℃에서 26일, 25℃에서 17일, 28℃에서 12일, 30℃에서는 7일이 소요된다고 하였다(全農會, 1979).

*Fusarium*속 병원균의 방제방법으로는 토양소독에 대한 연구결과도 상당히 많으며 岡本 등(1970)과 加藤 등(1971) 및 李(1969)는 chloropicrin에 의한 토양소독이 시들음병에 방제 효과가 있다고 보고하였고, 吉野과 橋本(1973)는 Benomyl제의 관주처리도 효과가 있다고 하였다.

그러나 Jones와 Gilman(1915)은 시들음병 방제에 대한 실험에서 약제에 의한 토양소독은 효과가 있으나 노력과 비용이 많이 들어 불합리하다고 하였다.

양배추 시들음병 저항성 품종육종에 대한 연구는 미국 Wisconsin주에서 처음 시작되었으며 Jones(1914), Walker(1933), Anderson(1933) 등 여러 연구자들에 의해 저항성 품종에 대한 연구가 이루어졌다. 저항성 품종의 예로는 'Badger Ballhad'가 있으며, 이 품종은 'Wisconsin Ball'과 'Wisconsin Hollander'의 교잡육종에 의해 만들어졌다(C.M.I. 1970).

양배추 시들음병 저항성에는 A type 과 B type의 두가지 유형이 있는데 A type 저항성은 단인자 우성유전을 하며 온도 등의 환경조건에 관계 없이 높은 저항성을 나타낸다. 그러나 B type 저항성은 20℃ 이하에서는 높은 저항성을 나타내지만 25℃ 이상의 고온에서는 높은 비율로 발병해서 다인자의 지배를 받는다고 보고하였다(全農會, 1979).

Walker(1930)와 송 등(1996) 및 서 등(1991)은 저항성 유전의 특성에 대한 연구에서 저항성 품종과 이병성 계통을 양친으로 하는 F₁에서는 저항성 계통과 동등한 저항성을 나타내었고, F₂세대에서는 저항성과 이병성이 3 : 1로 분리하였으며, F₁과 이병성 계통을 여교잡한 경우에는 1 : 1로 분리하여 양배추 시들음병 저항성은 단인자 우성유전자에 의하여 지배된다고 보고하였다.

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 양배추 시들음병균(*Fusarium osporum* f. sp. *conglutinans*)의 생리적 특성

1.1 병원균 분리

1997년 제주도 북제주군 한림읍 지역에서 시들음병 증세를 보이는 줄기와 뿌리를 채집하여 병원균을 분리하였다. 이병주의 조직을 멸균수로 2회 세척한 다음 줄기와 뿌리를 0.5cm 정도의 크기로 절단하여 1% 차아염소산나트륨(NaOCl)으로 1분간 표면살균한 후 직경 8.7cm의 Petri dish에 부은 WA(water agar) 배지 위에 올려놓고 25℃ 항온기에서 5일간 배양한 다음 PDA(potato dextrose agar) 배지에 이식하여 5일간 배양하였다. 배양된 균사는 PDB(potato dextrose broth) 배지에서 진탕배양(110rpm, 28℃, 4일)하여 ‘四季穫’ 양배추에 접종한 다음 병원성을 확인한 후 병원균을 WA배지에서 재분리 하였으며, PDA배지에 이식하여 25℃ 항온기에서 15~20일간 배양하면서 생성된 소형 분생포자와 대형 분생포자의 형태 및 크기를 광학현미경 400배 하에서 관찰하여 Snyder와 Hansen(1940)의 분류체계와 비교하였다.

1.2 병원균 배양온도

양배추 시들음병에 감염된 양배추의 잎에서 분리한 병원균의 특성 조사는 생육온도를 알기 위하여 PDA배지상에서 25℃로 5일간 배양한 균사의 선단을 직경 5mm의 cork borer로 잘라서 직경 9cm의 Petri dish에 준비된 PDA배지 중앙에 이식한 다음 온도를 22, 24, 26, 28, 30, 32℃로 조절된 항온기에서 120시간 배양한 후 온도별 균사생장량을 조사하였다.

1.3 병원균 배양pH

배지의 pH별 병원균 군사형성량을 조사하기 위하여 PDA배지를 조제하여 살균전에 인산완충용액으로 pH를 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0으로 조정 한 다음 28℃ 항온기에서 4일간 배양한 후 군사생장량을 측정하였다.

1.4 병원균 배양배지 선발

배지별 군사형성량을 조사하기 위하여 PDA(potato dextrose agar), NA(nutrient agar), TSA(tryptic say agar), RBA(rose bengal agar), OMA(oat meal agar), CMA(corn meal agar), PA(pepton agar), MA(malt agar), MSA(mannitol salt agar), YMA(yeast malt agar)를 조제하여 120℃에서 20분간 살균하고 직경 8.7cm Petri dish당 20ml를 넣어 균한 후 군사선단 5mm를 cork borer로 잘라서 이식하여 28℃ 항온기에서 4일간 배양한 후 군사생장량을 측정하였다.

1.5 약제에 의한 군사 생장억제 효과

약제방제 가능성을 검정하기 위하여 Toclofos-metyl 수화제, Fluazinam 수화제, Dimethorph 수화제, Benomyl 수화제, Iprodione 수화제, Tebuconazole 수화제를 이용하여 군사 생장억제 길이를 측정하였다.

*Fusarium*균을 직경 5mm의 cork borer로 잘라서 PDA배지를 부은 8.7cm의 Petri dish에 올려 놓고, 직경 5mm paper disk에 공시약제를 0.3ml씩 적신 후 군사주변에 4개씩 대칭되게 넣어 6일 후 군사생장 억제효과를 측정하였다.

2. 양배추 품종별 저항성 검정

분리한 *Fusarium*균을 PDB배지에 진탕배양(110rpm, 25℃, 4일간)하여 배양액을 원심분리(6,000g, 10min)한 후 침전된 포자만을 수세, 재원심분리한 다음 회수하였다. 얻어진 포자는 멸균수에 희석하여 1×10^6 conidia/ml로 밀도를 조정 한 후 접종원으로 사용하였다.

접종시험에 공시한 양배추 36계통을 살균된 토양(바로커 상토)이 담긴 72공 plug tray에서 2주간 생육시킨 후 유묘를 살균된 토양이 담긴 32공 plug tray에 이식하면서 포자현탁액 5ml씩을 관주 접종하였고 대조구는 멸균수를 사용하였다. 병원균이 처리된 양배추는 비닐하우스(실내온도 20~35℃)에 옮겨 재배하면서 발병정도를 조사하였고 chlorophyll meter (SPAD-502, Minolta)를 이용하여 엽록소 함량을 조사하였다. 병원균 접종 후 4일 간격으로 25일간 조사하였으며 이병정도의 조사기준은 송 과 김(1996)의 방법에 의거하여 1 : 건전한 것, 3 : 자엽이 시들고 황변하기 시작한 것, 5 : 자엽은 완전히 시들고 본엽이 황화되기 시작한 것, 7 : 본엽이 황변하여 시들고 낙엽된 것, 9 : 고사한 것으로 나누어 조사하였으며, 접종 25일 후 계통당 20개체에 대한 이병주율을 조사하였다.

3. 이병지 토양에서의 품종별 저항성 검정

제주도의 주재배작형인 1~3월 생산이 가능한 양배추를 선발하기 위하여 1970년 경부터 양배추를 연작해온 제주도 북제주군 한림읍 수원리 지역에서 시들음병이 매년 심각하게 발생하는 곳을 선정하여 포장시험을 실시하였다.

양배추 20계통을 128공 plug tray에 8월 5일 파종하여 육묘한 후 9월 5일에 이랑너비 65cm, 주간거리 45cm로 정식하였고, 시험구는 난피법 3반복으로 배치하였으며 시비량은 농촌진흥청 시비기준에 준하여 사용하였다.

정식 4주 후 시들음병 발병율을 조사하였으며 1월부터 3월까지 월 1회 수확하여 구의 특성을 농촌진흥청 조사기준에 따라 조사하였다.

IV. 시 험 결 과

1. 양배추 시들음병균(*Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*)의 생리적 특성

양배추 시들음병 발병지에서 병에 감염된 식물체로부터 분리한 *F. oxysporum* 균의 형태적인 특성은 표 1과 같다. 균사의 빛깔은 흰색이었으며 소형 분생포자의 형태는 타원형이거나 원통형 모양을 하고 있었고 끝은 것에서부터 약간 구부러진 것이 있었으며 포자의 평균길이는 6.0~10.4 μ m, 폭은 3.0~3.6 μ m였다. 대형 분생포자는 *Fusarium*균의 전형적인 특징인 낫 모양을 하고 있었으며 일반적으로 3개의 격막을 가지고 있었고 평균길이는 21.0~30.4 μ m, 평균폭은 3.1~4.8 μ m였다. 이상의 결과로 보아

Table 1. Morphological characteristics of *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* isolated from infected cabbage stem

Division	Characteristics	Snyder & Hansen(1940) ^z
Mycelium	Delicate white colors	Delicate white or peach
Microconidia		
Shape	Oval-ellipsoid cylindrical, straight to curved	Oval-ellipsoid cylindrical, straight to curved
Size	6.0~10.4×3.0~3.6 μ m	5.0~12.0×2.2~3.5 μ m
Macroconidia		
Shape	Hooked apex or cylindrical, generally 3 septates	Hooked apex, generally 3~5 septates
Size	3 septate : 21.0~30.4×3.1~4.8 μ m	3 septate : 27~46×3~5 μ m (Mostly 27~46×3~4.5 μ m) 5 septate : 35~60×3~5 μ m 6-7 septate : 50~66×3.5~5 μ m

^z C.M.I. Description of Pathogenic Fungi and Bacteria No.213.

양배추에서 분리된 균주는 Snyder와 Hansen(1940)이 분류동정한 *F. oxysporum*의 형태적인 특성인 균사의 색, 소형 분생포자의 형태와 크기, 대형 분생포자의 모양과 크기가 일치하였다.



Fig. 1. Microconidia(MI) and macroconidia(MA) of *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* isolated infected cabbage stem($\times 400$).

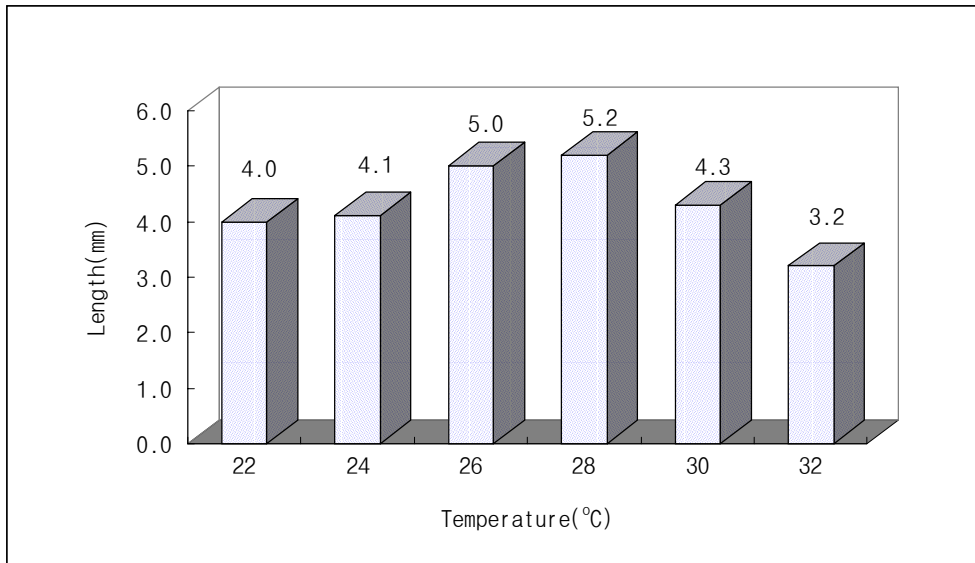


Fig. 2. Length of mycelial growth of *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* on PDA media at different temperature.

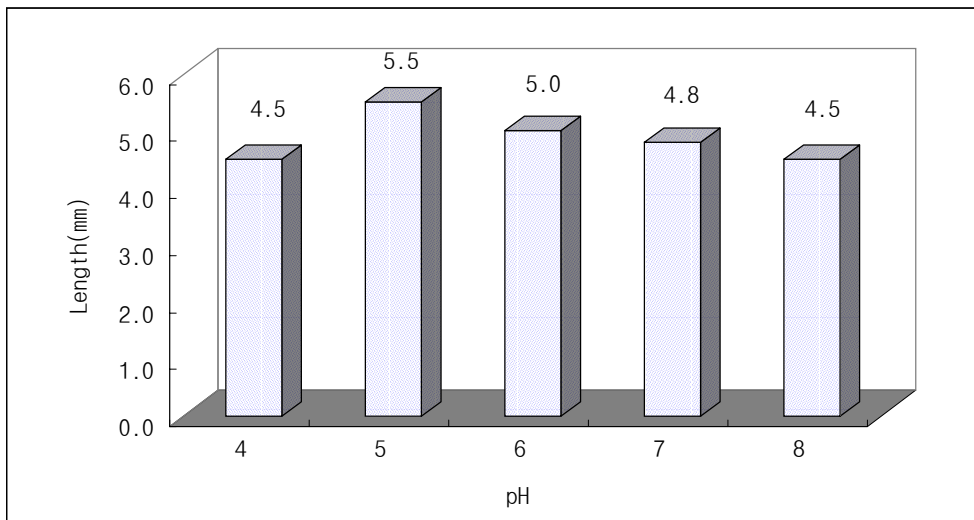
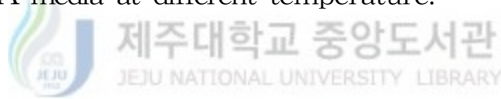


Fig. 3. Length of mycelial growth of *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* on PDA media at different pH incubated at 28°C.

PDA배지에서 5일간 배양된 온도에 따른 *Fusarium*의 균사 성장량을 조사한 결과 그림 2에서와 같이 22~32℃ 범위에서 균사의 생장이 가능했지만 28℃에서 균사의 1일 성장량이 5.2mm로 가장 양호하였고 30℃ 이상의 고온과 25℃ 이하의 저온에서는 성장속도가 느려졌다. Walker와 Smith(1930)는 28℃의 지온에서 시들음병 발병지수가 가장 높게 나타난다고 하였는데 본 시험결과인 균사의 성장 최적 온도와 왕성한 발병 온도가 일치하였다.

배양 배지의 산도(pH)에 따른 *Fusarium*의 균사성장량은 그림 3에서와 같이 pH 4에서 8까지 균사 생장이 가능하였고, 그 중 pH 5.0에서 균사의 1일 성장량이 5.5cm로 가장 잘 자라는 경향이였다. Tims(1926)는 수소이온농도에 대한 배지실험에서 pH 3에서 pH 9까지 균의 발육이 가능하다고 하였다. 이러한 결과로 *F. oxysporum*균이 토양의 pH에 큰 영향을 받지 않고 전염될 수 있다는 추정을 할 수 있었다.

Table 2. Effect of different media on the mycelial growth of *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* for 24hr incubation at 28℃

Media	Length of mycelial growth (mm/day)
Corn meal agar	0.5
Malt agar	4.3
Mannitol salt agar	2.6
Nutrient agar	4.0
Oat meal agar	3.9
Pepton agar	3.3
Potato dextrose agar	5.5
Rose bengal agar	4.4
Tryptic soy agar	4.9
Yeast malt agar	4.8

양배추 시들음병균이 가장 잘자라는 배지를 선발하기 위하여 PDA 배지 등 10종의 배지를 공시하여 균사 성장량을 조사한 결과는 표 2와 같다. 공시배지 모두 균사 생장이 가능하였으나 그 중에서 균사가 가장 잘자라는 배지는 PDA배지였으며 균사의 생장이 양호한 배지는 TSA, YMA, RBA배지였다. 그러나 CMA배지에서는 균사의 생장이 가장 더딘 경향이였다.

Table 3. Growth inhibition of different agricultural chemicals on the mycerial growth of *F.oxysporum* f. sp. *conglutinans* after 6 days incubation at 28°C

Agricultural chemicals	Control length of mycelial growth (mm)
Benomyl(50%) WP. 650mg/L	1
Dimethomorph(25%) WP.1000mg/L	0
Fluazinam(50%) WP.500mg/L	2
Iprodione(50%) WP.2000mg/L	0
Tebuconazole(25%) WP.1000mg/L	2.5
Tolclofos-metyl(50%) WP.2000mg/L	0
Control(Distilled Water)	0

표 3은 약제 방제 가능성을 알아보기 위하여 paper disk에 Benomyl 등 6종의 공시약제를 처리한 후 균사 성장억제 효과를 측정된 결과이다. 공시한 약제중에서 Tebuconazol(25%)수화제 1,000mg/L을 처리했을 때 균사의 성장억제 길이가 2.5mm로 가장 효과적이었으며 그 다음은 Fluazinam (50%) 수화제 500ppm, Benomyl(50%) 수화제 650mg/L 순 이었다. 그러나 그외 농약들은 전혀 균사 성장억제 능력이 없었다. 본 약제방제 시험은 배지상에서 균사의 성장억제력만을 측정된 결과이므로 토양에 감염되어 있는 병원균의 성장억제력을 알아보기 위해서는 추후 현지토양에서의 검정시험이 필요하다고 판단되었다.

2. 양배추 품종별 저항성 검정

양배추의 시들음병에 대한 품종 저항성을 알아보기 위하여 국내 및 일본에서 분양 받은 35품종을 공시재료로 양배추 시들음병 발생지인 한림읍 지역에서 분리한 *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* 균 포자 현탁액을 1×10^6 conidia/ml 농도로 조절, 5ml씩 관주 접종한 후 품종별 시들음병 발병정도 및 발병율을 조사한 결과는 표 4와 같다.

저항성 품종으로 나타난 ‘YR湖月’, ‘은초롱’, ‘대월’ 등 19품종은 시험기간 동안인 접종 후 24일까지 전혀 시들음증세 또는 황화증세를 보이지 않았으며 병에 대한 저항성을 강하게 나타내었다.

그러나 제주지역에서 많이 재배되고 있는 ‘四季穫’ 품종과 ‘Akimaki’, ‘Gokuwase 2-Go’ 등 6품종은 접종 11일 후 부터 시들음증세를 나타내기 시작하였으며 접종 17일 후에는 황화증세를 뚜렷이 나타내었다. 그리고 병원균 접종 24일 후에는 심한 괴사현상과 함께 엽병과 줄기사이에 離層이 형성되어 잎이 심하게 낙엽되는 현상을 보였다. ‘晩秋理想’ 등 6품종은 접종 13일 후 부터 시들음증세를 나타냈으며 ‘四季穫’ 품종보다는 시들음증세가 다소 느리게 나타났다.

접종 24일 후 조사개체당 발병율을 조사한 결과 병징의 차이는 다소 있었지만 이병성 품종은 100%, 저항성 품종은 0%로 품종에 따른 시들음병 발생에 뚜렷한 차이를 보였다.

송 등(1996)은 일본에서 분양받은 *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* 균주를 이용하여 접종시험을 한 결과, ‘YR湖月’은 강한 저항성을 나타냈고 ‘四季穫’은 이병성 품종으로 나타났다고 보고하였는데 본 시험에서도 같은 결과를 보였다. 그러나 ‘대통’ 품종의 경우 저항성 품종이라 보고하였는데 본 시험에서는 이병성 품종으로 나타났다. 이러한 결과는 일본에서 분리한 균주와 한림읍 수원리 지역에서 분리한 *Fusarium* 균주의 race가 다른 결과라고 추정된다. Ramirez-Villupadua 등(1985)과 유 등(1995) 및 신 등(1996)에 의하면 저항성 품종이라도 새로운 *Fusarium* 변이 균주에 의하여 저항성이 상실된다고 보고한 바 있다. 따라서 일본에서 저항성 품종으

로 육성된 품종이라도 제주지역에서 안전하게 재배되기 위해서는 저항성 검정이 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

Table 4. Symptom expression of different cabbage cultivars measured with 4 days of intervals after inoculation with conidial suspension(2×10^6 conidia/ml) of *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans*

Cultivar	Days after inoculation					Infection rate(%)
	11	13	17	20	24	
Shikidiri	3 ^z	5	7	7	9	100
YR-Kogetsu	1	1	1	1	1	0
Banchu Riso	1	3	5	7	7	100
Akimaki						
Gokuwase 2-Go	3	5	7	7	9	100
Akiyu	1	1	1	1	1	0
Asasio	1	1	1	1	1	0
Ayahikari	1	1	1	1	1	0
Ayakaze	1	1	1	1	1	0
Casiopea	1	1	1	1	1	0
Chunryong	1	3	3	5	7	100
Chuwang	3	3	5	5	7	100
Daewall	1	1	1	1	1	0
Daetong	1	3	5	5	7	100
Donwang	1	1	3	3	5	100
Dongbok	1	1	3	5	7	100
Dongpung	1	1	3	5	7	100
Dongwhan	3	5	7	7	9	100
Enchorong	1	1	1	1	1	0
Fukamidori	1	3	5	5	7	100

to be continued

Table 4. Being continued

Cultivar	Days after inoculation					Infection rate(%)
	11	13	17	20	24	
HN97-350	1	1	1	1	1	0
HN97-388	1	1	1	1	1	0
HN97-396	1	1	1	1	1	0
HN97-397	1	1	1	1	1	0
Haruhikari 7-Go	3	3	3	7	9	100
Irodori	1	1	1	1	1	0
Kanmei	1	1	1	1	1	0
Kosui	1	1	1	1	1	0
Miharu	3	5	5	7	9	100
Nulpuren	1	1	1	1	1	0
Sagunga	1	1	3	7	7	100
Savoy Ace	1	1	1	1	1	0
Woojin1ho	1	3	5	5	7	100
White Hunter	1	3	3	5	7	100
YR-Nodoka	1	1	1	1	1	0
Yorei41-Go	1	1	1	1	1	0

^zdegree of infection. 1 ; No symptom, 3 ; Wilting or slight yellowing of cotyledon, 5 ; Stunting of cotyledon and yellowing of main leaves, 7 ; Severe stunting of main leaves and severe chlorosis, 9 ; Wilt or dead, respectively.

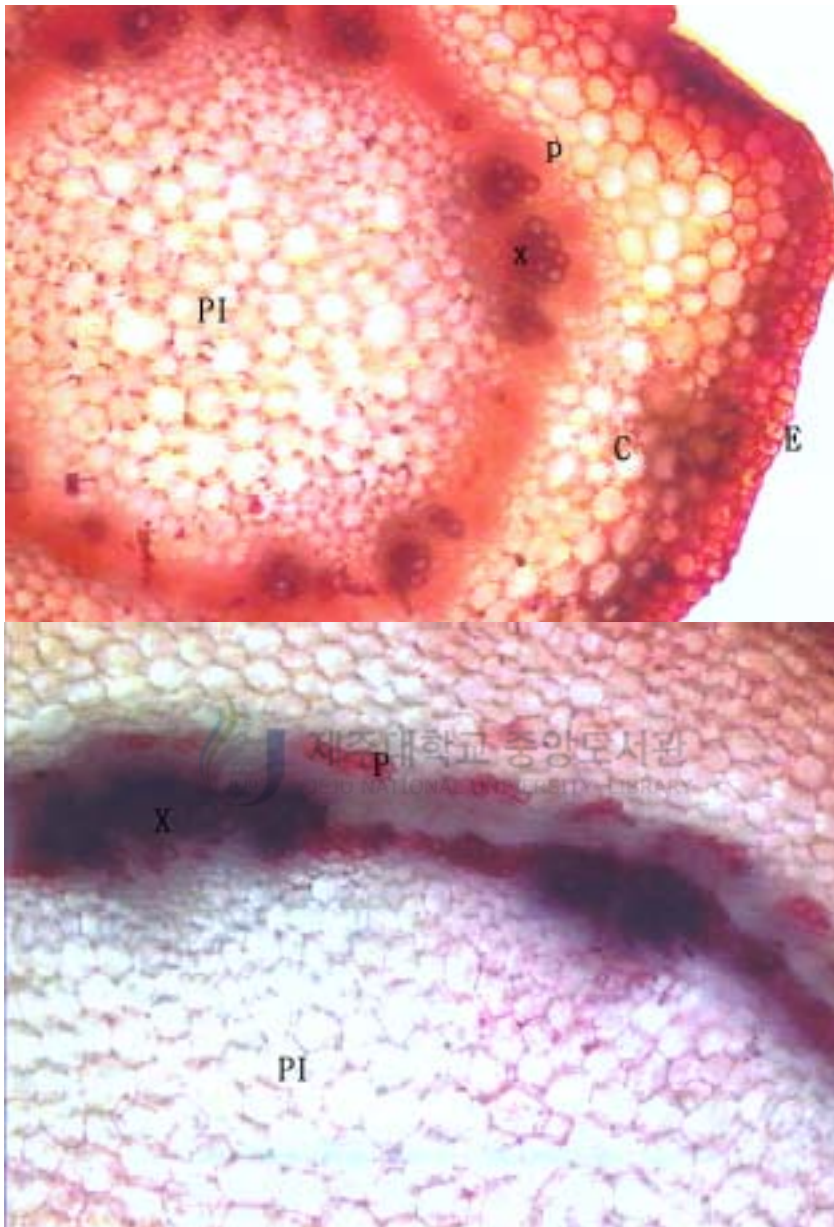


Fig. 4. Transverse hand-sections of healthy and *F. oxysporum*-infected cabbage stem at 15 days after inoculation.

Above : Pith, vascular bundle and cortex of healthy tissue

Bellow : Infected vascular bundle of cabbage stem. The xylem vassels stained black.

C : Cortex, E : Epidermis, P : Phloem, PI : Pith, X : xylem ($\times 400$).

그림 4는 *Fusarium*균을 접종시킨 후 15일째에 병원균에 감염된 '四季穫' 품종의 줄기조직을 현미경으로 관찰한 사진이다. 김(1985)과 문 등(1986)이 시들음병에 감염된 딸기 줄기조직에서 관찰한 것과 유사하게 물관부가 매우 검게 변하고 폐쇄되어 있음을 볼 수 있었다. 이러한 도관폐쇄 현상은 균사 및 분생포자 등의 직접적인 도관 폐쇄 외에도 병원균의 2차 생성물에 의한 작용에 의하여 발생하는데, Thornberry와 Ray는(1953)은 *F. oxysporum lycopersici*에 감염된 토마토의 경우 병세가 진전되면 조직내의 병원균이 다량의 polysaccharide를 생성하여 세포내의 거대 분자 및 친수성 화합물과 더불어 세포간극을 막는 도관폐쇄 현상을 일으켜 위조 현상이 나타난다고 하였고, Pierson 등(1955)은 *Fusarium*균이 pectinase를 분비하여 세포벽을 이루고 있는 pectin을 분해한다고 하였으며, Nelson(1953)은 pectinase에 의해 분해된 pectin이 도관내에 갈색 또는 검은색의 gum을 형성하여 도관폐쇄를 일으킨다고 하였다.

표 5는 저항성 품종과 이병성 품종의 접종 개체와 비접종 개체간의 엽록소 함량을 조사한 것이다. 대표적인 이병성 품종인 '四季穫'은 접종 11일 후 부터 엽록소의 함량이 낮아짐을 관찰할 수 있었고 'YR湖月' 등 저항성 품종은 엽록소 함량이 대조구와 접종구 사이에 차이를 보이지 않았다.

이는 김(1985)이 보고한 것과 유사하게 이병성 품종의 경우 뿌리조직의 손상으로 수분흡수력의 감소, 균사와 분생포자의 밀집으로 인한 도관폐쇄로 양분과 수분의 상승이 억제되고, pectinase에 의해 분해된 pectin이 다른 물질과 결합하여 도관폐쇄를 일으켜 수분상승을 억제하여 양수분 공급이 원활하지 못하였기 때문에 엽록소의 합성이 감소한 결과라고 볼 수 있다.

Table 5. Chlorophyll content of cabbage cultivars measured at 4 days of intervals after inoculation with conidial suspension(2×10^6 conidia/ml) of *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans*

Cultivar		Days after inoculation				
		11	13	17	20	24
Shikidori	I. ^z	24.1 ^y	20.4	15.4	12.6	9.9
	NI.	28.8	29.3	32.5	33.7	38.4
YR-Kogetsu	I.	32.2	31.9	35.6	39.5	41.8
	NI.	32.3	31.4	33.2	40.4	46.2
Banchu Riso	I.	27.2	25.5	22.1	19.4	12.9
	NI.	29.1	29.7	31.1	35.3	35.9
Akimaki	I.	24.0	21.9	22.9	22.4	18.2
	NI.	32.9	34.5	36.9	33.4	37.5
Akiyu	I.	39.3	41.8	44.0	44.1	49.4
	NI.	39.5	38.4	43.6	41.7	43.3
Asasio	I.	34.5	35.9	38.3	39.4	43.1
	NI.	35.4	35.9	39.1	40.4	42.8
Ayahikari	I.	29.5	31.6	35.8	37.1	41.0
	NI.	32.0	32.1	36.9	36.2	36.7
Ayakase	I.	31.4	33.6	37.4	37.6	41.5
	NI.	32.6	32.1	37.0	37.4	38.5
Casiopea	I.	31.6	33.3	37.8	39.6	37.3
	NI.	34.7	34.6	37.9	41.2	36.3
Cunryong	I.	29.0	30.7	31.9	33.8	25.3
	NI.	34.1	33.0	38.5	37.7	38.4
Chuwang	I.	29.6	25.6	24.9	21.5	19.1
	NI.	34.1	36.6	36.3	36.9	34.6
Daetong	I.	30.8	27.7	26.4	22.5	15.3
	NI.	30.6	29.7	37.3	38.0	41.3
Daewall	I.	33.0	32.0	35.4	37.3	38.5
	NI.	30.1	28.5	37.4	37.3	40.9
Dongbok	I.	30.1	32.8	35.2	27.8	26.3
	NI.	33.4	31.6	34.2	37.0	34.3
Dongpung	I.	30.0	30.4	28.8	23.2	20.2
	NI.	30.7	31.4	32.7	35.4	34.9
Dongwang	I.	31.3	32.3	33.1	25.6	26.1
	NI.	30.0	28.6	35.9	38.0	38.8
Dongwhan	I.	24.1	20.0	16.9	17.4	15.5
	NI.	31.1	32.8	35.2	34.8	37.2

to be continued

Table 5. Being continued

Cultivar		Days after inoculation				
		11	13	17	20	24
Fukamidori	I.	29.6	30.5	29.1	26.1	27.1
	NI.	34.1	34.9	40.5	42.2	41.2
HN97-350	I.	35.1	36.8	35.3	40.6	41.8
	NI.	34.0	34.4	38.0	37.1	39.6
HN97-388	I.	31.4	32.1	37.2	37.8	38.7
	NI.	34.2	33.3	39.2	40.4	40.7
HN97-396	I.	30.7	31.9	37.8	33.3	32.6
	NI.	30.1	31.1	36.5	36.7	37.1
HN97-397	I.	32.1	34.5	38.5	42.7	49.6
	NI.	31.9	33.1	37.0	40.2	38.2
Haruhikari	I.	26.8	26.4	20.1	16.9	13.6
	NI.	29.9	30.0	34.1	31.3	37.1
Ilodori	I.	28.6	29.8	34.6	35.8	36.0
	NI.	29.9	31.0	33.7	38.8	41.8
Kanmei	I.	30.4	30.4	35.2	36.7	36.4
	NI.	31.9	30.8	38.6	38.1	39.8
Kosui	I.	30.5	31.5	34.7	35.6	35.8
	NI.	31.3	32.3	37.7	38.4	39.4
Miharu	I.	22.6	21.4	17.7	16.1	14.3
	NI.	27.0	27.6	31.7	34.3	31.5
Nulpuren	I.	34.3	34.9	34.8	40.2	38.4
	NI.	32.7	34.3	35.6	36.4	38.0
Sagunga	I.	27.9	29.3	33.0	24.8	28.2
	NI.	31.4	31.7	35.7	37.3	37.7
Savoy Ace	I.	32.2	33.3	34.9	35.6	34.0
	NI.	29.3	33.3	34.9	35.6	34.0
White Hunter	I.	28.8	28.1	30.4	26.0	23.5
	NI.	32.8	33.1	38.0	36.5	38.8
Woojin 1ho	I.	28.2	27.8	30.2	26.3	18.8
	NI.	30.5	30.6	35.6	37.7	36.3
YR-Nodoka	I.	32.4	33.3	39.2	40.4	40.7
	NI.	32.1	32.7	38.6	39.4	42.6
Yorei 41-Go	I.	36.7	35.4	41.2	41.7	46.8
	NI.	32.4	34.8	43.3	42.0	47.8

^Z I. ; inoculated, NI. ; non-inoculated.

^Y Chlorophyll content : mg/100cm²



Fig. 5. Varietal response of cabbage to *F. oxysporum* f. sp. *conglutinans* at the seedling stage.
Above : susceptible, Below : resistant cultivar, respectively.

3. 이병지 토양에서의 품종별 저항성 검정

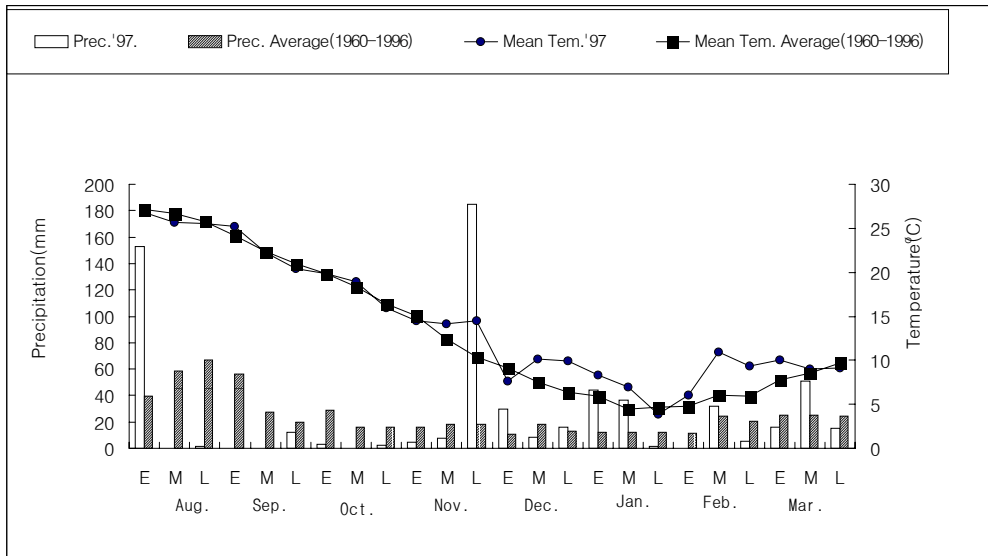


Fig. 6. Precipitation and mean temperature during cultivation period in the open field from 1997 August to 1998 March.

그림 6은 시험 재배기간인 1997년 8월 상순부터 1998년 3월 하순까지의 평균온도와 강우량을 나타낸 것이다. 평년과 비교해 보았을 때 겨울철 기온이 높았으며 정식기인 9월부터 초기 생장기인 10월까지 강우량이 매우 적었고 수확기인 1월부터 3월까지 강우량이 많았다.

양배추 시들음병 발생에 온도가 매우 관계가 깊다고 보고 하였는데(全農會, 1979) 시험기간 중 양배추 재배지인 북제주군의 온도는 정식기인 8월부터 9월 상순까지 평균기온이 *F. oxysporum*균 생장최적 온도인 25°C~30°C가 유지되었으며, 10월 중순까지는 *F. oxysporum*균이 생장가능한 온도인 평균기온 20°C가 유지되었다.

Table 6. Disease and growth of cabbage cultivars in the experimental field

Cultivar	Cabbage			
	Yellows infected rate ^{z)}	Leaf length ^{y)}	Leaf width	No. of leaves
	%	cm	cm	ea
Shikidori	98	-	-	-
YR-Kogetsu	0	32.5	32.1	16.0
Banch Riso	99	-	-	-
Akiyu	0	33.9	33.9	14.4
Asasio	0	33.8	34.2	17.0
Ayahikari	0	33.0	32.9	20.0
Ayakaze	0	31.4	33.0	18.9
Daewall	0	32.4	32.4	16.9
Daetong	66	-	-	-
Enchorong	0	25.3	28.5	17.6
Fukamidori	96	-	-	-
HN97-350	0	35.0	33.5	17.3
HN97-397	0	27.9	26.2	20.0
Kanmei	0	33.0	33.7	14.0
Kosui	0	36.7	36.2	18.0
Sagunga	87	-	-	-
Savoy Ace	0	37.9	35.1	14.0
White Hunter	97	-	-	-
Woojin 1ho	81	-	-	-
Yorei 40-Go	0	29.2	31.0	10.9
CV(%)		7.8	7.7	3.3
LSD(5%)		3.93	4.06	1.07

^{z)} investigated at Oct. 6. 1997

^{y)} investigated at Nov. 6. 1997.

표 6은 제주지역 월동재배작형에 적합할 것이라고 사료되는 20품종을 공시하여 한림읍 수원리 지역에 있는 시들음병 상습 발병지 토양에 양배추를 정식하여 병발생을 조사한 결과이다.

병원균 접종시험과 마찬가지로 ‘YR湖月’ 등 13품종은 고도의 저항성을 나타내었으며 ‘四季穫’ 등 7품종은 이병성으로 나타났다. 발병율은 ‘四季穫’ 98%, ‘晩秋理想’ 99%, ‘대통’ 66%, ‘Fukamidori’ 96%, ‘사군자’ 87%, ‘White Hunter’ 97%, ‘우진1호’ 85%였다. 이러한 결과는 남(1994)이 무의 시들음병에서 유묘검정과 포장검정시 발병주율 사이에 정의 상관관계가 있다는 보고와 유사하였다.

접종시험에서는 이병성 품종의 경우 100% 병에 감염되었으나 포장시험에서는 ‘대통’품종의 경우 66%의 발병율을 나타내는 등 병발생이 다소 감소하였는데, 이는 토양내 병원균 밀도가 균일하지 못한 부분이 있어 발병율이 실험실에서의 접종시험 결과보다 감소한 것이라 판단되었다.

시들음병에 강한 품종의 중간생육조사 결과 엽장이 가장 긴 품종은 ‘Savoy Ace’와 ‘Kosui’였으며, 가장 짧은 품종은 ‘은초롱’이었다. 엽수는 14매에서 20매 사이였다. 이병성 품종인 ‘四季穫’ 등 7품종은 병이 계속 진전되어 고사함으로서 생육조사를 할 수 없었다.

제주도의 양배추 생산시기는 육지부에서 월동이 불가능한 시기인 1월부터 3월까지이며 특히 3월 상순 이후에는 제주도에서만 생산이 가능한 시기이다. 따라서 양배추가 시들음병에 대한 저항성 품종이라도 1월에서 3월까지 생산할 수 있어야만 제주지역에서 재배가 가능하므로 저항성을 나타낸 13품종에 대해서는 1월부터 3월까지 월 1회 수확하면서 수확기별 수량특성을 조사하였다.

표 7, 8, 9는 1월부터 3월까지 열구율 변화 및 구의 특성을 조사한 결과이다. 수확기에 따라 품종별 열구율 발생 차이가 심하게 나타났으며 1월은 13품종 모두 열구율이 낮았으나 2월 부터는 열구율 발생에 차이가 심하게 나타나기 시작하였다. ‘YR湖月’, ‘대월’, ‘은초롱’ 등은 열구율 발생이 15% 이하로 낮았으나 ‘Akiyu’는 85%, ‘Yorei 41-Go’는 83%로 열구율이 매우 높아 2월 수확은 불가능한 품종으로 판단되었다.

Table 7. Yield of cabbage cultivars on January 12, 1998

Cultivar	Plant weight	Head weight	Head height	Head diameter	Head shape index ^{Z)}	Head cracking	Market-able head rate
	g	g	cm	cm		%	%
YR-Kogetsu	2,843	1,805	13.4	17.3	1.29	1	95
Akiyu	3,223	1,790	11.9	19.1	1.61	39	61
Asasio	3,325	1,895	13.0	17.7	1.36	3	95
Ayahikari	3,147	1,998	11.7	18.8	1.61	9	86
Ayakaze	2,997	1,932	11.7	20.5	1.76	17	81
Daewall	3,177	2,082	13.9	18.1	1.30	2	94
Enchorong	2,337	1,407	13.0	15.4	1.19	0	88
HN97-350	3,333	2,163	12.3	19.9	1.62	6	90
HN97-397	2,040	1,882	11.9	15.8	1.33	30	51
Kanmei	3,107	2,057	14.1	17.9	1.27	4	94
Kosui	3,553	2,190	14.0	21.0	1.50	8	88
Savoy Ace	2,903	1,799	14.9	17.1	1.15	1	91
Yorei41-Go	2,597	2,022	12.5	19.6	1.59	31	66
CV(%)	11.1	19.0	5.9	5.1		92	18
LSD(5%)	556.8	615.3	1.29	1.57		19.3	24.8

^{Z)} Head shape index = head width/head height.

Table 8. Yield of cabbage cultivars on February 12, 1998

Cultivar	Plant weight	Head weight	Head height	Head diameter	Head shape index ^{z)}	Head cracking	Market-able head rate
	g	g	cm	cm		%	%
YR-Kogetsu	2,927	2,223	13.8	18.6	1.35	2	91
Akiyu	-	-	-	-	-	85	-
Asasio	3,200	2,048	13.4	18.4	1.37	11	87
Ayahikari	3,213	2,044	11.5	19.0	1.65	44	50
Ayakaze	-	-	-	-	-	80	-
Daewall	3,077	2,261	14.5	18.5	1.28	6	90
Enchorong	2,373	1,434	13.2	14.6	1.11	11	80
HN97-350	3,290	2,240	12.1	19.7	1.62	42	54
HN97-397	-	-	-	-	-	63	-
Kanmei	3,050	2,011	14.2	17.8	1.25	14	84
Kosui	3,813	2,597	14.9	21.1	1.42	59	38
Savoy Ace	2,490	1,975	14.9	16.1	1.08	51	44
Yorei41-Go	-	-	-	-	-	82	-
CV(%)	10.7	13.0	6.1	5.3		26	14
LSD _{0.05}	568.6	473.5	1.43	1.75		19.2	15.2

^{z)} Head shape index = head width/head height.

Table 9. Yield of cabbage cultivars on March 12, 1998

Cultivar	Plant weight	Head weight	Head height	Head diameter	Head shape index ^{z)}	Head cracking	Market-able head rate
	g	g	cm	cm		%	%
YR-Kogetsu	3,370	2,093	15.4	17.8	1.16	24	68
Akiyu	-	-	-	-		98	-
Asasio	3,875	2,267	14.7	19.1	1.30	11	87
Ayahikari	-	-	-	-		55	-
Ayakaze	-	-	-	-		91	-
Daewall	3,398	2,378	15.3	19.1	1.25	31	64
Enchorong	2,960	1,596	14.2	16.5	1.16	11	78
HN97-350	-	-	-	-		83	-
HN97-397	-	-	-	-		69	-
Kanmei	3,803	2,670	16.1	19.9	1.24	44	49
Kosui	-	-	-	-		93	-
Savoy Ace	-	-	-	-		80	-
Yorei41-Go	-	-	-	-		97	-
CV(%)	8.9	11.0	4.2	2.9		22	10
LSD _{0.05}	582.2	455.9	1.26	0.99		24.6	13.5

^{z)} Head shape index = head width/head height.

3월까지 열구율이 낮은 품종은 ‘YR湖月’ 23.6%, ‘은초롱’ 11.2%, ‘대월’ 30.9%, ‘Asasio’ 11.3%, ‘Kanmei’ 44.1%였으며 나머지 품종은 열구율이 80% 이상으로 나타나 3월에 수확이 불가능 할 것으로 판단되었다.

岩間 등(1953)은 양배추 재배시 생육기에 수분이 불충분하다가 수확기에 이르러 갑작스럽게 수분과다 조건이 되면 양배추 내엽은 급속한 생장을 일으켜 열구발생을 촉진시킨다고 하였다.

공시품종 모두 수확이 가능했던 1월 수확시 구의 특성을 살펴보면(표 8) 구중이 가장 무거운 품종은 ‘Kosui’로 2,190g이었다. 반면 구중이 가장 가벼운 품종은 ‘은초롱’으로 1,407g이었다.

수확시의 품종별 구형은 ‘HN97-350’, ‘Akiyu’, ‘Ayakaze’등은 구폭이 넓은 편원형을 나타내었고 ‘YR湖月’, ‘대월’, ‘Kanmei’ 등은 편원형, ‘은초롱’, ‘Savoy-Ace’는 구형을 나타내었다.



V. 적 요

제주지방에서 많이 발생하는 양배추 시들음병의 방지 대책을 마련코자 병원균을 분리하여 특성을 조사하고 저항성 품종을 선발한 결과는 다음과 같다.

1. 양배추 시들음병을 일으키는 병원균은 *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*로 병원균의 형태는 분생포자가 난형이거나 원통형이며 크기는 $6.0\sim 10.4\times 3.0\sim 3.6\mu\text{m}$ 이고 대형포자는 낫모양을 하고 있으며 격막이 보통 3개이고 크기는 $21.0\sim 30.4\times 3.1\sim 4.8\mu\text{m}$ 였다.

2. *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*균은 PDA배지에서 온도 28°C , pH 5.0에서 생장이 가장 양호하였다.

3. *Fusarium*균을 potato dextrose broth배지에 배양한 포자현탁액을 관주접종한 후 11일 째에 양배추 잎이 황화되기 시작하여 병징을 나타내기 시작하였으며, 17일 후에는 저항성 품종과 이병성 품종이 뚜렷이 구분되었고 접종시험에서 시들음병에 저항성인 품종은 'YR湖月', '은초롱', '대월', 'Asasio' 등 19품종이었다.

4. 군사접종 20일 후에는 줄기부분의 도관폐쇄 현상을 관찰할 수 있었고 도관계의 목부는 검은색으로 변하였다.

5. 양배추 잎의 엽록소 함량은 이병성 품종에서는 병이 진전됨에 따라 감소함을 알 수 있었으나 저항성 품종은 접종구나 비접종구간에 엽록소 함량 차이가 없었다.

6. 시들음병 발병지 토양재배에서 시들음병 저항성 품종은 'YR湖月', '대월' 등 13품종이었으며, 그 중 3월까지 열구발생이 적고 상품수량이 많은 품종은 'YR湖月', '은초롱', '대월', 'Asasio', 'Kanmei'였다.

참 고 문 헌

- Anderson, M. E. 1933. Fusarium resistance in Wisconsin Hollander cabbage. Jour. Agr. Res. 47 : 639-661.
- Armstrong, G. M. and J. K. Armstrong. 1965. Races of *Fusarium oxysporum* f. *conglutinans* : Race 4, New Race : and a New Host for Race 1, *Lychnis Chalcedonica*. 1966. Phytopathology 56 : 525-530.
- Armstrong, G. M. and J. K. Armstrong. 1953. Physiological races of Fusaria causing wilt of Cruciferae. Phytopathology 42 : 255-257.
- Booth, C. 1971. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycol. Inst., Kew, Surrey, England. pp.130-154.
- C.M.I. Description of pathogenic Fungi and Bacteria. 1970. *Fusarium oxysporum* f. *sp. conglutinans*. No. 213.
- 加藤喜重郎, 廣田耕作, 中神喜郎, 中送日單雄. 1971. イチゴ萎凋病に関する研究(第1報)寄生性. 傳染方法および土壤消毒について. 愛知農試研報. 3 : 53-63.
- 홍순영, 진석천, 임성언. 1996. 제주도 주요재배 농작물 병해 종류조사. 1996년도 제주농업시험연구보고서. pp.500-513.
- 岩間誠造, 芹澤暢明. 1953. 標高と菜蔬類の生態(第 1報)春播甘藍の高溫期に於ける生態. 園學雜. 21(4)

- Jones, L. R. 1914. Third progress report on *Fusarium*-resistance cabbage (Abstract). *Phytopathology* 4 : 404.
- Jones, L. R. and J. C. Gilman. 1915. The control of cabbage yellows through disease resistance. *Wis. Agr. Expt. Sta. Research Bull.* 38 : 1-70.
- 김태성. 1985. 딸기 시들음병(*Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*)의 병태해부학적 연구. 동아대학교 석사학위 논문.
- 이중섭, 김현란. 1996. 양배추 뿌리썩음병 발생생태 및 방제연구. 1996년도 원예연보고서. pp.871-879.
- 李斗珩. 1969. 오이류 덩굴썩김병 방제에 관한 연구(약제 효과에 관하여). 韓植保護誌. 7 : 77-81.
- 이재홍, 최준근, 이세원. 1997. 강원도 주요 재배작물의 병해종류 조사. 1997년도 농작물병해충조사사업보고서 pp.112-121
- 文炳周, 鄭厚燮, 1986. *Fusarium oxysporum* f. sp. *Fragariae*에 감염된 딸기의 병태조직에 관한 연구. 한국식물병리학회지 2(3) : 158-164.
- Nelson, R. 1953. Michigan Stat Coll. Agri. Ex. stat. Tech. Bull. p. 221.
- 농림부. 1998. 97년산 농림수산통계연보 p. 41.
- 남상현. 1994. 무 *Fusarium* 시들음병의 저항성 유전 및 육종에 관한 연구. 충남대학교 박사학위 논문.

岡本康博, 藤井新太郎, 加藤喜重郎, 芳岡昭夫. 1970. イチゴ新病害 “萎黄病”.
植物防疫. 24 : 231- 235.

Pierson, C. F. , S.S. Gothoskar, J. C. Walker, and M. A. Stahmann,
1955. Historical studies on the role of pectic enzymes in the
development of fusarium wilt symptoms in tomato, Wisconsin
Agri. Ex. Stat. p.524.

Pound, G. S. and D. L. Fowler. 1953. *Fusarium* wilt of radish in Wisconsin.
Phytopathology 43 : 277-280.

Peterson, J. L. and G. S. Pound. 1960. Studies on Resistance in
Radish to *Fusarium oxysporum* f. *conglutinans*. Phytopathology
50 : 807-816.



Ramirez-Villupadua, J., R. M. Endo, P. Bosland, and P. H. Williams.
1985. A New Race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* That
Attacks Cabbage Type A Resistance. Plant Disease 69(7) : 612-
613.

申東範, 竹原利明. 1996. 시금치 시들음병 생태연구에 있어서 nit 변이균주
이용검사. 농시논문집. 38(1) : 477-482.

Snyder, W. C. and H. N. Hansen. 1940. The species concept in
Fusarium. Amer. Jour. Bot. 27:64-67.

徐正八. 1991. 무 위황병(*Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani* Kendri c et Snyder)
발병에 미치는 요인 및 저항성 계통 선발에 관하여. 한원지. 32(1) : 1-7

- 宋準鎬, 金容旭, 趙駿衡. 1996. 양배추 위황병 저항성의 품종간 차이 및 유전. 韓育誌. 28(2) : 171~177.
- Thornberry, H. H. and B. R. Ray. 1953. *ibid.* 43. 486.
- Tims, E. C. 1926. On the nature of resistance to cabbage yellows. Jour.Agr. Res. 32 : 189-199.
- Walker, J.C. 1930. Inheritance of fusarium resistance in cabbage. Jour. Agr. Res. 40 : 721-745.
- Walker, J.C. and R. Smith. 1930. Effect of environmental factors upon the resistance of cabbage to yellows. Jour. Agr. Res. 41 : 1-15.
- Walker, J.C. 1933. Inheritance of fusarium resistance in cabbage. Jour. Agr. Res. 40 : 721-745.
- 吉野正義, 橋本光可. 1973. イチゴ委黃病の發生生態と防除に關する知見. 日植病報. 39 : 199.
- 유성준, 이명선, 유승헌. 1995. 국내에서 분리한 토마토 시들음병균(*Fusarium oxysporum*)의 분화형 및 Race. 한국식물병리학회지 11(4) : 324-329.
- 염규도. 1998. 생강 근경부패병을 일으키는 *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi*와 *Pythium zingiberrum*에 관한 연구. 한국식물병리학회지 4(4):271-277.
- 全國農村教育協會. 1979. 野菜の病害蟲診斷と防除. pp.271-273.

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 많은 격려와 조언으로 지도를 하여주신 박용봉 교수님, 바쁘신 가운데에도 세심하게 논문을 바로 잡아주신 장전익 교수님, 서효덕 박사님께 깊은 감사를 드립니다. 항상 따뜻한 조언을 주신 한해룡 교수님, 백자훈 교수님, 문두길 교수님, 소인섭 교수님께도 감사 드립니다.

그리고 본 연구를 수행할 수 있도록 여건을 마련해 주신 제주도 농업기술원 한동휴 원장님을 비롯한 김영휘, 정순경 국장님, 문정수 과장님과 김기택 계장님, 김성배 연구사님 외 동료직원들께도 감사를 드립니다. 바쁜 가운데에서도 실험에 많은 도움을 주신 홍순영, 박영철 연구사님, 세심하게 논문정리를 도와주신 강성근, 강종훈, 오한준, 양석철 연구사님께도 감사 드립니다. 늘 옆에서 도움을 준 재우, 은영이에게도 고마움을 전합니다.

끝으로 항상 염려하여 주시고 격려하여 주신 부모님께 진심으로 감사드립니다.