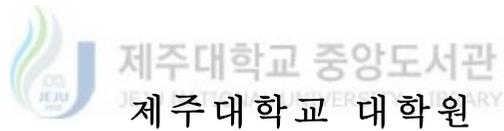


박사학위논문

제주지역 감자더덩이병 발생 특성 및 방제



농 학 과

홍 순 영

2001년 12월

제주지역 감자더덩이병 발생 특성 및 방제

지도교수 강 영 길

홍 순 영

이 논문을 농학 박사학위 논문으로 제출함

2001년 12월

 제주대학교 중앙도서관
이 논문을 농학 박사학위 논문을 인준함

심사위원장 _____
위 원 _____
위 원 _____
위 원 _____
위 원 _____

제주대학교 대학원

2001년 12월

Developmental Characteristics and Control of Potato Common Scab in Jeju Island

Soon-Yeong Hong

(Supervised by Professor Young-Kil Kang)

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

DEPARTMENT OF AGRICULTURE
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2001. 12

목 차

Summary	3
I. 서 언	5
II. 연 구 사	7
III. 재 료 및 방 법	13
1. 더덩이병의 발생조사	13
2. 더덩이병균의 특성조사	14
3. 더덩이병 방제	15
가. 화학적 방제	16
나. 재배적 방제	20
다. 생물적 방제	23
IV. 결 과 및 고 찰	24
1. 더덩이병의 발생조사	24
가. 가을감자에서의 더덩이병 발생	24
나. 봄감자에서의 더덩이병 발생	28
다. 토양 pH와 더덩이병 발생과의 상관관계	29
라. 씨감자의 이병정도별 더덩이병 발생	30
2. 더덩이병균의 특성조사	31
가. 분리 및 동정	31
나. 온도별 균사생육	35
다. pH별 균사생육	36

3. 더듬이병 방제	37
가. 화학적 방제	37
(1) 토양소독에 의한 방제	37
(2) 씨감자 소독에 의한 방제	40
(3) 토양소독과 씨감자 소독에 의한 방제	44
(4) 생육기 살균제 살포에 의한 방제	50
나. 재배적 방제	51
(1) 저항성품종 선발	51
(2) 윤작에 의한 발생 억제	54
(3) 유기물과 무기양분 시용에 의한 발생 억제	57
(4) 유기농자재 시용에 의한 발생 억제	61
(5) 토양개량제 시용에 의한 발생 억제	63
(6) 토양수분 조절에 의한 발생 억제	66
(7) 흑색 비닐멀칭에 의한 발생 억제	67
다. 생물적 방제	68
(1) 미생물 선발	68
(2) <i>Bacillus</i> sp.에 의한 발생 억제	68
V. 종합 고찰	70
VI. 적 요	75
인 용 문 헌	77

Summary

This study was conducted to clarify developmental characteristics of scab in potato fields in Jeju island, Korea and to establish control methods of the disease from 1995 to 2001. The results are as follows;

Occurrence of potato scab increased with repeated cultivation of potato and high soil pH in the fields. Incidence of the disease was as high as 54.8% in the repeatedly cultivated potato fields but relatively low as 20.8~26.3% in the non-cultivated fields and in the fields where barley and Chinese cabbage were formerly cultivated. A total of 66 isolates were obtained from the diseased potato tubers and identified as *Streptomyces scabies*, *S. turgidiscabies* and *S. acidiscabies*. The isolation frequency of the *Streptomyces* spp. was 37.7%, 14.8% and 18.0%, respectively. The spiral and the rectiflexuous types of the *Streptomyces* spp. were distributed in the fields as 55.6% and 26.3%, respectively. The optimum temperature for mycelial growth of the *Streptomyces* spp. was 28~30°C, and the optimum pH for that 6~7.

Soil disinfection with Dazomet GR was effective to control of common scab, and the control value of Dazomet GR (30kg/10a) was 40.5~75.9%. The antibiotic agrochemicals were a little effective to inhibit mycelial growth of *Streptomyces* spp. but not effective to control the disease in the field when treated during the growing stage of potato. Seed-tuber disinfection with the agrochemicals was also not effective to control the disease in field. The combined method of soil disinfection and seed tuber treatment with some agrochemicals was more effective to control the disease by 15~27% than only soil disinfection in the field.

Potato cultivars Jemchip, Atlantic and Alpa were less susceptible to common scab. Korean potato cultivars, Superior, Chubaek and Jopung were resistant to the disease. Crop rotation was more effective to control the disease than repeated cultivation of potato in the field. Compared with the repeated cultivation of potato, common scab less occurred in the field with low incidence of the disease where soybean, Chinese cabbage, etc. were formerly cultivated. However, the cultivation method was not effective in the field with high incidence of the disease. Soil amendments such as compost, etc. and organic materials such as wood vinegar, etc. were not effective to control the disease in the field. The maintenance of suitable soil moisture for 30 days during the period of potato-tuber formation was not effective for control of the disease and black plastic film mulching was also not.



Out of bacteria isolated from soil of potato fields in Jeju island, *Bacillus* sp. (SH-1) was selected for a biological control agent of common scab. The antagonist SH-1 was somewhat effective to control common scab in the potato field with low occurrence of the disease.

I. 서 언

감자(*Solanum tuberosum* L.)는 가지과에 속하는 다년초본으로 원산지는 남미 지지카카호 주변 및 안데스산맥의 중부 고지대이고, 1535년 처음 유럽으로 전파되었으며, 18세기 중엽부터 널리 보급되었다(오, 1996). 우리나라에는 1824년에 도입되었는데, 최근에 식품 가공산업이 발달하면서 그 수요가 증가추세에 있어, 1998년 감자생산은 23,252ha에서 562천톤이며(김, 1999), 제주도의 감자 재배면적은 1990년에 2,779ha에서 2000년에는 6,696ha로 급속히 증가하였고, 농가 조수입도 1,220억원으로 1995년 이후 감귤 다음가는 제2의 소득작물로 부상하였다(김, 2000).

우리나라에서 감자에 발생하는 병은 16종이며(한국식물병리학회, 1998), 제주도에서는 12종의 병이 발생하는데, 이 중 가장 문제가 되는 병은 무름병, 역병과 더불어 더뎡이병으로 보고되었다(홍 등, 2000). 제주도에서의 감자더뎡이병은 조사포장의 82%에서 발생하였는데, 북제주군의 15~30%에 비해 남제주군은 15~75%로 높은 발생을 보였다(이, 1999).

현재 더뎡이병에 이병된 감자는 폐기되거나 상품가격의 20%정도로 가공용으로 사용되고 있는 실정이며, 특히 병 증상이 괴경에만 나타나기 때문에, 생육 중에는 발생상황을 알 수 없을 뿐만 아니라 방제도 매우 어려운 것으로 알려져 있다.

감자더뎡이병은 토양전염성병으로 병원세균이 토양이나 식물의 잔재물에 살면서 계속적으로 기주식물을 침해할 수 있으며, 기주식물이 없어도 땅속에서 수년동안 생존할 수 있는 것으로 알려져 있다(Strand 등, 1992). 우리나라 대부분의 토양이 이미 더뎡이병원균에 감염되어 있고, 병원균도 3종이 동정되었다(김 등, 1998). 또한 병원균의 포자는 내구성이 강하고, 토양입자, 농기구, 바람 등에 의하여 쉽게 이동하며, 동물의 배설물 속에서도 생존하는 것으로 알려져 있다(박 등, 1991). 특히 제주도에서는 pH 4 정도의 산성토양에서도 생육이 가능한 *Streptomyces acidiscabies*가 최근에 보고되어(김 등, 1998), 앞으로 감자더뎡이병 발생면적의 증가는 물론 방제의 어려움이 예상된다.

감자더텅이병의 발생은 토양의 pH와 수분의 영향이 큰 것으로 알려져 있으나(Hooker, 1990; 木村, 1981; Rich, 1982), 국내에서는 더텅이병의 발생생태 및 방제를 위한 기초적인 연구는 극히 미비한 실정이다. 특히 제주도의 감자 재배는 이모작이 많고, 주로 이병성 품종인 대지가 재배되고 있어 더텅이병의 발생을 더욱 확산시키는 결정적 역할을 하고 있는 실정이다(김, 1999). 따라서 본 연구는 1995~2001년에 걸쳐 제주도에 있어서 더텅이병의 발생 특성을 조사하고, 발생을 감소시킬 수 있는 효과적인 방제방법을 찾고자 수행되었다.



II. 연 구 사

1. 더뎡이병의 발생 특성 및 병원균

감자더뎡이병은 세균으로 방선균(Actinomycete)에 속하는 균이다(Menzies 등, 1959; Rich, 1983). 더뎡이병균은 1825년 미국에서 발견되었으며, Thaxter가 1891년에 *Oospora scabies*로 명명하였다. 그 후 Gussow가 1914년에 *Actinomyces* 속으로 분류하였으며, 1943년 Waksman과 Henrici가 *Streptomyces*속을 만들어서 *Streptomyces scabies*로 개명하였다(後藤, 1990; Rich, 1983). 그 후 더뎡이병을 일으키는 *S. acidescabies*, *S. caviscabies*, *S. turgidiscabies* 등 여러 종이 보고되었다(Lambert와 Loria, 1989a, 1989b; Miyajima 등, 1998; Rich, 1983). 더뎡이병균은 토양 중에 존재하는 *Streptomyces* 속의 세균으로 식물체의 건전한 뿌리와 잡초의 땅속줄기에 감염되어 있다가 감자의 괴경에 기생하여 더뎡이증상을 일으켜 상품을 지하로 경제적 피해를 주지만, 수량 감소를 초래하지는 않는 것으로 보고되어 있다(Strand 등, 1992). 더뎡이병의 기주로 감자, 무, 사탕무, 순무, 당근 등이 보고되어 있으나 감자이외에는 그다지 경제적 손실이 없는 것으로 알려져 있다(Scholte, 1988). 이 균은 종서 및 토양전염을 하며, 자연토양에서도 극소수 존재하는데, 생육가능 온도는 5~45℃이고, 25~30℃가 적온인 것으로 보고되어 있다(Hooker, 1990). 松本(1981)는 더뎡이병균이 호기성이며, 토양 pH 5~12 범위에서 자랄 수 있고, 포자형성은 온도 20℃, pH 8.0~8.5에서 잘 된다고 하였다. 植松과 片山(1990)는 일본에서의 더뎡이병 발병율은 1981년 이전까지는 10%이하였으나 1982년 이후 급속히 증가하고 있으며, 長崎縣 島原半島인 경우 조사포장의 90%정도가 발생하고 있으며, 그 중 심하게 발생한 포장이 50%에 달한다고 하였으며, 田代(1999)는 31.3~50.0%의 이병율을 보고하였다.

감자더듬이병균은 포자가 나선형인 것과 직과상형인 것 2종이 있으며(植松과 片山, 1990), 병징에서 균을 분리한 결과 38%는 *Streptomyces scabies*이었으며, 표면형 병징에서는 나선형, 함몰형 병징에서는 직과상형이 많았다고 보고된 바 있다(Faucher 등, 1992). Goyer 등(1996)도 감자괴경의 병징에서 병원균을 분리한 결과, *S. scabies*가 52%, *S. acidiscabies*가 54%였는데, 직과상형 균사의 배양적, 생리적, 항생제적 특성을 조사한 결과, *S. acidiscabies*로 동정하였다. 그러나 高橋(1995, 1996)는 감자괴경 표면에는 다양한 병징이 생기는데, 이는 토양 pH에 의한 영향과 품종에 따라 다르다고 하였다.

더듬이병균은 포자형태가 나선형으로 멜라닌 색소를 형성하는 것과 직과상형으로 멜라닌색소를 형성하지 않는 두 그룹이 존재하며, 배양적 특성은 회색을 띄는 것이 특징이고, 그룹간에는 유전적 차이가 있는 것으로 보고되었는데(Lambert와 Loria, 1989; 沢田 등, 1995), 직과상형은 산성토양에서 나선형보다 잘 자라서 강산성에서 더듬이병이 다 발생하는 것은 직과상형 때문이라고 하였다(田代 1989, 1999). 나선형은 pH 4.5 이하에서는 발생하지 않았으나 직과상형은 pH 4.0에서도 발생하였고, 균체중 ATP 생성의 최적 pH는 나선형이 6.0인 반면, 직과상형은 5.0이었고, pH 4.4에서도 강한 병원성을 나타냈다고 하였다. Bonde와 McIntype(1968), 홍 등(1996)은 산성에 내성이 있는 *Streptomyces* sp.를 pH 5.0 이하의 토양에서 자라는 감자에서 분리하였으며, *S. scabies*는 pH 5.2 이상의 토양에서 생산된 감자에서 분리하였다. Keinath와 Loria(1989)는 모든 *S. scabies*는 0.5ppm rhamnose에서 생육한다고 하였으며, Goyer 등(1996)은 *S. acidiscabies*가 산성인 환경에서 더듬이병을 일으키는 것이 특징이라고 하였다. Loria 등(1986)은 더듬이병과 유사 증상이 있는 괴경에서는 대부분 *S. scabies*를 분리하였는데, 일부는 포자가 직과상형이고, 배양적 특성이 노란 회색을 나타내며, 멜라닌색소를 형성하지 않거나 raffinose를 이용하지 않았다고 하였다.

Miyajima 등(1998)은 일본의 北海道 동쪽지역에서 새로운 종의 더듬이병균을 발견하여 *S. turgidiscabies*로 명명하였는데, 田中(2000)는 북해도에는 *S. turgidiscabies*가 우점종이라고 하였다. 우리나라에서도 김 등(1998a, b)에 의하여 *S. acidiscabies*와 *S. turgidiscabies*가 분리, 동정되었다.

미국과 유럽에서는 병징에 따라 russet형 발생이 보고되었는데, 기존의 *S. scabies*와 *S. acidiscabies*와는 다르며 괴경 표면에 그물모양의 증상으로 나타났다(Faucher 등, 1993). 그러나 Sholte와 Labrruyere(1985)는 미국의 russet scab과 유럽의 russet scab은 다른 병으로서 유럽의 russet scab은 netted scab이라고 하였으며, 발생 최적온도가 13~17℃로 common scab의 19~24℃와 russet scab의 23~27℃보다는 저온이며, 괴경 표면에 갈색의 네트증상을 형성한다고 하였다. 木村(1974a, b)는 감자 표피에 조피증상(粗皮症狀)으로 나타난 더뎡이병 발생을 보고하였는데, 병원균은 *S. scabies*와 다르고, 토양과 종서 전염을 하고 병원성이 비교적 약한 새로운 *Streptomyces* sp.를 분리하였으나, russet scab과 비교 시험한 결과 동일하였다고 하였다.

Tashiro 등(1990)은 병원균주에서 DNA를 검출하여 더뎡이병균의 유전적 유연관계에 의한 분류를 시도하였으며, Natsume 등(1996, 1998)은 더뎡이병균 중에는 concanamycin A, B 및 thaxtomin A를 생산하는 균주와 thaxtomin A를 생산하지 못하는 균주가 있다고 하였다. 또한 병원성이 있는 더뎡이병원균은 thaxtomin A와 concanamycin A, B를 생산하며 생산여부와 생산량을 가지고 균 분류의 가능성을 제시하였다. Martin 등(1993)은 *S. scabies*를 오토밀한천배지 또는 오토밀액체배지에서 배양함으로써 phytotoxin이 생산되었음을 보고하였다.

Lorang 등(1994)은 감자 더뎡이병의 병원성검정을 위해서 액아를 이용하였고, Faucher 등(1992)은 소괴경을 이용하였다. 그리고 Conn 등(1998)은 감자 괴경을 자른 슬라이드 위에 오토밀배지에서 자란 균의 조각을 올려놓아 병원성을 검정하였다. Loria 등(1986)은 더뎡이병 저항성과 생태연구 등을 위하여 줄기를 삽목하여 얻은 괴경의 사용 가능성을 제시하였다. 또한 田代(1999)는 멍아 줄기를 이용하여 병원성 간이검정을 하였고, 高橋(1995)는 감자 실생 유묘의 잎에 접종하는 간이방법으로 품종저항성 검정을 하였으며, 또한 더뎡이병원균을 인공배양하여 포자현탁액을 만들어 토양접종에 의한 저항성검정을 하였다.

2. 더뎡이병 방제

가. 화학적 방제

병의 발생을 억제하기 위하여 감자 파종시 일반적으로 이병 씨감자는 사용하지 않도록 하고, 산성토양에서 자라는 균에 대해서는 만코지 분말로 씨감자에 처리하여 파종하였을 때 효과가 있었다고 하였다(Hooker, 1990). 植松와 片山(1990)도 스트렙토마이신황산염·옥시테트라사이클린수화제 등으로 씨감자 소독을 하면 전염원 차단효과가 크다고 하였는데, 현재 일본에서는 엠지스수화제, 스트렙토마이신황산염·옥시테트라사이클린수화제, 후루아지남수화제가 씨감자소독 농약으로 등록되어 있다.

일본에서는 토양소독 약제로 PCNB제와 클로로피크린을 사용하고 있으나 방제효과가 낮았다고 하였으며(植松과 片山, 1990), 토양소독을 하여도 이병된 씨감자를 사용하면 방제효과가 없으며, 관수와 토양소독을 병행해야 안정된 방제효과를 얻을 수 있다고 하였는데, 괴경형성 개시 직후 30일간 관수하면 높은 발병억제 효과를 얻을 수 있다고 하였다(田代, 1989). 차 등(1993)은 후루아지남수화제로 씨감자소독 후 다조메입제(30kg/10a)로 토양소독을 하면 82.7%의 방제가를 보이거나 약해가 발생한다고 하였으며, 후루아지남수화제로 씨감자소독 후 후루아지남분제로 토양 혼화처리시 93.6%의 방제효과가 있으며 약해도 발생하지 않았다고 하였다. 임 등(1990)은 트리크라마이트를 골처리(30kg/10a)하고 스트렙토마이신황산염·옥시테트라사이클린수화제로 씨감자소독시 92.1%의 방제효과가 있다고 하였다. 그러나 Hide와 Read(1991)는 Oxamyl를 매년 살포한 결과, 4년까지는 더뎡이병 발생은 증가되었으나 5년 이후부터 감소한다고 하였다. 파종전 붕산(3%)을 씨감자에 30분간 침지처리한 경우(De와 Sengupta, 1993)와 감자파종 직전 30분간 0.5% 2-methoxy ethylmercury chloride, 1% boric acid + 0.05% zine sulfate를 처리한 것이 더뎡이병 방제에 효과가 좋은 것으로 보고되었다(Mishra, 1991).

나. 재배적 방제

木村(1981)는 더뎡이병의 발생요인으로 토양온도, 토양 pH, 통기성 등을 꼽았으며, 임 등(1990)은 연작할수록 발생은 증가하고, 논에 재배하면 밭 재배에 비해 더뎡이병 발생이 감소한다고 하였다. 또한 토양수분은 감자 품질과 더뎡이병의 발생에 관여하며(Carr, 1989; 木村, 1981), 방제를 위해 관수에 대한 연구가 필요한 것으로 제안되었다(Kobayashi, 1989). 콩과 알팔파로 윤작을 하면 더뎡이병 발생이 감소되며(Rich, 1993), 3년에서 6년간 양과, 콩, 옥수수 등으로 윤작을 하면 감자 연작에 비해 더뎡이병의 발생이 감소된다고 하였다(Hooker, 1956). 松田(1981)는 더뎡이병 발생억제를 위해 윤작이 효과가 있다고 하였으나, 윤작이나 유기물 시용은 단기간에 효과를 보기는 어렵고, 장기간 검토가 필요하다고 하였다. 渡辺(1988)는 콩을 녹비로 재배하면 더뎡이병 발생이 억제되거나 보리를 녹비로 재배할 때는 발생이 증가된다고 하였다. 田中(2000)는 각종 단백질자재 및 'Ferosand'를 토양에 시용하면 방제효과가 있다고 하였는데, 이는 토양 pH가 낮아져서 방선균의 증식을 억제하기 때문이라고 하였다. 田中와 官島(1997)는 더뎡이병 발생이 심한 포장에서는 5년간 윤작을 하여도 억제효과가 없었으며, 발병이 적은 포장은 윤작 년수가 많을수록 발생이 낮다고 하였다.

Rich(1983)는 더뎡이병 방제에 가장 효과적인 방법은 저항성품종을 재배하는 것이라고 하였다. 植松과 片山(1990)는 더뎡이병에 저항성이 높은 품종을 재배하고, 씨감자는 되도록 건전한 괴경을 선별하여 종자소독을 철저히 함으로써 발생을 줄일 수 있다고 하였으며, 田中(2000)는 '根育31号' 품종이 더뎡이병에 저항성이라고 하였다.

Goss(1937)는 토양내에 공기유통이 불량하면 더뎡이병이 감소되며, 괴경형성기에 관수효과가 있으나 항상 효과가 있는 것은 아니며, 온도는 더뎡이병 발생에 큰 영향이 없고, 다른 미생물과의 경쟁에 의하여 병 발생이 영향을 받는다고 하였다. Lapwood와 Hering(1970)도 괴경형성기에 관수가 병 발생을 감소시킨다고 하였다.

Lambert와 Manzer(1991)는 토양 pH가 높을 때, 그리고 토양 중의 칼슘함량보다 괴경 표피에 칼슘집적이 많은 경우 더뎡이병 발생이 심하다고 보고한 바 있다.

또 Duff와 Welch(1927)에 의하면 더뎡이병에 심하게 감염되지 않은 점질 토양은 사질토양보다 발생이 적었다고 하였다. 임 등(1990)은 토양이 건조하거나 과습하면 더뎡이병이 많으며, 식양토에서는 발생이 없었다고 하였다. 植松과 片山(1990)은 토양 pH를 5.0이하로 유지하면 더뎡이병을 억제할 수 있다고 하였다.

水野 등(1995)은 생리적 산성비료인 유안, 과석, 황산가리를 시용하고 황산알루미늄을 첨가하였을 때 더뎡이병이 현저하게 감소되었으며, 토양 pH가 낮아지고 수량이 감소된다고 보고하였다. 황산알루미늄(200kg/10a)과 황산암모니움(36kg/10a)을 시용하였을 때 방제가는 63~65%로 비교적 높았으나, 수량은 감소하고, 토양 pH는 낮아졌으며(吉田 등, 1996), 유황시용구가 후기에 pH 저하시켜 더뎡이병 발병 억제에 효과가 있었다(水野와 吉田, 1994). 田中와 官島(1997)는 식물성 단백질 공급은 더뎡이병 방제가를 90%이상 높일 수 있었으나, 미숙퇴비 시용시 더뎡이병 발생을 증가시키는 요인이 된다고 하였다.

다. 생물적 방제

植松과 片山(1990)는 포장에서 괴경 표면이나 뿌리 부근에 더뎡이병균에 대하여 항균활성을 나타내는 균이 존재한다고 하였으며, 田中와 官島(1997)는 고온 건조 조건에서 토양에 정착할 수 있는 비병원성 *Streptomyces*속균을 이용한 더뎡이병 방제가 바람직하다고 하였다. Liu 등(1995)은 토양에서 분리한 *S. diastatochromogenes* 등 2종의 미생물을 이용하여 4년간 더뎡이병 억제 시험결과 효과가 있었으며, 수량에는 영향을 미치지 않았다고 하였다. 또한 감자를 재배하기 전에 먼저 콩을 재배한 후 이를 녹비로 사용하였을 경우에 더뎡이병이 감소한다는 보고가 있는데, 이것은 콩의 유체가 *Bacillus subtilis* 등의 길항균의 물질 생성을 좋게 하기 때문이라고 하였다(渡辺, 1988).

Neeno-Eckwall과 Schottel(1999)은 *Streptomyces*의 변종이 생산하는 항생물질을 이용한 생물적 방제연구를 시도하여 실내시험 결과 효과가 좋았다고 하였다. 따라서 현재까지 더뎡이병 병원균 발생을 억제시키는 항균물질 생산 또는 길항미생물 접종에 의한 방법 등이 시도되고 있는데, 실내시험과 소규모 포장시험에서는 좋은 결과를 보였으나 대단위 포장시험에서의 효과 입증에는 다소 문제가 있는 것으로 보고되었다(Neeno-Eckwall과 Schottel, 1999).

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 더뎡이병의 발생조사

가. 가을감자에서의 더뎡이병 발생

제주도에서의 가을감자 재배는 8월 하순경에 과종하여 그 해 12월부터 이듬해 3월까지 수확을 하는데, 수년간 재배를 하고 있는 남제주군 대정읍 상모리에서 1995년 2월 13일~24일에 발생조사를 하였다.

조사방법은 감자 수확작업을 하고 있는 15포장을 무작위로 선정하여 감자 재배년수와 유허시용량, 전(前)작물 등을 청취, 조사하였으며, 포장의 가운데 지점에서 수확된 감자 중 약 100g 이상의 감자를 무작위로 100개를 채취하여 이병율을 조사하였다. 토양의 화학적 성분은 포장의 3개 지점에서 지표면으로부터 깊이 약 20cm 지점까지 골고루 토양을 채취하여 제주도농업기술원 토양 분석실에서 pH, 유기물, 유효인산, 칼륨, 마그네슘, 칼슘을 분석하였으며, 토양 분석 결과 및 농가 청취조사 결과를 이용하여 이들 각 요인들에 대한 상관분석을 실시하였다.

나. 봄감자에서의 더뎡이병 발생

봄감자 재배는 2월 하순경에 과종하여 5월 하순~6월 상순에 수확을 하는데, 1995년에 제주도 전역 일주도로 주변 18개 포장을 무작위로 선정하여 6월 5일~20일에 가을감자 발생조사 방법과 동일한 방법으로 조사하였다. 토양 분석과 상관분석 역시 가을감자의 조사방법과 동일하게 실시하였다.

다. 토양 pH와 더뎡이병 발생과의 상관관계

토양 pH와 더뎡이병 발생과의 관련을 알아보려고 1997년 종합시험포장 비닐하우스에서 시험을 실시하였다. 유허분말과 고토석회를 흙과 혼합하여 포트에 담고 감자를 과종하여 수확시 더뎡이병 발병도를 조사하였으며, 포트별로 토양 pH를 측정하여 상관관계를 조사하였다.

라. 씨감자의 이병정도별 더뎡이병 발생

씨감자의 더뎡이병 이병정도별 병 발생을 조사하고자 1997년~1998년 2년간 남제주군 대정읍 무릉리 제주도농업기술원 씨감자 생산포장과 북제주군 애월읍 상귀리 제주도농업기술원 종합시험포장에서 각각 실시하였다.

씨감자의 이병정도는 무병씨감자, 외관상 건전씨감자, 이병씨감자로 나누었다. 무병씨감자는 제주도농업기술원에서 조직 배양한 감자줄기를 양액 재배하여 얻어진 씨감자를 사용하였고, 외관상 건전씨감자는 감자수확시 더뎡이병이 발생한 포장 농가에서 감자표면에 더뎡이 증상이 없는 씨감자를 사용하였으며, 이병씨감자는 씨감자 표면에 더뎡이병의 병반면적율이 10%내외인 것을 각각 사용하였다.

본 시험은 가을감자를 대상으로 1997년에는 8월 25일, 1998년에는 8월 27일에 감자를 파종하였다. 시험구 면적은 반복당 20m²였으며, 난괴법 3반복으로 배치하였다.



2. 더뎡이병균의 특성조사

가. 분리 및 동정

1997~1998년 제주도내 8개 읍면 18개리에서 봄과 가을감자 수확시기에 채취한 괴경에서 Scholte(1998)의 방법에 따라 NPPC 물한천 배지에서 균주를 분리한 후 광학현미경으로 포자형태를 관찰하여 나선형과 직파상형, 나선형과 직파상형의 혼합형으로 구분하였으며, 병원균의 형태적 특성을 조사한 후 제주도내 균주 채집 지역을 지도 위에 표기하였다.

감자 괴경에 발생한 병징은 Loria 등(1997), Lambert와 Loria(1989), Goyer 등(1996), 植松과 片山(1990)의 분류 방법에 따라 표면에서 약간 속으로 파고든 증상을 함몰형, 표면위로 돌출된 증상을 융기형, 그리고 표면과 거의 같은 위치의 병징은 표면형으로 구분하였는데, 채집한 괴경 중 함몰형과 융기형, 표면형의 특징이 뚜렷한 괴경을 병징별로 구분하여, *Streptomyces* 속군 분리 방법에 의해 형태적 특징에 따라 나선형과 직파상형으로 구분하였다.

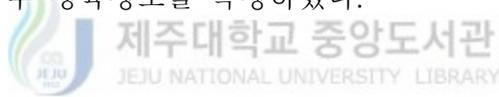
그리고 분리 균주들은 Lambert와 Loria(1989a, 1989b) 및 Miyajima 등(1998)의 방법에 의하여 동정하였다.

나. 온도별 균사생육

동정된 균주 중 *S. scabies*와 *S. acidiscabies*를 공시하여 직경이 8.7cm인 샤페를 이용하여 YMA(Yeast malt agar medium)배지 위에 시험 균주를 각각 이식하고, 22, 24, 26, 28, 30, 32℃ 온도로 맞춘 각각의 항온기에서 배양하여 3일 후 균사생장 정도를 측정하였다.

다. pH별 균사생육

S. scabies 5균주와 *S. acidiscabies*, *S. turgidisabies* 각각 2균주를 공시하여 YMA배지에 인산과 KOH를 이용하여 pH를 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 8.5로 맞추어서 8.7cm 샤페에 20ml씩 분주하고 균힌후 균을 이식하여 30℃ 항온에서 3일간 배양 후 생육정도를 측정하였다.



3. 더덩이병 방제

더덩이병 방제 포장시험은 1996년부터 2001년까지 북제주군 애월읍 상귀리 제주도농업기술원 종합시험포장(이하 종합시험포장)과 남제주군 대정읍 무릉리 제주도농업기술원 씨감자 생산 포장(이하 씨감자 생산포장), 그리고 남제주군 대정읍 상모리 농가포장(이하 농가포장)에서 실시하였다. 시험품종으로는 '대지'를 사용하였으며, 시험구당 면적은 토양처리구인 경우는 30m², 그외 처리구는 20m²이었으며, 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하였다.

비료는 감자복합비료(10-12-14)를 10a당 100kg를 전량 밑거름으로 사용하고 휴폭 60cm, 씨감자 간격 20cm로 골을 내어 파종하였다. 재배관리는 제주도 감자 표준 관리법에 준하였으며, 파종 30일 후 각 처리별로 발아율, 약해 등을 조사하고, 수확 후 이병율, 방제가, 상품율은 植松와 片山(1990) 및 농촌진흥청, 농약공업협회의 조사방법에 따라 수행하였다.

○ 조사방법 : 각 처리구 반복별 시험구 중앙부분의 10주를 수확하여 100g 이상의 괴경 30주를 깨끗한 물로 씻고 조사하였다.

○ 이병율 : 조사괴경수와 이병괴경수를 조사하여 백분율로 산출하였다.

$$\text{이병율(\%)} = (\text{병반형성괴경수} / \text{조사총괴경수}) \times 100$$

○ 병반 면적을 : 조사괴경 표면의 병반면적을 0(괴경에 더듬이병반 없음), 1(병반면적 0.1~5%), 2(병반면적 5.1~10%), 3(병반면적 10.1~20%), 4(병반면적 20.1% 이상)로 구분하여 산출하였다.

$$\text{병반면적율(\%)} = [(0n) + (1n) + (2n) + (3n) + (4n) / \text{조사총괴경수} \times 4] \times 100$$

* n: 발생괴경수

○ 방제가 : 병반면적율을 방제가 산출공식으로 적용하였다.

$$\text{방제가(\%)} = [(\text{무처리발병도} - \text{처리구발병도}) / \text{무처리발병도}] \times 100$$

○ 상품율(\%) = 병반면적이 '0', '1' 인 괴경수를 조사하여 백분율로 산출하였다.

$$\text{상품율(\%)} = (\text{병반면적율 5\%이하 괴경수} / \text{조사총괴경수}) \times 100$$

○ 약해 : 감자파종 30일 후 무처리와 비교하여 발아율과 생육상황을 달관으로 조사하였으며, 표기는 0 : 무발생, 1 : 극소, 3 : 소, 5 : 중, 7 : 심, 9 : 극심으로 하였다.

가. 화학적 방제

(1) 토양소독에 의한 방제

(가) 다조메입제 처리

다조메입제(Dazomet GR, 98%)의 적정 시용량을 결정하기 위하여 1997년 종합시험포장의 2개소에서 실시하였다. 시험구는 다조메입제 10a당 10, 20, 30 kg 처리구를 두었다. 7월 28일에 다조메입제를 살포한 후에 경운한 다음 충분히 관수하여 두께 0.05mm, 폭 7m 투명비닐로 멀칭하였다. 8월 26일에 멀칭한 비닐을 제거한 후 2차례 경운하여 토양 중의 가스를 빼고 감자를 파종하였다.

1998년~2000년 시험은 씨감자 생산포장의 2개소와 종합시험포장에서 실시하였는데, 다조메입제 시용구(30kg/10a)와 무처리구를 두었으며, 재료 및 방법은 1997년 시험과 동일하였다.

(나) 메탐소디움액제 처리

1997년 메탐소디움액제(Metam-sodium SL, 25%) 효과 및 적정 시용량을 결정하기 위한 시험은 씨감자 생산포장에서 실시하였다. 시험구는 10a당 40, 80ℓ 살포구, 40, 60ℓ 주입구를 두었다. 살포구는 액제 원액을 물과 1 : 1로 혼합하여 토양에 살포하였으며, 주입구는 액제 원액을 주입기를 이용하여 토심 10cm, 가로 세로 각각 20cm 간격으로 주입하였다. 7월 25일에 약제를 처리하고, 다조메입제와 동일한 방법으로 관리하였으며, 8월 22일에 감자를 파종하였다.

(다) 후루아지남분제 처리

후루아지남분제(Fluazinam PL, 0.5%)에 의한 더덩이병 방제 시험 중 토양 처리시험은 1995년 농가포장과 1996년 씨감자 생산포장에서 실시하였으며, 생육기 처리시험은 1998년 씨감자 생산포장에서 실시하였다.

시험구는 10a당 40kg 시용구와 무처리구를 두었다. 토양처리 시험에서는 후루아지남분제를 골에 살포한 후 감자를 파종하였으며, 생육기 처리구는 감자 생육 중에 후루아지남분제를 골에 살포하고 배토작업을 하였다.

(2) 씨감자 소독에 의한 방제

(가) 농약선발 실내실험

씨감자소독 농약을 선발하기 위하여 스트렙토마이신 황산염·옥시테트라사이클린수화제 등 11종을 선정하였으며, 희석배수는 1,000배액로 하였다. 시험에 사용한 농약은 세균전용 농약이 5종, 진균전용 농약이 6종이었으며, 시험균주는 *Streptomyces scabies*로 동정된 균주와 *S. acidiscabies*로 동정된 균주이고, *S. scabies*의 표준균주로 공인 받은 KCTC 1149균주를 비교 균주로서 공시하였다.

검정방법은 멸균수에 혼합한 병원균을 50℃정도로 식힌 ISP 2배지에 넣고 잘 혼합하여 직경 8.7cm의 사레에 20ml씩 부어 굳힌 다음, 직경 8mm의 페퍼디스크를 올려놓고, 희석한 농약 0.5ml를 피펫으로 주입하여 28℃에 배양하였다. 배양 5일 후 페퍼디스크 주위에 형성된 저지원의 길이를 측정하여 형성되지 않았거나 1mm이하이면 ‘-’, 1~10mm이면 ‘+’, 10.1mm이상이면 ‘++’로 표기하였으며, 조사결과 효과가 인정된 농약에 대해서는 농약희석농도를 50배액과 100배액으로 높여서 위와 같은 방법으로 재시험하여 저지원이 1mm이하이면 ‘-’, 1~10mm이면 ‘+’, 10.1~30mm면 ‘++’, 30.1mm이상이면 ‘+++’로 표기하였다.

(나) 씨감자 소독 포장시험

1998년 씨감자 생산포장에서 봄감자와 가을감자를 대상으로 실시하였다. 시험농약은 실내실험에서 효과가 인정된 항생제(스트렙토마이신황산염·옥시테트라사이클린수화제, 농용신수화제, 엠지스수화제) 각각 50배액과 일본에서 종자소독약제로 등록된 후루아지남수화제 100배액을 사용하였다.

파종 하루 전에 희석배수별로 씨감자를 30분간 침지소독한 다음 그늘에서 말렸고, 봄감자는 3월 2일, 가을감자는 8월 25일에 파종하였다.

(3) 토양소독과 씨감자 소독에 의한 방제

(가) 씨감자 이병정도별 소독시험

1997년~1998년 씨감자 생산포장과 종합시험포장에서 실시하였다. 씨감자의 이병정도별 토양소독효과 시험은 다조메 입제로 토양소독을 하고 무병씨감자, 외관상 건전씨감자, 이병씨감자를 각각 파종하였으며, 무처리구에는 토양소독을 하지 않고 외관상 건전씨감자를 파종하였다.

이병정도별 씨감자를 스트렙토마이신황산염·옥시테트라사이클린수화제 50배액으로 소독을 하고 무병씨감자, 외관상 건전씨감자, 이병씨감자를 파종하였으며, 무처리는 씨감자 소독을 하지 않은 외관상 건전씨감자를 파종하였다.

이병정도별 씨감자의 토양소독과 씨감자소독 시험은 다조메입제로 토양소독을 하고, 스트렙토마이신황산염·옥시테트라사이클린수화제 50배액에 무병 씨감자, 외관상 건전씨감자, 이병씨감자를 구분하여 소독을 하고 파종하였으며, 무처리인 외관상 건전씨감자를 파종하였다.

(나) 토양소독과 씨감자 소독에 의한 방제

방제효과를 높이고자 토양소독과 씨감자 소독을 병행하여 2000년에 종합시험포장에서 시험을 실시하였다. 토양소독구는 다조메입제, 씨감자소독구는 스트렙토마이신황산염·옥시테트라사이클린수화제와 만코지수화제 50배액을 각각 처리하였다. 시험구 면적은 반복당 60㎡로 주구를 토양소독구로 세구는 씨감자 소독구로한 세구배치법 3반복으로 하였는데, 7월 25일 토양처리구의 토양소독시험 방법에 준하여 소독하였다.

8월 23일 가스빼기와 경운을 하고, 8월 25일에 처리구 반복당 3개구로 분할하여 각 처리구가 20㎡가 되도록 하고 각 구에 스트렙토마이신황산염·옥시테트라사이클린수화제로 소독한 씨감자와 만코지수화제로 소독한 씨감자를 파종하였다.

(4) 생육기 살균제 살포에 의한 방제

감자 생육기간 중 항생제 살포에 의한 방제효과를 알고자 2000년에 종합시험포장에서 6종의 농약을 공시하여 시험을 실시하였다. 시험농약의 희석배수는 스트렙토마이신황산염·옥시테트라사이클린수화제는 1,500배액, 이외 농약은 1,000배액으로 하였다.

3월 2일에 파종하여 생육초기인 4월 10일과 중기인 5월 1일에 농약 희석액(250ℓ/10a)을 잎과 줄기에 골고루 살포하였다.

나. 재배적 방제

(1) 저항성품종 선발

1997년에는 남제주군 대정과 성산지역의 농가 포장에서, 2001년에는 종합시험포장에서 실시하였다. 시험품종은 제주도의 주 재배품종인 대지 품종에 대비하여 1997년에는 외국에서 도입하여 재배 가능성을 검토중인 9품종을 공시하였고, 2001년에는 현재 우리나라에서 재배가 되고 있는 9품종에 대한 검정을 수행하였다.

(2) 윤작에 의한 발생 억제

(가) 윤작 기간

1997년 가을에 감자를 재배하였던 종합시험포장에서 실시하였다. 연작구는 1998년 봄부터 1999년 가을까지 계속 감자를 재배하였고, 1년 연작구는 1998년 봄에 감자를 재배한 후 1998년 가을부터 1999년 봄까지 콩과 보리를 재배하였다가 1999년 가을에 감자를 재배하였다. 그리고 1.5년 윤작구는 1998년 봄에 보리, 가을에 콩, 1999년 봄에 보리를 재배하였다가 가을에 감자를 재배하였으며, 2년 윤작구는 1997년 포장정리 후 감자를 재배하지 않고 휴한하고 1998년 봄에 보리, 가을에 콩, 1999년 봄에 보리를 재배하였으며, 가을에 감자를 파종하여 각 처리구의 더듬이병 발생정도를 1999년 12월 20일 수확 후 조사하였다.

(나) 작부체계

1998~1999년에 종합시험포장에서 실시하였다. 봄에 감자를 파종한 구를 대비하여, 3월 상순에 귀리를 파종하여 5월 중순에 녹비로 이용한 구, 5월 상순에 콩을 파종하여 7월 하순에 녹비로 이용한 구, 5월 중순에 배추를 정식하여 7월 중순에 수확한 구 등에 8월 중순 감자를 파종하여 12월 중순에 수확 후 조사하였다.

(3) 유기물 및 무기양분 시용에 의한 발생 억제

(가) 유기질비료 시용

1998~1999년에 종합시험포장에서 실시하였다. 시험포장은 더덩이병 발병이 심한 포장과 발생이 적은 포장을 선택하였는데, 1998년에는 봄감자를 대상으로, 1999년에는 봄과 가을 감자를 계속 재배하면서 유기질비료 시용에 대해 시험을 수행하였다. 처리구는 퇴비 무시용 봄감자 재배 + 퇴비 무시용 가을감자재배를 대비구로 하여, 퇴비 시용 봄감자 재배 + 퇴비 무시용 가을감자재배구와 퇴비 시용 봄감자 재배 + 퇴비 시용 가을감자 재배구, 퇴비 2배 시용 봄감자 재배 + 퇴비 2배 시용 가을감자 재배구로 나누었으며, 퇴비의 기준량은 시판용 퇴비(돈분) 200 kg/10a로 하여 '98년에는 3월 4일, '99년에는 3월 5일과 8월 20일에 파종하였다.

(나) 녹비 시용

2000년에 종합시험 포장에서 실시하였다. 처리구는 녹비작물로 수수교잡종(품종명 : 파이오니아 330)을 사용한 구와 콩(품종 : 백운콩)을 녹비로 이용한 구, 미생물인 *Bacillus* sp.를 처리한 구, 무처리구였다. 수수교잡종은 5월 20일에 파종한 후 7월 20일에 파쇄 후 경운하였고, 콩은 5월 20일에 파종한 후 7월 20일에 경운하여 녹비로 이용하였다. *Bacillus* sp.균은 Nutrient Broth 배지에서 진탕 배양한 후 옥수수박에 혼합하고 증식하여, 10a 당 200kg을 사용하였다.

(다) 무기양분

1999년 종합시험포장에서 실시하였다. 토양시용 시험은 3월 18일에 시험구를 조성하여, 망간, 마그네슘, 규소, 붕사를 각각 2kg/10a 시용한 후 감자를 파종하였으며, 엽면시비 시험은 9월 2일에 파종하여, 생육 중인 11월 1일에 붕소 3%액을 엽면 살포하였다.

(4) 유기농자재 시용에 의한 발생 억제

환경농법으로 사용하고 있는 유기농자재 중 산성제재인 목초액과 알카리제재인 바로돈땅, 그리고 E.M(Effective Microbe)효소균을 가지고 1998년에 남

제주군 대정읍 상모리 농가포장에서 가을감자를 대상으로 토양처리 및 엽면 살포를 실시하였다.

8월 20일에 감자를 소독하여 파종한 후 30일이 지나서 토양 관주를 처리구 별 하였고, 엽면살포는 파종 50일과 60일 후에 실시하였다. 그리고 위 시험과 별도로 1998년 씨감자 생산포장에서 목초액과 바로돈그린 500배액으로 씨감자 소독과 토양처리 및 엽면 살포를 실시하였다.

(5) 토양 개량제 시용에 의한 발생억제

(가) 유향분말과 석회비료시용

유향분말과 석회비료에 대한 더덩이병 억제 시험은 1998년 종합시험포장에서 실시하였다. 처리구는 10a당 유향분말 100, 200kg 및 석회고토 비료 100, 200kg 시용구, 그리고 무처리를 두어 3월 4일에 감자를 파종하였다.

(나) 토양개량제 시용

최근 감자포장에 사용이 급증하고 있는 규산질비료 및 폐화석 시용에 의한 더덩이병 발생 억제효과 시험을 남제주군 대정읍 상모리 농가포장에서 1998~1999년에 실시하였다.

1998년에는 가을감자를 대상으로 처리구를 규산질비료, 폐화석, 고토석회를 10a당 각각 200, 300kg시용구와 무처리구를 두었다.

1999년에는 봄감자를 대상으로 처리구를 10a당 규산질비료 200, 400kg시용구, 고토석회 150, 300kg시용구, 무처리구를 두어 3월 4일에 감자를 파종하였다.

옥수수박 및 톱밥에 의한 더덩이병 억제 시험은 종합시험포장에서 1999년 봄감자를 대상으로 처리구를 10a당 옥수수박 100kg시용구, 규산질 비료 200kg 시용구, 톱밥 300kg시용구 및 무처리구를 두어 3월 18일에 감자를 파종하였다.

(6) 토양수분 조절에 의한 발생 억제

1998년에 종합시험포장에서 가을감자를 대상으로 실시하였다. 처리구는 8월 20일에 감자를 파종하여 괴경형성기인 10월 15일부터 10, 20, 30일간 적습구와 무처리구를 두었다. 적습구는 석고블럭과 텐션메타를 각각 시험구 반복 당 1개씩 설치하여 토양수분은 0.5bar 이상을 유지하였다.

(7) 흑색 비닐멀칭에 의한 발생 억제

1998년 종합시험포장에서 가을감자를 대상으로 흑색비닐멀칭구와 무처리를 두어 8월 20일에 감자를 파종하였다.

다. 생물학적 방제

(1) 미생물 선발

감자재배 연작지에서 더뎡이병 발생이 적은 포장의 토양의 현탁액을 Benet agar 배지에 도달한 후 25℃ 항온에서 10일간 배양하여 형성된 Colony를 각각 순수분리 후 더뎡이병균주와 대치배양 실험을 거쳐 *Bacillus* sp.를 선발하였다.

(2) *Bacillus* sp.에 의한 발생 억제

선발된 SH-1(*Bacillus* sp.)균을 Nutrient broth(Bacto extract 3g, Peptone 5g/Liter)에 접종하여 28℃에서 150rpm 속도로 3일간 액체 배양한 후, 배양된 균을 NYSM배지(0.8% Nutrient broth, 0.05% Yeast extract, 5×10^{-3} M $MnCl_2$, 7×10^{-4} M $CaCl_2$, 10^{-3} M $MgCl_2/\ell$)로 이식하여 포자를 형성시켰다. 배지의 영양원은 참깨박, 증량제는 버미큘라이트를 사용하였다. 배지 조성은 멸균 건조시킨 후 온실에서 참깨박과 버미큘라이트를 1 : 1 비율로 혼합한 후 탈지유와 Alginic acid를 참깨박의 1%, Kaoline을 10%로 혼합한 다음 Xanthan gum 10%를 다시 혼합하였다. 그 후 수분함량이 50~60% 유지되도록 멸균수로 조절하였다. 완성된 배지는 비닐로 덮어 30℃가 유지되도록 하였고 매일 2회씩 저였으며 배양한 혼합물은 NA(Nutrient agar)배지에 도달하여 증식을 확인하였다.

미생물 *Bacillus* sp.에 의한 더뎡이병 억제시험은 1998년 씨감자 생산포장에서 실시하였다. 처리구는 *Bacillus* sp.와 토양소독과의 관계를 구명하고자 *Bacillus* sp.처리구, 다조메입제(30kg/10a) 처리구, 다조메입제 토양소독 및 *Bacillus* sp.처리구, 무처리구를 두었다. 미생물은 8월 25일에 10a당 200kg를 토양전면에 살포한 후 감자를 파종하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 더듬이병의 발생조사

가. 가을감자에서의 더듬이병 발생

1995년 남제주군 대정읍 상모리에서 가을감자 수확기인 2월 13~24일에 걸쳐 15포장에서 조사한 이병율 및 재배년수, 유허시용량, 전(前)작물 재배, 토양화학성을 분석한 결과는 표 1에 나타나 있는 바와 같다.

Table 1. Occurrence of common scab in the fields surveyed in February, 1995 and analysis of soil collected from the fall crop fields

Field no.	% infection	pH (1:5)	OM (%)	Ex.(me/100g)			Av.P ₂ O ₅ (ppm)	Cultivation years	Sulphur (kg/10a)	Former crop cultivated
				K	Mg	Ca				
1	69	5.0	19.5	1.52	1.0	6.4	106.3	15	159	Potato
2	18	4.9	14.2	1.26	0.7	4.8	52.2	12	0	Fallow
3	32	5.5	15.6	1.91	0.8	10.4	87.0	16	0	Barley
4	45	5.5	9.3	2.04	1.7	10.0	76.0	17	0	Potato
5	90	5.6	13.5	2.41	1.4	8.7	50.4	20	0	Potato
6	35	5.4	11.4	2.90	2.1	10.4	90.7	6	147	Fallow
7	22	4.7	9.2	3.17	1.7	4.1	153.0	4	125	Fallow
8	0	4.6	8.9	2.89	0.4	1.7	101.7	3	120	Chinese cabbage
9	12	5.4	16.1	2.94	1.9	8.7	222.6	10	115	Chinese cabbage
10	67	5.5	6.0	2.51	1.2	4.6	176.8	20	0	Potato
11	30	5.5	3.7	1.29	0.5	5.6	173.1	5	0	Chinese cabbage
12	12	4.5	7.8	2.08	0.5	2.1	53.1	6	0	Barley
13	36	4.7	6.9	2.16	1.5	4.4	222.6	15	0	Barley
14	35	5.3	7.4	2.93	1.9	7.5	174.0	10	0	Barley
15	13	5.1	11.8	3.02	1.7	7.4	166.9	8	0	Fallow

조사포장의 더듬이병 발병율은 0~90% 범위로 다양하였는데, 15포장 중 10포장의 발병율이 20%이상의 높은 발병율을 보였다. 전남에서도 봄감자에서 72.4%, 가을감자에서 19.4~41.3% 발생하였다고 보고가 있으며(차 등, 1993), 본 조사에서는 특히 pH 5.0이하인 5포장 중 4포장에서 더듬이병이 발생하였는데, 田代 등(1999)도 일본에서 pH 3.9인 토양에서도 21.9%의 발병을 나타낸 예가 있다고 보고하였다. 그러나 Loria 등(1997)은 *S. scabies*는 pH 5.0 이하에서는 생장할 수 없다고 하였으나, 더듬이병이 상당히 발생한 것으로 보아 *S. scabies* 외에 산성에서도 잘 자라는 *S. acidiscabies*가 조사포장에 존재하는 것으로 생각된다.

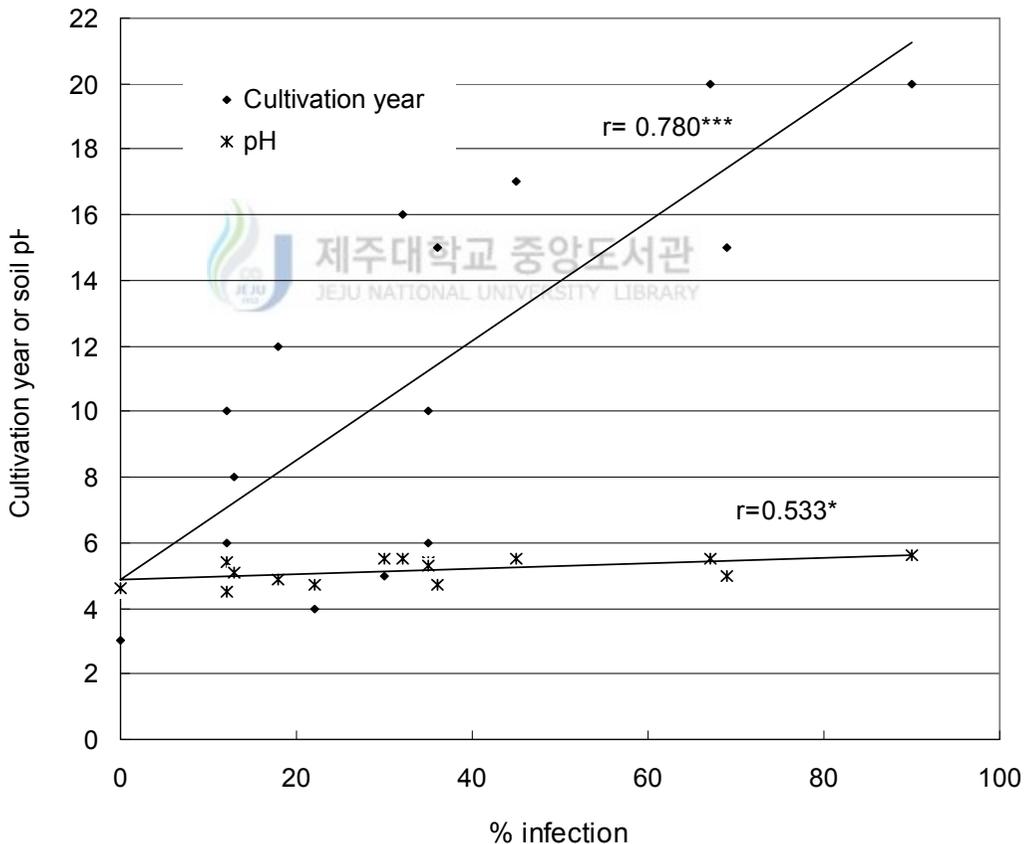


Fig 1. Relationship between incidence of potato common scab and soil characteristics in the fields.

*, **, *** : significant at the probability levels 0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

이병율과 재배년수 및 pH와 상관관계를 분석한 결과는 그림1에 나타나 있는 바와 같이 더텡이병 발병율과 재배년수는 고도로 유의상관이 있었으며 ($r=0.78$, $p<0.001$), 토양 pH와의 상관관계수는 $r=0.53$ 으로 높게 나타났다. 그러나 그 외 요인들은 유의성이 인정되지 않았다. 김 등(1998), 임 등(1990)은 감자더텡이병 발병율과 pH와는 고도의 상관관계가 있다고 하였으며, 임 등(1990)은 칼슘 및 마그네슘과 상관관계가 있다고 하였는데, 본 결과 칼슘 및 마그네슘과의 상관관계는 없었다.

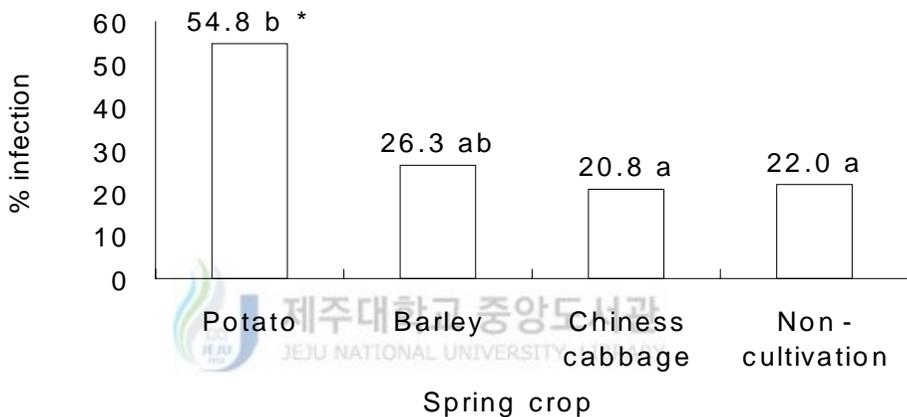


Fig 2. Effect of cultivated crops on incidence of potato common scab in the fall crop field.

* Mean separation by Duncan's multiple range test at 5% level.

봄과 가을감자를 계속해서 재배하였을 때 54.8%의 이병율인 반면, 전(前)작물로 보리를 재배하였을 때는 26.3%, 배추를 재배하였을 때는 20.8%, 휴경하였을 때는 22.0%로 이병율이 낮았다(그림 2). 따라서 계속해서 감자를 재배하는 것보다는 다른 작물과 윤작하는 것이 더텡이병 발생을 꽤 감소시키는 효과가 있었다.

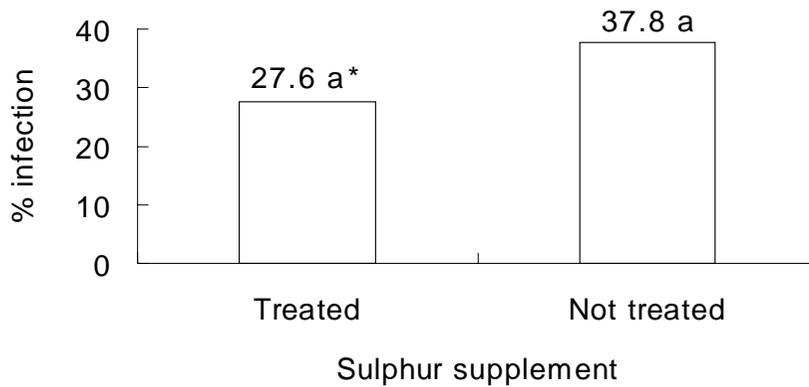


Fig 3. Effect of sulphur treatment on incidence of potato common scab in the field.

* Mean separation by DMRT at 5% level.

유황을 시용한 포장의 더텡이병 발병율은 27.6%로 시용하지 않은 포장의 37.8% 보다 이병율은 낮았지만 처리간 유의성은 없었다. 따라서 유황시용 단독처리에 의한 더텡이병 방제 효과는 없는 것으로 보인다. 임 등(1990)은 황을 시용할 경우 발생이 적었다고 하였는데, 이는 황을 시용한 구가 무처리구에 비해 토양 pH가 낮은 원인으로 보인다.

나. 봄감자에서의 더듬이병 발생

1995년 제주도 전역에서 봄감자 수확기인 6월 5일에서 20일 사이에 18포장에서 조사한 이병율 및 재배년수, 전(前)작물 재배, 토양 pH는 표 2에 나타나 있는 바와 같다.

Table 2. Incidence of potato common scab and some soil characteristics in the spring-crop fields

Location	% infection	Cultivation years	Former crop cultivated	Soil pH
Hangyeong, Bukjejugun	1	1	Garlic	5.4
	3	2	Cabbage	5.5
	40	15	Sweet potato	5.6
	25	15	Garlic	5.8
Jochon, Bukjejugun	1	4	Potato	5.5
Deajong, Namjejugun	0	2	Chinese cabbage	5.6
	0	3	Garlic	5.5
	0	1	Garlic	5.2
	4	4	Fallow	4.6
	20	6	Rape	5.1
	0	1	Carrot	5.2
Seongsan, Namjejugun	0	1	Carrot	5.7
	0	1	Carrot	5.6
	1	1	Carrot	5.8
	0	1	Carrot	5.7
	2	1	Beet	5.5
Poseon, Namjejugun	15	4	Carrot	5.3
Andeok, Namjejugun	1	5	Soybean	4.9

봄감자는 가을감자와는 달리 감자 더듬이병 발생율이 적었는데, 이는 제주도에서의 봄감자 재배는 주로 가을감자 씨감자를 생산할 목적이기 때문에 가급적 감자재배를 하지 않은 포장과 더듬이병 발생이 적은 포장을 선택하여 재배하기 때문인 것으로 생각된다.

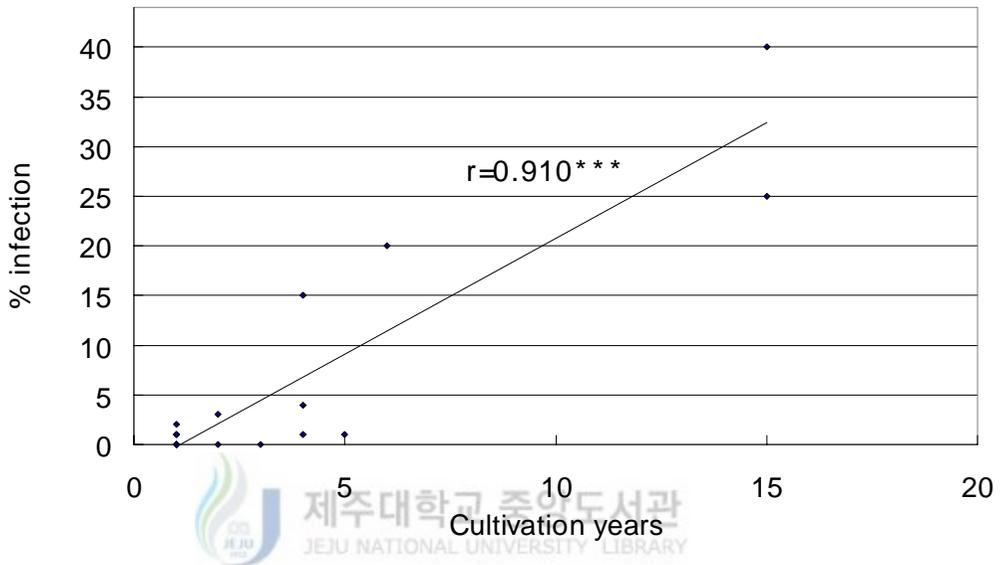


Fig 4. Relationship between incidence of potato common scab and cultivation years in the spring-crop fields.

*, **, *** : significant at the probability levels 0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

봄감자에서의 더듬이병 발생율과 재배년수는 고도로 유의한 상관이었으나 ($r=0.91$, $p<0.001$), 토양 pH와 유의성이 인정되지 않았는데(그림 4), 이는 조사포장의 토양 pH가 비교적 낮았기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 제주도의 더듬이병 발생은 연작에 의한 요인이 크므로 더듬이병을 근본적으로 줄이기 위해서는 가급적 연작을 하지 말아야 한다고 생각된다.

다. 토양 pH와 더듬이병 발생과의 상관관계

온실에서 pH를 조절한 포트에 각각 감자를 재배하여 토양 pH와 더듬이병 발생과의 관계를 분석한 결과, 그림 5에 나타난 바와 같이 토양 pH가 높아

질수록 발병도가 높아졌다($r=0.80$, $p<0.01$). 따라서 토양 pH는 더덩이병 발생에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 여겨지며, 이는 이미 植松과 片山(1990), Hooker(1990), 김 등(1998), 임 등(1990)이 토양 pH는 더덩이병 발생에 가장 큰 영향을 미친다고 한 결과와 일치하였다

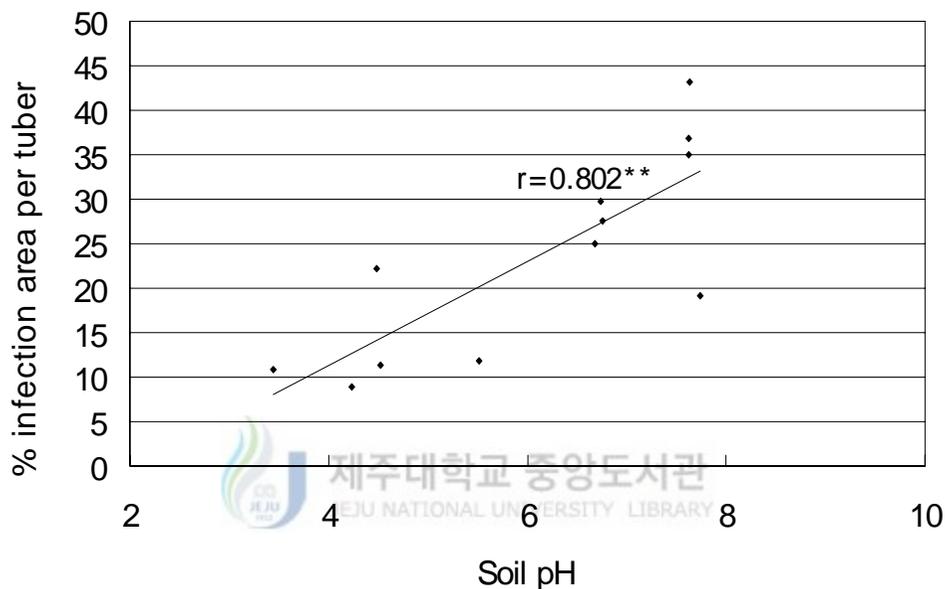


Fig 3. Relationship between incidence of potato common scab and soil pH in the pots.

*, **, *** : significant at the probability levels 0.5, 0.01, and 0.001, respectively.

라. 씨감자의 이병정도별 더덩이병 발생

1997년과 1998년에 무병 씨감자를 비롯하여 외관상 건진 씨감자, 이병 씨감자를 선별하여 파종후 더덩이병 발생을 조사한 결과는 표 3에 나타난 바와 같이 씨감자의 이병 정도가 더덩이병 발생정도에 전혀 영향을 미치지 않았는데, 이는 植松과 片山(1990)가 보고한 바와 같이 재배포장에서의 높은 병원균 밀도 때문에 전체적으로 발병이 심하게 되어 그 차이를 볼 수 없었던 것으로 생각된다.

Table 3. Occurrence of common scab after cultivation of seed tubers with different infections rates with the disease in the field

Source of seed tuber	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Healthy	94.3 a*	39.4 a	0	42.3 a
Symptomless	96.4 a	35.3 a	0	65.7 a
Infected	93.9 a	33.3 a	-	86.6 a
CV(%)	4.1	8.5		15.8

* Mean separation by DMRT at 5% level.

2. 더덩이병균의 특성조사

가. 분리 및 동정

제주도에서 발생하고 있는 감자더덩이병 균의 병원균 분리 및 동정을 위하여 1997~1998년에 봄감자 재배와 가을감자 재배포장에서 더덩이병 증상을 보인 괴경을 채집하여 분리한 99균주의 형태적 특성을 조사한 결과, 사진 1과 같이 나선형과 직과상형의 포자가 형성되는 두 그룹으로 나누었으며, 이외에 나선형과 직과상형을 모두 형성하는 혼합형이 존재하였다.



Photo 1. Morphology of spore chains and symptoms of common scab. Spiral(upper part on the left), rectiflexuous(lower part on the left), lesions(right).

이들의 분류 그룹들의 분포는 표 4에서 나타난 바와 같이 분리균주 중 나선형은 55.6%, 직파상형은 26.3%였으며, 혼합형은 13.1%로 나타났다.

Table 4. Isolation frequency of sporal chain type of *Streptomyces* spp. isolates from potato tubers infected with common scab

% isolation from potato tubers		
Spiral	Rectiflexuous	Mixed
55.6	26.3	13.1

김 등(1998)은 우리나라 각지에서 채집한 *Streptomyces* 28균주 중 나선형이 57.1%, 직파상형이 42.9%라고 하였다. 일반적으로 더텅이병으로 알려진 *S. scabies*은 대부분 나선형이지만(Lambert, 1985), 산성에 강한 *S. acidiscabies*와 *S. turgidiscabies*는 직파상형이라고 하였다(Loria 등, 1986; Miyajima 등, 1998). 田代 (1999)는 pH가 높은 포장에서는 주로 나선형이 분포하였지만 토양 산도가 낮을수록 직파상형균이 많았다고 하였다. 따라서 제주도에도 산성에 잘 자라는 균이 많이 분포하고 있는 것으로 추정되며, 포장에서 더텅이병 발생이 심한 이유 중의 하나라고 생각된다.

그림 6은 채집 균주 지역의 나선형과 직파상형 분포를 표시한 것으로 제주도 전지역에서 두 형태의 균이 고루 분포하고 있었다.

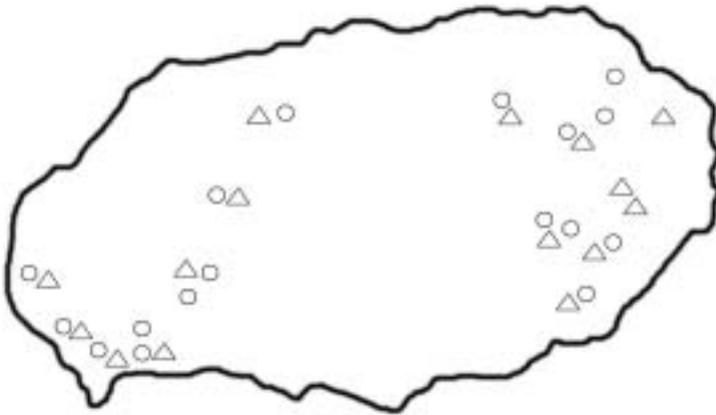


Fig 6. Distribution of two sporal types of *Streptomyces* spp. isolates in Jeju island

○ : Spiral, △ : Rectiflexuous

제주도내에서는 나선형균과 직파상형균이 감자재배 전지역에 골고루 분포되어 있어, 토양 pH 조절에 의한 방제방법은 어려울 것으로 생각된다. 일본의 北海道 경우에는 직파상형균이 전역에 분포되어 있는 반면, 나선형균은 일부에만 분포되어 있다고 보고된 바 있다(高橋, 1995).

더텅이병에 감염된 씨감자의 증상별로 병징을 구분한 결과, 사진 2에 나타나 있는 바와 같이 표면형, 융기형, 함몰형으로 구분되었다.



Photo 2. Symptoms of potato common scab on diseased potato tubers.

Superficial(left), Raised(middle), Pitted(right).

각각의 증상에서 분리된 병원균의 포자연쇄 특성을 조사한 결과는 표 5에서 나타난 바와 같이, 표면형에서 분리된 69.8%의 포자가 나선형이며, 함몰형이나 융기형으로부터 각각 41.7%, 50%의 분리 비율을 나타냈는데, 이 결과는 Faucher 등(1992), Goyer 등(1996)의 조사결과와 유사하였다. 따라서 괴경의 병 증상만으로는 병원균의 포자형태를 판단할 수 없을 것으로 생각된다.

Table 5. Isolation frequency of sporal chain types of *Streptomyces* spp. isolates from different symptoms of potato common scab

Symptom	No. of potato tubers examined	% isolation	
		Spiral	Rectiflexuous
Superficial	43	69.8	30.2
Raised	6	50.0	50.0
Pitted	12	41.7	58.3

감자더듬이병 증상에서 분리된 61균주를 동정한 결과, 표 6에서 보는 3종의 *Streptomyces*균이 동정되었으며, 이들 균의 분리비율은 *S. scabies*가 37.7%, *S. turgidiscabies*가 14.8%, *S. acidiscabies*가 18.0%로 나타났다. 김과 이(1996)는 우리나라에서 *S. scabies*가 발생한다고 보고하였으며, 김 등(1998)은 제주도에서 *S. acidiscabies*와 *S. turgidiscabies*가 발생하는 것으로 보고한바 있다. 본 연구 결과, 상기 3종의 더듬이병균은 제주도에 고루 분포하고 있는 것으로 조사되었으나 아직 미 동정된 종이 29.5%나 있어 지속적인 분류 동정 연구가 필요하다고 생각한다.

Table 6. Identification of *Streptomyces* species isolated from diseased potato tubers in Jeju island

Species	No. of isolates identified	% isolation
<i>S. scabies</i>	23	37.7
<i>S. turgidiscabies</i>	9	14.8
<i>S. acidiscabies</i>	11	18.0
<i>Streptomyces</i> sp.	18	29.5
Total	61	100

나. 온도별 균사생육

분리 동정된 *Streptomyces* spp.의 생육적온 범위를 조사한 결과는 표 7에 나타난 바와 같이 균사생육 최적온도는 28~30℃ 였는데, 이는 Hooker(1990)가 보고한 25~30℃와 비슷하였다. *S. scabies*와 *S. acidiscabies*의 균사생육 적온에는 차이가 없었으나 배양기에서 *S. scabies*의 균사생육이 *S. acidiscabies* 균사생육보다 좋았다.

Table 7. Mycelial growth of *Streptomyces* spp. isolates after 3 days of incubation on YMA medium at different temperatures

Species	Temperatures(℃)					
	22	24	26	28	30	32
<i>S. scabies</i>	+*	++	++	+++	+++	++
<i>S. acidiscabies</i>	±	+	+	++	++	+

* - : no growth, ± : very poor, + : poor, ++ : good, +++ : very good.

다. pH별 균사생육

동정된 균주 중에서 9균주를 임의로 선발하여 pH별 배양기에서의 균사생육을 조사한 결과는 표 8에 나타난 바와 같이 대부분의 균주가 pH 6~7범위에서 생육이 좋았으며, pH 5~8 범위에서 생육이 가능하였다.

조사균주 중 pH 3에서 자라는 균주는 없었지만, pH 4.0에서는 *S. acidiscabies*에 속하는 2균주가 생육하였다 그러나 이들 균주는 pH 8.5에서는 생육하지 못하였다.

Table 8. Mycelial growth of *Streptomyces* spp. isolates after 3 days of incubation on YMA medium at different pH

Species	Isolate no.	pH						
		3	4	5	6	7	8	8.5
<i>S. scabies</i>	DK-53	-	-	++	++	++	++	+
<i>S. scabies</i>	KS-11	+	+	+	++	++	+	+
<i>S. scabies</i>	SD-56	-	-	+	++	++	+	+
<i>S. scabies</i>	SM-41	-	-	+	++	++	+	+
<i>S. scabies</i>	SS-34	-	-	+	++	++	+	+
<i>S. turgidiscabies</i>	SM-46	-	-	+	++	++	+	+
<i>S. turgidiscabies</i>	SG- 2	-	-	+	++	++	+	+
<i>S. acidiscabies</i>	PS-48	-	+	+	++	++	+	-
<i>S. acidiscabies</i>	SM-40	-	+	+	++	++	+	-

* - : no growth, + : poor, ++ : good

3. 더뎡이병 방제

가. 화학적 방제

(1) 토양소독에 의한 방제

(가) 다조메입제 처리

토양살균제인 다조메입제의 시용량별 방제 효과는 표 9에서 보는 바와 같이 다조메입제를 10a당 10kg 시용 하였을 때 방제가는 41.8%로 낮았으나, 20kg는 시용시는 49.3%, 30kg시용시는 67.2%로 시용량이 많을수록 방제효과는 높았으며, 약해도 없었다. 따라서 다조메입제를 10a 당 30kg 처리하는 것이 더뎡이병을 방제하는데 가장 효과적이라고 생각한다.

Table 9. Effect of Dazomet GR in different dosage on the control of common scab in the field

Treatment	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)
Dazomet 10kg/10a	15.0 ab*	3.9 b	41.8
Dazomet 20kg/10a	13.9 ab	3.4 ab	49.3
Dazomet 30kg/10a	8.3 a	2.2 a	67.2
Control	17.6 b	6.7 c	-
CV(%)	26.0	19.1	

* Mean separation by DMRT at 5% level.

1998년과 2000년에 가을감자를 대상으로 다조메 입제 30kg/10a를 시용하여 더뎡이병에 대한 방제시험 결과는 표 10에 나타난 바와 같이 1998년 시험에서는 다조메입제구의 이병율이 무처리 88.9%에 비해 48.9%로 낮았고, 발병도는 무처리는 44.7%에 비해 13.6%로 69.6%의 방제가를 나타냈다. 2000년 시험에서는 무처리의 이병율은 87.0%였는데 비해 다조메입제구의 이병율은 60.4%로 다소 낮았으며, 발병도는 무처리의 33.1%에 비해 소독구는 19.7%로 낮아

40.5%의 방제가를 나타내었다. 따라서 1998년과 2000년도 시험을 종합하여 보면 다조메입제를 10a당 30kg 처리하였을 때는 당해연도에 40.5~69.6%의 방제효과를 볼 수 있었다.

Table 10. Effect of Dazomet GR in different dosage on control of common scab in the fields in 1998 and 2000

Treatment	Infection (%)		Infection area per tuber(%)		Control value(%)		Marketable tubers(%)	
	1998	2000	1998	2000	1998	2000	1998	2000
Dazomet 30kg/10a	48.9a*	60.4a	13.6a	19.7a	69.6	40.5	98.3a	88.2a
Control	88.9b	89.0a	44.7b	33.1b	-	-	83.0b	74.4a
CV(%)	12.3	18.4	5.0	6.6			15.8	6.6

* Mean separation by DMRT at 5% level..

(나) 메탐소디움액제 처리

메탐소디움액제의 토양처리 방법 및 살포량별 더덩이병의 방제효과는 표 11에서 보는 바와 같이 메탐소디움 액제를 10a당 40ℓ 살포하였을 때 방제가는 21.8%로 낮았으나 배량인 80ℓ를 살포하였을 때는 59.7%로 다소 효과적이었다. 그리고 40ℓ 주입시는 45.7%, 60ℓ 주입시는 54.9%의 방제가를 보였다. 따라서 메탐소디움 액제 역시 더덩이병을 줄이는데는 효과적으로 사용할 수 있는 약제로 생각되나 많은 양을 사용해야 하고, 살포시 안전성 문제가 있으며, 현재 하우스 작물에서만 사용해야 하는 어려움을 감안해야 한다.

Table 11. Effect of Metam-sodium SL on control of common scab in the field

Treatment	Quantity (ℓ /10a)	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Spray	40	60.3 bc*	27.9 bc	21.8	71.4 ab
Spray	80	39.0 ab	14.4 a	59.7	87.0 a
Injection	40	42.4 ab	19.4 abc	45.7	80.1 ab
Injection	60	41.8 ab	16.1 ab	54.9	83.9 ab
Control		81.8 c	35.7 c	-	58.3 b
CV(%)		38.0	52.8		17.3

* Mean separation by DMRT at 5% level..

(다) 후루아지남분제 처리

토양살균제이면서 다조메입제보다 간편하게 사용할 수 있는 후루아지남분제에 대한 더덩이병 방제 시험 결과는 표 12에서 보는 바와 같이 무처리의 이병율은 98.2%에 비해 후루아지남분제 처리구의 이병율은 90.6%로 약간 낮았으며, 괴경 발병도는 무처리의 37.7%에 비해 처리구는 32.9%로 방제가는 4.8%였다. 따라서 발병율이 높은 포장에서는 감자과종전 후루아지남분제 처리효과가 매우 적은 것으로 나타났다.

Table 12. Effect of Fluazinam DP on control of common scab in the field

Treatment (kg/10a)	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
40kg	90.6 a*	32.9 a	4.8	71.1 a
Control	98.2 a	37.7 a	-	50.7 a
CV(%)	7.3	46.5		42.4

* Mean separation by DMRT at 5% level..

생육기간 중 후루아지남분제를 살포한 결과, 표 13에서 보는 바와 같이 무처리 피경의 병반면적율이 80.3%인데 비해 처리구의 병반면적율은 72.3%로서 약간 낮았으나 유의성은 없었다. 따라서 감자 생육기간중 후루아지남분제 살포 역시 효과가 없었다. 이는 植松과 片山(1990)가 보고한 바와 같이 더뎡이 병 밀도가 높은 포장에서는 후루아지남분제의 처리효과가 없었다는 보고와 일치하였다.

Table 13. Effect of Fuazinam DP treated during growth of potato on control of scab in the field

Treatment (kg/10a)	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
40kg	100a*	72.3a	10.0	16.0a
Control	100a	80.3a	-	5.3a
CV(%)	0	9.7		66.7

* Mean separation by DMRT at 5% level.

(2) 씨감자 소독에 의한 방제

(가) 실내실험에 의한 농약선발

Streptomyces spp. 균주 3종(KCTC 1149, SM-40, IS-5)을 이용하여 11종의 농약에 대해 실내 검정을 한 결과는 표 14에서 보는 바와 같이 *S. acidiscabies*인 SM-40 균주에 대해서는 농약처리 효과가 없었으며, *S. scabies*인 IS-5 균주에 대해서는 농용신수화제, 이프로디온수화제, 토로스수화제 3종이 균사생장 억제효과를 나타냈다. *S. scabies*인 KCTC 1149에 대해서는 항생제인 농용신수화제, 스트렙토마이신황산염·옥시테트라사이클린수화제, 엠지스수화제 등 3종이 생장억제 효과가 있었다. 따라서 2가지 균주에 대해 균사생장억제 효과를 보이는 이들 3가지 약제의 방제 가능성을 확인할 수 있었다.

Table 14. Effect of agrochemicals on mycelial growth of *Streptomyces* spp.

Treatment	Myceial growth of isolates		
	IS-5 (<i>S. scabies</i>)	SM-40 (<i>S. acidiscabies</i>)	KCTC 1149 (<i>S. scabies</i>)
Streptomycin WP	- *	++	-
Streptomycin sulfate + oxytetracylin WP	+	++	-
Thiophanate-methy + streptomycin WP	+	++	-
Kasugamycin + copper oxychloride WP	++	++	++
Tribasic copper sulfate SL	++	++	++
Fluazinam WP	++	++	+
Prochloraz managanese complex WP	++	++	++
Iprodione WP	++	++	++
Tolclofos-methyl WP	++	++	++
Thiabendazole WP	++	++	++
Tebuconazole WP	++	++	++
Control	++	++	++

* ++ : good, + : poor, - : no growth.

각 균주에 대한 균사생장억제 효과가 좋은 5종의 농약을 각각 50, 100배액으로 농도를 높여서 보다 정밀한 실내실험을 실시한 결과는 표 15에 보는 바와 같이 *S. scabies*인 IS-5 균주에 대해서는 농용신 수화제 100배액을 제외한 공시약제 모두가 효과를 보였다. 그러나 *S. scabies*인 KCTC1149 균주에 대해서는 항생제 계통인 농용신수화제 등 3종이 효과적이었으나 그 외 농약은 효과가 없었다. *S. acidiscabies*인 직파상형의 SM-40 균주에 대해서는 공시약제 모두 효과가 없었다. 따라서 더뎡이병에 대한 농약을 선택할 경우에는 가능하다면 포장의 병원균을 분리 동정한 후 약제를 선택함이 바람직한 것으로 생각되나 현실적으로는 어려운 실정이다.

Table 15. Effect of agrochemicals on mycelial growth of *Streptomyces* spp.

Isolate no. (species)	Streptomycin		Agrimycin ^{a>}		M.J.S ^{b>}		Iprodione		Tolclofos-methyl	
	100X*	50X	100X	50X	100X	50X	100X	50X	100X	50X
IS-5 (<i>S. scabies</i>)	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SM-40 (<i>S. acidiscabies</i>)	++	++	++	++	++	+	+++	+++	+++	+++
KCTC 1149 (<i>S. scabies</i>)	-	-	-	-	-	-	++	++	++	+

a> Agrimycin = Streptomycin sulfate + oxytetracylin.

b> M.J.S = Thiophanate-methy + streptomycin.

* dilution times.

** +++ : very good, ++ : good, + : poor, - : no growth.

(나) 씨감자 소독 효과

실내검정으로 선발한 항생제 3종과 일본에서 씨감자소독 농약으로 등록된 후루아지남수화제를 공시하여 봄감자 재배시 시험한 결과는 표 16에서 보는 바와 같이 무처리는 이병율이 95.2%, 병반면적율이 36.7%에 비해 스트렙토마이신황산염·옥시테트라싸이클린수화제 처리구는 이병율이 74.9%, 병반면적율이 23.5%, 농용신수화제 처리구는 이병율이 89.2%, 병반면적율이 29.3%, 엠지스수화제 처리구는 이병율이 82.0%, 병반면적율이 27.3%, 후루아지남수화제 처리구는 이병율이 76.9%, 병반면적율이 27.4%로 시험농약 4종의 방제가는 20.2%~36.0%를 나타내었으나 처리간 유의차는 없었다. 이는 시험포장의 병원균 밀도가 매우 높아 처리약제에 대한 발병억제 효과가 없었던 것으로 생각된다.

Table 16. Effect of seed disinfection with agrochemicals on control of common scab in the spring crop field of potato

Treatment	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Streptomycin sulfate + oxytetracylin 50X	74.9 a*	23.5 a	36.0	82.5 a
Streptomycin 50X	89.2 a	29.3 a	20.2	75.4 a
Thiophanate-methy + streptomycin 50X	82.0 a	27.3 a	25.6	77.2 a
Fluazinam 100X	76.9 a	27.4 a	25.3	72.6 a
Control	95.2 a	36.7 a	-	62.2 a
CV(%)	21.5	32.8		65.5

* Mean separation by DMRT at 5% level.

가을감자 시험에서도 봄감자 시험에서와 같은 경향을 보였으나(표 17), 후루아지남수화제 처리구에서의 방제가는 27.2%로서 처리간 유의차가 있었다. 임등(1990)은 스트렙토마이신황산염·옥시테트라싸이클린수화제로 씨감자를 소독하였을 때 92.1%의 방제가가 있었다고 하였으며, 植松과 片山(1990)도 씨감자소독 효과는 우수하고, 방제기도 매우 높았다고 보고하였는데, 본 시험에서는 씨감자소독 효과는 적은 것으로 나타났다.

Table 17. Effect of seed disinfection with agrochemicals on control of common scab in the fall crop field of potato

Treatment	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Streptomycin sulfate + oxytetracylin 50X	100 a	58.8 b	0	20.7 a
Streptomycin 50X	100 a	50.4 b	0	46.3 a
Thiophanate-methy + streptomycin 50X	97.5 a	57.3 b	0	36.5 a
Fluazinam 100X	96.5 a	36.4 a	27.2	43.9 a
Control	98.3 a	50.0 b	-	29.3 a
CV(%)	2.4	13.7		20.5

* Mean separation by DMRT at 5% level.



(3) 토양소독과 씨감자 소독에 의한 방제

(가) 토양소독 포장에서의 씨감자 이병정도별 더덩이병 발생

비교적 더덩이병 발생이 심한 포장에서 다조메입제를 이용하여 토양소독을 한 후 이병정도가 다른 씨감자를 재배한 후 더덩이병 발생을 조사한 결과는 표 18에 나타난 바와 같이 토양소독을 하지 않고 외관상 건전한 씨감자를 파종하였던 무처리구의 이병율 98.7%, 병반면적을 54.9%에 비해 토양소독을 한 후 무병씨감자를 재배한 구는 이병율 60.8%, 병반면적을 18.6%로 66.1%의 방제가를 나타내었으며, 외관상 건전 씨감자 재배구에서는 이병율 75.6%, 병반면적을 29.2%로 46.8%의 방제가를 나타냈다. 이병씨감자의 이병율 83.3%, 병반면적을 30.8%로 43.9%의 방제가를 나타냈다. 따라서 토양소독 후에는 무병 씨감자를 재배하는 것이 더덩이병 발생을 경감시킬 수 있다고 생각된다.

Table 18. Occurrence of common scab in the field disinfection with Dazomet and cultivated with seed tubers in different infection

Source of seed tubers	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Healthy	60.8 a	18.6 a	66.1	87.9 a
Symptomless	75.6 a	29.2 a	46.8	71.5 a
Infected	83.3 a	30.8 a	43.9	70.7 a
Control	98.7 a	54.9 b	-	28.2 b
CV(%)	22.6	21.9		35.8

* Mean separation by DMRT at 5% level.

** Symptomless tubers were sown in the non-disinfected plots.

(나) 씨감자 소독 후 씨감자 이병 정도별 더덩이병 발생

더덩이병 발생이 비교적 적은 포장에서 스트렙토마이신황산염·옥시테트라사이클린수화제를 이용하여 씨감자를 소독 후 재배하여 씨감자 이병정도별 더덩이병 발생을 조사한 결과는 표 19에 나타난 바와 같이 무처리구 이병율 74.4%, 병반면적율 28.3%에 비해, 무병 씨감자 소독구는 이병율 70.0%, 병반면적율 21.9%로 22.6%의 방제가를 나타내었으며, 외관상 건전한 씨감자 소독구는 이병율 57.8%, 병반면적율 18.9%로 33.2%의 방제가를 나타내었다. 이병 씨감자 소독구 이병율은 80.0%, 병반면적율은 26.7%로 5.7%의 방제가를 나타냈다.

Table 19. Occurrence of common scab in the slightly infected field cultivated with seed tubers of potato in different infection

Source of seed tubers	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Healthy	70.0 a*	21.9 a	22.6	81.1 a
Symptomless	57.8 a	18.9 a	33.2	84.5 a
Infected	80.0 a	26.7 a	5.7	78.4 a
Control**	74.4 a	28.3 a	-	64.4 a
CV(%)	21.4	24.0		12.6

* Mean separation by DMRT at 5% level.

** Symptomless and non-disinfected tubers were sown in the non-disinfected field.

더텡이병 발생이 비교적 심한 포장에서 표 20과 같은 시험을 실시한 결과는 무처리구와 처리구간에 이병율과 병반면적율에 있어서 차이가 없었다. 植松와 片山(1990)는 씨감자소독의 효과는 토양소독효과보다도 높고 방제효과도 좋았다고 하였는데, 본 시험의 경우 씨감자소독은 효과가 없는 것으로 나타났다.

Table 20. Occurrence of common scab in the severely infected field cultivated with seed tubers of potato in different infection

Source of seed tubers	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Healthy	100 a*	53.2 a	3.1	30.4 a
Symptomless	100 a	50.8 a	7.5	17.8 a
Infected	97.6 a	55.9 a	0	16.3 a
Control	98.7 a	54.9 a	-	28.2 a
CV(%)	2.5	20.2		17.9

* Mean separation by DMRT at 5% level.

(다) 토양소독과 씨감자소독에 의한 이병 씨감자별 더덩이병 발생

다조메입제로 토양소독하고, 스트렙토마이신황산염·옥시테트라사이클린수화제로 소독한 씨감자를 파종하여 재배한 후 더덩이병 발생을 조사한 결과 표 21에 나타난 바와 같이 무처리구에서 이병을 95.4%, 병반면적을 51.7%에 비해, 무병 씨감자 파종구에서는 이병을 55.2%, 병반면적을 17.4%로 66.3%의 방제가를 나타내었으며, 외관상 건전한 씨감자 파종구에서는 이병을 47.7%, 병반면적을 13.6%로 67.4%의 방제가를 나타내었다. 그러나 이병 씨감자 파종구의 이병율은 83.2%, 병반면적율은 29.1%로 45.6%의 방제가를 나타내었다.

Table 21. Occurrence of common scab in the field disinfected with Dazomet and cultivated with disinfected seed tubers of potato

Source of seed tubers	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Healthy**	55.2 a*	17.4 a	66.3	89.1 ab
Symptomless	47.7 a	13.6 a	67.4	93.1 a
Infected	83.2 b	29.1 b	45.6	58.8 bc
Control	95.4 c	51.7 b	-	26.0 c
CV(%)	18.6	24.4		21.0

* Mean separation by DMRT at 5% level.

** Seed disinfected with Agrimycin and soil disinfected with Dazomet GR.

이는 앞서의 결과에서와 같이 토양소독에 의한 방제효과가 크게 작용하였으며, 무병씨감자나 외관상 더덩이병에 감염되지 않은 씨감자를 재배할 때에는 토양소독과 씨감자 소독을 병행하면 다소 방제 효과를 높일 수 있었다. 植松과 片山(1990)는 씨감자소독과 토양소독을 병행하면 효과가 떨어진다고 하였는데 본 시험 결과와는 상반되었다.

씨감자 이병정도에 따라 토양소독 또는 토양소독과 씨감자소독을 병행하였을 경우, 무병씨감자나 외관상 건전한 씨감자를 사용하는 것이 더텡이병 발생을 줄일 수 있었다. 하지만 씨감자 소독만을 할 경우에는 차이가 없었다. 이는 더텡이병 발생의 1차적인 원인은 토양내 존재하는 더텡이병원균이라고 생각되며, 씨감자에 감염된 병원균이 당해의 병 발생에 주는 영향은 적은 것으로 여겨진다. 植松와 片山(1990)는 씨감자소독 효과는 높았지만, 토양소독 또는 토양소독과 씨감자소독을 병행하면 무처리보다도 발생이 심하다고 하였는데, 이는 토양소독을 하면 토양에 있는 미생물을 모두 죽이는 결과를 초래하여 무병씨감자를 재배하면 효과가 있지만 외관상 건전씨감자 및 이병씨감자를 파종하면 더텡이병원균이 급속히 증가되어 병이 많이 발생하는 원인이 된다고 하였는데 본 시험결과와는 다른 경향이였다.

(라) 토양소독과 씨감자 소독에 의한 방제

토양소독과 씨감자소독을 병행하였을 때의 더텡이병 방제 효과는 표 22에 나타난 바와 같이 무처리구 이병율 87.0%, 병반면적율 33.1%인데 비하여, 다조메입제로 토양소독 후 스트렙토마이신황산염·옥시테트라싸이클린수화제로 씨감자를 소독하였을 경우에는 이병율 34.6%, 병반면적율 10.9%로 67.1%의 방제가를 보였다. 만코지수화제로 씨감자 소독을 하였을 때는 이병율 51.5%, 병반면적율은 15.0%로 54.6%의 방제가를 보여 토양소독과 씨감자 소독을 병행할 경우에 방제효과가 매우 좋은 것으로 나타났다.

씨감자 소독만 하였을 경우에는 처리구 모두 무처리와 이병율 및 병반면적율에 있어서 유의차가 없어 앞서 시험한 씨감자소독 효과와 비슷한 결과를 나타냈다. Hooker(1990)는 만코지수화제로 씨감자 처리시 효과가 있다고 하였는데 본 연구결과와는 차이가 있었다.

Table 22. Effect of soil disinfection and seed disinfection with agrochemicals on control of common scab in the field

Treatment in/on		Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Soil	Seed tuber				
Dazomet (30kg/10a)	Streptomycin sulfate + oxytetracylin 50X	34.6 a*	10.9 a	67.1	94.8 a
Dazomet (30kg/10a)	Mancozeb 50X	51.5 a	15.0 ab	54.6	92.4 a
Dazomet (30kg/10a)		60.4 ab	19.7 abc	40.5	88.2 a
	Streptomycin sulfate + oxytetracylin 50X	97.6 c	40.2 d	0	58.0 b
	Mancozeb 50X	85.5 bc	29.4 bc	11.1	78.6 ab
	Control	87.0 bc	33.1 c	-	73.4 ab
CV(%)		20.4	30.0		18.4

* Mean separation by DMRT at 5% level.

토양소독만으로도 더뎡이병을 방제할 수 있으나, 씨감자소독만으로는 방제가 어렵고, 토양소독과 씨감자소독을 병행하였을 경우에는 토양소독만 한 구에 비해 15~27%의 방제효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 씨감자 소독과 토양소독을 병행하였을 때 더뎡이병 병반면적율로 보면 토양소독 처리구의 괴경 병반면적율 수치는 '0' 과 '1' 이 대부분을 차지하는 반면 씨감자소독구와 무처리는 '1' 과 '2' 가 대부분을 차지하고 있었다(그림 7). 따라서 토양소독을 실시할 경우 더뎡이병 병반면적율을 한 단계 줄일 수 있어 상품율을 높이는 데 유리하며 씨감자소독을 병행할 경우 방제효과를 향상시킬 수 있었다. 임등(1990)도 토양소독과 씨감자소독을 병행하였을 때 토양소독 단독보다 효과가 좋다고 하였다. 따라서 더뎡이병 방제를 위해서는 토양을 소독하는 방법이 최선이며, 씨감자 소독도 병행하는 것이 바람직하다. 특히 제주도와 같이 연작으로 인해 토양내 병원균의 밀도가 높은 지역에서는 토양소독이 효과적인 것으로 생각한다.

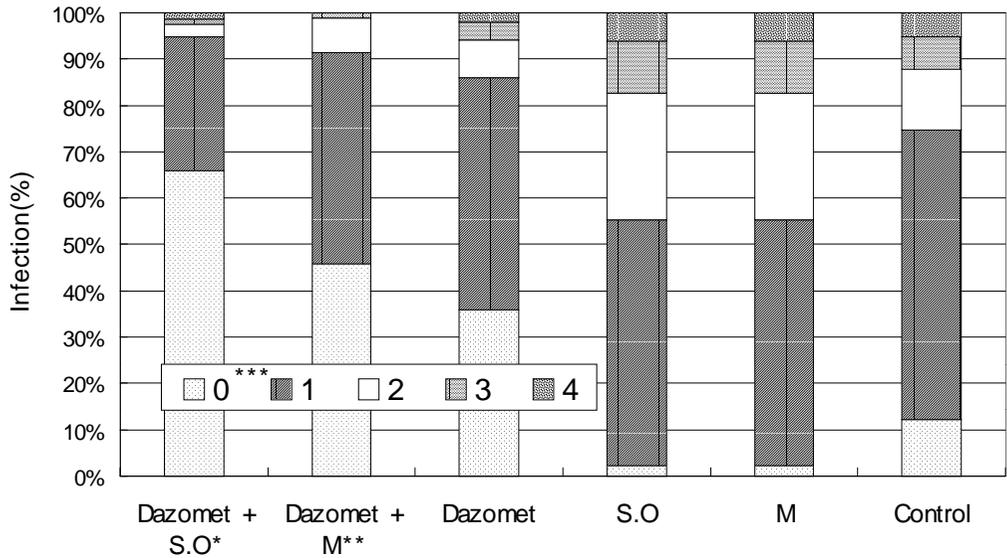


Fig 7. Effect of soil disinfection and seed disinfection with agrochemicals on control of tuber infection with common scab.

* Streptomycin sulfate + oxytetracylin WP. 50X

** Mancozeb WP. 50X

*** 0 : no lesion, 1 : lesion area <5%, 2 : lesion area 5.1~10%,

3 : lesion area 10.1~20%, 4 : lesion area >20.1%

(4) 생육기 살균제 살포에 의한 방제

감자 생육기간 중 항생제 계통의 농약을 엽면 살포하였을 때의 더듬이병 방제효과를 조사한 결과는 표 23에서 보는 바와 같이 무처리구의 이병율 94.4%, 병반면적을 49.9%에 비해 가스란수화제를 살포하였을 때는 이병율 87.5%, 병반면적을 41.6%로 방제가가 16.6%로서 다소 효과가 있었으나 그의 농약들은 효과가 거의 없었다. 따라서 감자 생육기간 중 항생제 계통의 농약 살포에 의한 방제효과는 없을 것으로 생각된다.

Table 23. Effect of fungicide application on control of common scab during the growing season of potato in the field

Treatment	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Streptomycin sulfate + oxytetracylin 1,000X	92.8 ab*	48.4 a	3.0	36.0 a
Kasugamycin + copper oxychloride 1,000X	87.7 a	41.6 a	16.6	49.0 a
Tribasic copper sulfate 500X	95.8 ab	53.1 a	0	26.9 a
Streptomycin 1,000X	96.7 b	50.0 a	0	43.3 a
Validamycin-A 1,000X	93.2 ab	48.2 a	3.4	37.1 a
Oxolinic acid 1,000X	97.1 b	51.8 a	0	30.6 a
Control	94.4 ab	49.9 a	-	30.9 a
CV(%)	6.8	20.2		52.9

* Mean separation by DMRT at 5% level..

나. 재배적 방제

(1) 저항성품종 선발

더텅이병에 대한 저항성품종을 선발코자 제주도 서부지역의 병 발생이 비교적 적은 농가포장에서 8품종에 대한 포장 시험 결과는 표 24에 나타난 바와 같이 제주도의 주 재배품종인 대지의 이병율은 85%, 병반면적율은 14.2%, 세풍의 이병율과 발병면적율은 각각 70.0%와 27.5%인데 비해 알파와 잼칩에서는 전혀 발생하지 않았다. 대서와 조풍, 유콘골드는 이병율이 1.7%, 병반면적율이 0.4%로 아주 낮은 발생율을 보였다. 그리고 도요히로는 이병율이 11.7%, 병반면적율이 5.9%로 세풍과 대지 품종에 비해 다소 낮은 발병율을 보였다.

Table 24. Resistance of potato cultivars to common scab in the field with low incidence of the disease

Cultivar	Infection (%)	Infection area per tuber (%)	Marketable tubers (%)
Atlantic	1.7 a*	0.4 a	100 a
Jopung	1.7 a	0.4 a	100 a
Shepody	70.0 b	27.5 c	78.3 c
Alpa	0 a	0 a	100 a
Jemchip	0 a	0 a	100 a
Doyoshiro	11.7 a	5.9 a	93.3 ab
Ukongold	1.7 a	0.4 a	100 a
Dejima	85.0 c	14.2 b	85.0 bc
CV(%)	39.5	78.2	6.3

* Mean separation by DMRT at 5% level.

같은 시기에 제주도 동부지역의 병 발생이 심한 포장에서 시험한 결과 표 25에서 나타난 바와 같이, 대지의 이병율 100%, 병반면적을 81.3%에 비해 쟈칩은 이병율 60%, 병반면적을 20.9%, 대서가 이병율 66.7%, 병반면적을 23.8%, 조풍이 이병율 75%, 병반면적을 28.4%로 나타났다. 그러나 더랭이병 발생이 적은 포장에서 시험시 이병율이 없었던 알파는 이병율 93.3%, 병반면적을 37.1%로 매우 높았다. 그 외 유콘골드의 이병율은 88.3%, 병반면적율은 49.2%였으며, 도요히로는 이병율 95.0%, 병반면적을 48.8%로 다소 높게 나타났다. 그리고 세풍은 이병율 98.3%, 병반면적을 84.2%로 대지와 비슷하였다.

Table 25. Resistance of potato cultivars to common scab in the field with high incidence of the disease

Cultivar	Infection (%)	Infection area per tuber (%)	Marketable tubers (%)
Atlantic	66.7 ab*	23.8 a	75.0 ab
Jopung	75.0 abc	28.4 ab	70.0 abc
Shepody	98.3 c	84.2 c	8.3 de
Alpa	93.3 c	37.1 ab	58.3 abc
Jemchip	60.0 a	20.9 a	83.3 a
Doyoshiro	95.0 c	48.8 c	41.7 bcd
Ukongold	88.3 bc	49.2 c	31.7 cde
Dejima	100 c	81.3 c	3.3 e
CV(%)	15.8	28.3	41.7

* Mean separation by DMRT at 5% level.

공시한 8품종 중 켈칩, 대서, 조풍, 알파 품종이 발병이 비교적 적은 포장에서 더덩이병에는 저항성 품종으로 나타났다. 하지만 이들 품종도 병원균 밀도가 높은 포장에서는 더덩이병에 걸리는 것으로 나타나 완전저항성을 가지고 있지 않은 것으로는 생각된다.

최근 우리나라를 재배되고 있는 9품종을 대상으로 더덩이병에 대한 저항성 시험을 한 결과, 대지의 이병율 88.9%, 병반면적율 50.6%에 비해 강원도 대관령의 주 품종인 수미는 이병율 8.9%, 병반면적율 2.2%로 아주 낮은 발병을 보였다(표 26). 또한 최근 품종으로 등록된 추백의 이병율은 22.2%, 병반면적율은 5.5%로 낮은 발병을 보였고, 대서가 이병율 20%, 병반면적율 6.1%, 조풍이 이병율 31.1%, 병반면적율 7.8%로 나타났다. 그밖의 품종으로는 자심이 18.3%, 남서가 30.0%의 병반면적율을 나타냈다. 그러나 세풍과 남작은 대지보다 이병성이었다. 본 시험결과는 김 등(1998)이 수미, 조풍, 대서순으로 더덩이병 발생이 적었다는 보고와 일치한다. 植松와 片山(1990)는 저항성품종을 재배하여 발생이 심한 감자포장에서 더덩이병 발생을 크게 낮췄다고 하였다.

Table 26. Comparison in resistance of Korean potato cultivars to common scab in the field

Cultivar	Infection (%)	Infection area per tuber (%)	Marketable tubers (%)
Atlantic	20.0 ab*	6.1 a	97.8 a
Jopung	31.1 b	7.8 ab	100 a
Shepody	100 d	57.8 de	22.2 d
Chubeak	22.2 ab	5.5 a	100 a
Namsuh	71.1 c	30.0 c	68.9 b
Irish Cobbler	100 d	65.6 e	13.3 d
Jasim	46.7 d	18.3 b	77.8 b
Superior	8.9 a	2.2 a	100 a
Dejima	88.9 d	50.6 d	46.7 c
CV(%)	15.8	23.6	15.3

* Mean separation by DMRT at 5% level.



(2) 윤작에 의한 발생 억제

(가) 윤작기간

전년도 가을감자를 재배한 포장에서 1998년부터 1999년까지 시험한 결과는 표 27에 나타난 바와 같이 1998년부터 계속 감자를 윤작한 구는 1998년 봄감자에서의 병반면적율 20.7%에서 그 해 가을감자의 병반면적율은 8.2%로 낮아졌으나, 1999년 봄감자에서 28.1%, 가을감자에서 38.8%로 계속적으로 증가하였다. 또한 1년 윤작구는 1998년 봄감자에서 병반면적율이 27.2%였으며, 1년간 콩, 보리를 재배하여 1999년 가을감자를 재배하였을 때 병반면적율은 38.1%였다. 그리고 1.5년, 2년간 콩, 보리를 재배한 후 감자를 재배한 구 역시 36.4%, 31.5%의 병반면적율을 나타내었으며, 방제가 6.2%, 18.8%로 낮았다. 감자를 재배한 포장에서 윤작을 2년 이하 할 경우에는 효과가 없었는데, Hooker(1956)는 윤작재배시 2년째는 처리간 차이가 적었지만 3년차부터 차이가 있었다고 하였다. 따라서 더듬이병 방제를 위한 윤작의 효과는 3~10년간의 장기간 재배 후에 나타날 것으로 생각된다.

Table 27. Effect of crop rotation on occurrence of common scab in the field

Rotation interval (year)	1998				1999				C.V****	M.Y*****
	Spring		Fall		Spring		Fall			
	I**	I.A	I	I.A	I	I.A	I	I.A		
1	78.9a*	27.2a	-	-	-	-	82.2a	38.1a	1.9	65.6a
1.5	-	-	-	-	-	-	81.1a	36.4a	6.2	61.1a
2	-	-	-	-	-	-	79.2a	31.5a	18.8	73.4a
None	73.3a	20.2a	32.8	8.2	78.6	28.1	82.3a	38.8a	-	56.7a
CV(%)	7.1	21.6					16.5	27.8		33.6

* Mean separation by DMRT at 5% level.

** I : % infection, I.A : % infection area per potato tuber

*** C.V : % control value,

**** M.Y : % marketable tubers

(나) 작부체계

1998년~1999년, 2년간에 걸쳐 더덩이병 발생이 적은 포장에서 실시한 작부체계 시험결과는 표 28에 나타난 바와 같이 감자연작구의 이병율 29.7%, 병반면적율 9.6%, 휴한 하였을 때 이병율은 21.1%, 병반면적율은 5.3%로 방제가가 44.8%에 비해, 콩 재배 후 녹비로 이용한 다음 감자를 재배한 구가 이병율 9.9%, 병반면적율 3.1%로 67.8%의 방제가를 나타내었으며, 여름배추를 재배한 구 역시 65.6%의 방제가를 나타내었다. 따라서 더덩이병 발생이 적은 포장에서는 작형을 휴한하는 것보다 콩이나 배추를 재배하는 것이 더덩이병 발생억제에 효과적임을 알 수 있었다.

Table 28. Effect of former crops on control of common scab in the slightly infected field

Former crop cultivated	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Fallow	21.1 a*	5.3 a	44.8	100 a
Soybean	9.9 a	3.1 a	67.8	100 a
Oat	20.9 a	7.1 ab	26.0	92.6 a
Chinese cabbage	13.0 a	3.3 a	65.6	100 a
Potato	29.7 a	9.6 b	-	94.7 a
CV(%)	62.2	36.4		7.6

* Mean separation by DMRT at 5% level.

비교적 더덩이병 발생이 심한 포장에서 1999년에 시험한 결과는 표 29에 나타난 바와 같이 감자연작구가 이병을 85.6%, 병반면적을 49.2%로 콩을 비롯한 모든 처리구에서 병반면적율이 무처리보다 높았다. 이는 Rich(1982)의 콩과 알팔파를 재배할 경우 더덩이병을 감소시킨다는 보고와 Hooker(1956)의 콩, 양파 등을 재배하였을 때 효과가 있었다는 보고와 차이가 있었는데, 이는 포장의 병원균 밀도와 재배년수의 차이 때문인 것으로 생각된다.

Table 29. Effect of former crops on control of common scab in the severely infected field

Former crop cultivated	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Fallow	90.0 a*	49.7 a	0	48.9 a
Soybean	90.0 a	53.3 a	0	38.9 a
Oat	75.7 a	51.7 a	0	52.2 a
Chinese cabbage	93.3 a	52.8 a	0	35.6 a
Potato	85.6 a	49.2 a	-	48.9 a
CV(%)	17.5	26.4 a		70.3

* Mean separation by DMRT at 5% level.

(3) 유기물과 무기양분 시용에 의한 발생 억제

(가) 유기질 비료시용

유기질 비료를 시용하여 감자를 재배한 후 더덩이병의 이병율과 병반면적율을 조사 한 결과는 표 30에 나타난 바와 같이 무처리구가 이병율 100%, 병반면적율 78.3%였는데, 퇴비시용구는 이병율 96.7%, 병반면적율 81.1%였으며, 퇴비 배량 시용구도 이병율 100%, 병반면적율이 70.6로 9.8%의 낮은 방제가를 나타냈다. 이는 처리 1년차로 토양환경에 퇴비가 영향을 전혀 미치지 않았음을 보여주었다.

Table 30. Effect of compost on control of common scab in the spring crop field of potato

Treatment (kg/10a)	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Compost** (400)	100 a*	70.6 a	9.8	12.4 a
Compost (200)	96.7 a	81.1 a	0	4.8 a
Control	100 a	78.3 a	0	9.5 a
CV(%)	3.4	10.7		86.7

* Mean separation by DMRT at 5% level.

** Compost : organic manure

1999년에는 더덩이병 발생이 적은 포장과 심한 포장 2개소에서 봄과 가을에 계속 감자를 재배하면서 퇴비시용 효과를 조사하였다. 더덩이병 발생이 적은 포장에서는 표 31에 나타난 바와 같이 무처리구의 봄감자에서 병반면적율은 26.1%였으며, 퇴비시용구의 병반면적율은 26.1~28.6%, 퇴비 2배 시용구는 27.5%였다.

가을감자에서는 무처리구의 병반면적율이 25.7%였으며, 봄에 퇴비 시용후 가을에 무시용구의 병반면적율은 19.4%로 24.5% 방제가를 나타냈다. 그러나 계속 퇴비시용구는 32.4%였으며, 퇴비 2배시용구는 29.8%로 무처리구보다도 더덩이병 병반면적율이 높았다.

Table 31. Effect of compost on control of common scab in the slightly infected field in spring and fall

Treatment		Spring cultivation		Fall cultivation	
Spring compost	Fall compost	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)
200kg	None	26.1a*	0	19.4a	24.5
200kg	200kg	28.6a	0	32.4a	0
400kg	400kg	27.5a	0	29.8a	0
None	None	26.1a	-	25.7a	-
CV(%)		29.6		29.2	

* Mean separation by DMRT at 5% level.

더덩이병 발생이 심한 포장에서 시험한 결과, 무처리구의 봄감자에서 병반면적율은 73.8%였으며, 봄에 퇴비 시용후 가을에 무시용구의 병반면적율은 71.4%로 3.2% 방제가를 나타냈다(표 32). 계속 퇴비시용구와 퇴비 2배시용구는 66.4%로 10%의 낮은 방제가를 나타냈다. 따라서 퇴비시용을 하였을 경우에도 더덩이병 발생 억제에는 효과가 없는 것으로 나타났다.

Table 32. Effect of compost on control of common scab in the severely infected field in spring and fall

Treatment		Spring cultivation		Fall cultivation	
Spring compost	Fall compost	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)
200kg	None	71.4 a*	3.2	40.2 a	9.5
200kg	200kg	66.4 a	10.0	41.3 a	7.2
400kg	400kg	66.4 a	10.0	43.2 a	2.9
None	None	73.8 a	-	44.5 a	-
CV(%)		29.6		29.2	

* Mean separation by DMRT at 5% level.

이상의 결과로 보면 더텅이병균의 발생은 유기물 함량과는 관계가 없었는데, 이는 김 등(1998), 植松와 片山(1990)의 보고와 일치하는 경향이었으나 차등(1993)의 결과와는 다소 차이가 있었다. 또한 松田(1981)는 유기물 시용이 더텅이병 발생을 조장시킬 수도 있다고 하였는데 이러한 차이는 토양환경, 병원균 밀도, 사용유기물, 처리기간 등의 차이에 기인되었던 것 같다.

(나) 녹비 시용

최근 제주도에서 녹비작물로 많은 농가에서 재배하고 있는 수수교잡종에 대한 더텅이병 방제효과를 구명하고자 시험한 결과, 표 33에서와 같이 수수교잡종녹비처리구와 콩녹비처리구가 97.8%, 미생물(*Bacillus* sp.)처리구가 95.3%, 무처리구가 100%의 이병율을 나타내었으며, 병반면적율은 무처리구에서 64.6%인데 비해 미생물처리구 41.7%, 수수교잡종녹비처리구 49.9%, 콩녹비처리구 50.6%로 다소 발생이 적었다.

Table 33. Effect of green manure and culture of *Bacillus* sp. on control of common scab in the field

Treatment	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Sorghum	97.8 a*	49.9 ab	22.8	42.2a
Soybean	97.8 a	50.6 ab	21.7	34.4a
<i>Bacillus</i> sp.	95.3 a	41.7 a	35.5	51.1a
Control	100 a	64.6 b	-	17.1a
CV(%)	2.9	14.9		31.1

* Mean separation by DMRT at 5% level.

수수교잡종과 콩을 녹비으로 이용한 결과 방제가가 낮았는데, 더텅이병 발생이 심한 포장이어서 방제효과가 낮게 나타난 것으로 생각되며, 미생물 처리는 더텅이병을 억제하는 효과가 있었다.

(다) 무기양분 시용

감자과종 전 토양에 망간, 마그네슘, 규소, 붕사를 각각 10a당 2kg 시용한 결과는 표 34에 나타난 바와 같이 이병율이 무처리 93.3%에 비해 망간 및 마그네슘 시용구가 97.8%, 규소 시용구가 95.6%, 붕사 시용구가 92.2%로 차이가 없었으며, 병반면적율도 무처리 51.9%에 비해 망간 시용구가 63.1%, 마그네슘 시용구 및 규소 시용구가 52.5%, 붕사 시용구가 50.6%로 차이가 없었다. 따라서 무기양분 시용에 의한 더텡이병 방제효과는 없는 것으로 생각된다.

Table 34. Effect of mineral nutrients on control of common scab in the field

Treatment (2kg/10a)	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Mn	97.8 a*	63.1 a	0	40.0 a
Mg	97.8 a	52.5 a	0	40.0 a
Si	95.6 a	52.5 a	0	33.3 a
B	92.2 a	50.6 a	2.5	40.0 a
Control	93.3 a	51.9 a	-	23.3 a
CV(%)	4.0 a	15.5 a		38.1

* Mean separation by DMRT at 5% level.

붕사 3%액을 감자 과종 전에 씨감자에 처리하고, 과종 60일 후 엽면 살포를 한 결과는 표 35에 나타나 있는 바와 같이 이병율은 65.7%로 무처리구 이병율 75.4%보다 낮았으며, 병반면적율도 25.1%로 무처리구의 29.2%에 비해 낮았다. 이는 De와 Sengupta(1993)가 붕산 3%액을 괴경에 처리하면 더텡이병 발생억제 효과가 있었다고 보고하였다.

Table 35. Effect of boracic acid treated on seed tubers and leaves of potato on control of common scab in the field

Treatment	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Boracic acid 3%	65.7 a*	25.1 a	14.2	75.4a
Control	75.4 a	29.2 b	0	75.6a
CV(%)	14.4	1.4		12.7

* Mean separation by DMRT at 5% level.

(4) 유기농자재 시용에 의한 발생 억제

유기농자재로 농가들이 이용하고 있는 목초액, EM효소, 바로돈땅의 효과를 농가포장에서 시험한 결과는 표 36에 나타난 바와 같이 목초액을 토양에 처리 하였을 때 병반면적율이 9.4%로 무처리에 비해 21.7%의 방제효과가 있었으며, 2회 잎에 살포를 하였을 때는 병반면적율이 7.8%로 35.0%의 방제가를 나타냈다. 그러나 이들을 토양과 잎에 처리했을 때는 병반면적율 10.5%, 방제가 12.5%로 단구처리보다 효과가 적었다. 또한 EM균을 토양 및 잎에 처리한 결과 병반면적율 9.6~11.1%로 방제가는 7.5~20.0%를 나타냈고, 바로돈땅을 토양처리한 결과는 병반면적율 8.6%로 방제가 28.3%를 나타냈다.

Table 36. Effect of wood vinegar, EM-enzyme and Barodon ddang on control of common scab in the field

Treatment(site)	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Wood vinegar(soil)	27.8 a*	9.4 a	21.7	93.3 a
Wood vinegar(leaf)	28.9 a	7.8 a	35.0	97.8 a
Wood vinegar(soil + leaf)	36.6 a	10.5 a	12.5	96.7 a
EM-enzyme(leaf)**	28.9 a	11.1 a	7.5	92.3 a
EM-enzyme(soil)	21.7 a	9.6 a	20.0	91.1 a
Barodon ddang(soil)	30.0 a	8.6 a	28.3	93.3 a
Control	32.2 a	12.0 a	-	91.1 a
CV(%)	31.1	39.3		5.7

* Mean separation by DMRT at 5% level.

** EM : effective microbes.

목초액을 종합적으로 처리한 결과는 표 37에 나타난 바와 같이 이병율이 무처리 18.3%에 비해 씨감자소독과 토양처리 및 엽면살포 15.0%, 씨감자소독과 토양처리 16.7%, 씨감자소독과 엽면살포 10.0%였으며, 토양처리 및 엽면살포 16.7%, 토양처리 15.0%, 엽면살포 11.7%로 처리구 모두 무처리보다 낮았다. 병반면적율은 무처리 5.0%에 비해 씨감자소독과 토양처리 및 엽면살포 5.0%였으나, 씨감자소독과 토양처리 4.6%, 씨감자소독과 엽면살포 2.5%였으며, 토양처리 및 엽면살포 4.2%, 토양처리 4.2%, 엽면살포 3.0%였다. 방제가는 종서처리 및 엽면살포가 50%, 엽면살포가 40%였으나 처리구간 유의차가 없어 목초액을 이용한 더텡이병 방제 효과는 없는 것으로 생각된다.

Table 37. Effect of treatments of wood vinegar on control of common scab in the field

Treatment	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Tuber + soil + foliage	15.0 a*	5.0 a	0	95.0 a
Tuber + soil	16.7 a	4.6 a	8.0	98.3 a
Tuber + foliage	10.0 a	2.5 a	50.0	100 a
Soil + foliage	16.7 a	4.2 a	16.0	100 a
Soil	15.0 a	4.2 a	16.0	98.3 a
Foliage	11.7 a	3.0 a	40.0	100 a
Control	18.3 a	5.0 a	-	98.3 a
CV(%)	53.3	56.5		2.6

* Mean separation by DMRT at 5% level.

바로돈 그린에 대해 종합적으로 시험한 결과, 표 38에 나타난 바와 같이 이병율은 토양관주구 82.5%, 토양관주 및 엽면살포구 83.2%, 엽면살포구 92.9%로 무처리구 94.1%에 비해 낮았으며, 병반면적율 역시 무처리구 35.0%에 비해 토양관주구 25.3%, 토양관주 및 엽면살포구 25.8%로 방제가가 각각 27.7%와 26.3%였으며 처리구 유의차도 있었다. 따라서 방제가는 낮았지만 바로돈 그린을 토양관주 처리하는 것에 대해서는 앞으로 더 검토할 필요가 있다고 생각한다.

Table 38. Effect of treatments of Barodon green on control of common scab in the field

Treatments	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Soil	82.5 a*	25.3 a	27.7	85.0 a
Leaf	92.9 a	32.0 b	8.6	74.7 a
Soil + leaf	83.2 a	25.8 a	26.3	82.2 a
Control	94.1 a	35.0 b	-	62.8 b
CV(%)	7.3	9.9		24.2

* Mean separation by DMRT at 5% level.

(5) 토양개량제 시용에 의한 발생 억제

(가) 유황분말 및 석회비료 시용

유황분말과 고토석회비료에 대한 시험결과는 표 39에 나타난 바와 같이 무처리의 이병을 96.7%, 병반면적을 51.4%에 비해 유황 200kg/10a 시용구는 이병을 92.2%, 병반면적을 42.5%, 유황 100kg/10a 시용구는 이병을 95.6%, 병반면적을 42.5%였으며, 고토석회 200kg/10a 시용구는 이병을 97.8%, 병반면적을 48.0%, 고토석회 100kg/10a 시용구는 이병을 97.8%, 병반면적을 49.2%로 무처리와 비슷하였다. 따라서 유황분말과 석회비료의 시용은 더덩이병 방제에 효과가 없는 것으로 나타났다.

Table 39. Effect of sulphur and lime on control of potato common scab in the field

Treatment (Dosage)	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)	Soil pH	EC (dS/m)
Sulphur (200kg/10a)	92.2 a*	42.5 a	17.3	42.2 a	6.6	1.96
Sulphur (100kg/10a)	95.6 a	42.5 a	17.3	47.8 a	6.5	1.82
Lime (200kg/10a)	97.8 a	48.0 a	6.6	36.7 a	7.4	0.39
Lime (100kg/10a)	97.8 a	49.2 a	4.2	38.9 a	7.7	0.36
Control	96.7 a	51.4 a	-	36.7 a	7.5	0.28
CV(%)	3.9	22.1		40.1		

* Mean separation by DMRT at 5% level.

무처리 토양의 pH는 7.5인데 비해 유황시용구의 pH는 6.5~6.6으로 낮았으며, EC(dS/m)도 1.82~1.96으로 높았다. 그러나 석회시용구의 토양 pH는 무처리구와 비슷하였다. 이는 유황이나 석회를 시용해도 토양의 완충작용으로 토양산도가 급격히 변하지 않고 서서히 변하는 것으로 생각된다. Ristaino와 Averre(1992)는 유황시용시 pH는 낮아지고, 석회시용시 pH는 다소 높아지는 경향이라고 하였고, 임 등(1990)도 황을 150kg/10a 처리할 경우 토양 pH를 낮출 수 있고, 또한 이병율도 낮출 수 있다고 하였는데, 본 시험포장과의 토양 차이에 기인되었던 것 같다. 최근 농가들이 일시적으로 공업용유황을 살포하여 더텡이병을 방제하려고 시도하는 것으로 알려져 있으나 효과가 낮을 것으로 생각된다.

(나) 석회비료와 규산질비료 및 폐화석 시용

석회비료와 규산질비료, 폐화석을 각각 200, 300kg/10a 시용한 효과는 표 40에 나타난 바와 같이, 무처리 이병율 55.6%에 비해 석회비료 시용구는 45.6~50.0%, 폐화석은 41.1~45.5%로 차이가 거의 없었으나, 규산질비료 시용구는 25.6~41.1%로 낮았다. 병반면적율은 무처리 18.3%에 비해 규산질비료 시용구는 10.6~11.1%로 낮아 39.3~42.1%의 방제가를 나타냈으나, 석회비료구는 15.0~15.8%, 폐화석은 16.4~19.2%로 방제가를 나타냈다. 그러나 처리간에 유의성은 없었다. 따라서 규산질 비료에 의한 더덩이병 방제 효과는 없었으며, 석회비료를 시용하여도 더덩이병 발생이 크게 증가하지는 않았는데, 이는 앞서 언급 한 바와 같이 토양의 완충작용에 의해 급격히 토양의 pH 변화가 이루어지지 않았기 때문인 것으로 생각된다. 植松과 片山(1990)는 탄산칼슘을 토양에 공급하면 더덩이병 발생이 많아졌다고 하였는데 이는 토양 pH와 높은 상관성이 있다고 하였다.

Table 40. Effect of soil amendments on control of common scab in the field

Treatment (dasage)	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Lime (200kg/10a)	45.6 a*	15.8 a	13.7	88.9 a
Lime (300kg/10a)	50.0 a	15.0 a	18.0	93.3 a
Silicate fertilizer (200kg/10a)	41.1 a	11.1 a	39.3	95.6 a
Silicate fertilizer (300kg/10a)	25.6 a	10.6 a	42.1	92.2 a
Sea lime (200kg/10a)	45.5 a	16.4 a	10.4	86.7 ab
Sea lime (300kg/10a)	41.1 a	19.2 a	0.0	75.9 b
Control	55.6 a	18.3 a	-	91.1 a
CV(%)	39.4	54.9		8.6

* Mean separation by DMRT at 5% level.

(다) 옥수수박과 톱밥 시용

옥수수박과 톱밥 그리고 앞서 방제가가 높았던 규산질 비료에 대한 더덩이 병 억제 효과 시험을 실시한 결과, 표 41에 나타난 바와 같이 무처리구의 이병율 96.7%에 비해 톱밥처리구의 이병율 80.1%, 옥수수박구와 규산질비료 처리구의 이병율이 각각 86.7%, 85.6%로 무처리구에 비해 낮았다. 병반면적율은 톱밥처리구 35.7%, 옥수수박 처리구 36.4%였으며, 무처리구는 45.0%, 규산질 비료 시용구는 54.2%로 나타났으나 유의차는 없었다. 따라서 옥수수박과 톱밥 시용은 더덩이병의 발생억제효과가 없었다.

Table 41. Effect of corn by-product compost and sawdust on control of common scab in the field

Treatment (Dosage)	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)	Soil pH
Corn by-product compost(100kg/10a)	86.7 a*	36.2 a	19.6	62.2 a	7.2
Silicate fertilizer (200kg/10a)	85.6 a	54.2 a	0	33.4 a	7.1
Sawdust (300kg/10a)	80.1 a	35.7 a	37.5	58.9 a	7.1
Control	96.7 a	45.0 a	-	53.3 a	7.0
CV(%)	14.0	44.2		45.6	

* Mean separation by DMRT at 5% level.

(6) 토양수분 조절에 의한 발생 억제

감자 생육중 괴경형성기부터 토양수분을 적습으로 유지시키는 기간별 더덩이 병 방제효과를 시험한 결과, 표 42에 나타난 바와 같이 무처리구 이병율 87.5%, 병반면적율 24.3%에 비해, 30일간 적정수분 유지구의 이병율 69.3%, 병반면적율 20.7% 그리고 20일간 적정수분 유지구의 이병율 79.0%, 병반면적율 25.6%였으며, 10일간 적정수분 유지구의 이병율 70.5%, 병반면적율 22.3%로 처리간 유의차는 없었다. 그러나 차 등(193), 임 등(1990)은 괴경비대기 및

성숙기에 관수를 한 경우에는 더랭이병 방제에 매우 효과적이라 하였으며, 田代(1998)도 더랭이병 감염시기인 괴경형성기부터 30일간 강우량이 많으면 발병이 적다고 하였다. 한편 김 등(1998)은 토양수분이 적을 경우 발생이 심하였다고 하였는데, 본 연구결과와는 차이가 있었다.

Table 42. Effect of maintenance duration of suitable soil moisture on control of common scab in the field

Period (days)	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
30	69.3 a*	20.7 a	26.9	88.2 a
20	79.0 a	25.6 a	9.5	79.8 a
10	70.5 a	22.3 a	21.2	84.0 a
Control	87.5 a	28.3 a	-	80.4 a
CV(%)	18.8	24.3		12.0

* Mean separation by DMRT at 5% level.

(7) 흑색 비닐멀칭에 의한 발생 억제

감자 생육기중 적정 수분을 유지하기 위하여 흑색비닐 덮기를 하여 더랭이병 방제시험 결과, 표 43에 나타난 바와 같이 흑색비닐 멀칭구와 무처리의 이병율은 95.4%로 같았고, 병반면적율은 무처리구의 51.0%에 비해 처리구가 46.3%로 다소 낮았으나 유의차는 없었다. 따라서 최근 많은 농가들이 가을감자 흑색 비닐 멀칭 재배를 하고 있는데, 더랭이병 방제효과는 없을 것으로 생각된다.

Table 43. Effect of black plastic film mulching on control of common scab in the field

Treatment	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
Film mulching	95.4 a*	46.3 a	9.2	44.8 a
Control	95.4 a	51.0 a	-	36.7 a
CV(%)	10.2	27.1		54.5

* Mean separation by DMRT at 5% level.

다. 생물적 방제

(1) 미생물 선발

토양에서 분리한 세균 12종을 공시하여 *S. scabies*에 대한 항균실내검정을 실시한 결과, 표 44에 나타난 바와 같이 SH -1 균주가 5.5mm의 저지원을 형성하여 가장 항균효과가 좋았으며, SH -2 균주는 1.0mm의 저지원을 형성하였다. 이외 다른균주들은 저지원을 형성하지 못하였다.

Table 44. Inhibitive effect of bacterial isolates against *Streptomyces scabies*

Isolate No.	Genus of bacteria	Diameter of inhibition zone(mm)
SH- 1	<i>Bacillus</i> sp.	5.5
SH- 2	<i>Bacillus</i> sp.	1.0
SH- 3	<i>Bacillus</i> sp.	0
SH- 4	<i>Bacillus</i> sp.	0
SH- 5	<i>Bacillus</i> sp.	0
SH- 6	<i>Bacillus</i> sp.	0
SH- 7	<i>Bacillus</i> sp.	0
SH- 8	<i>Bacillus</i> sp.	0
SH- 9	<i>Bacillus</i> sp.	0
SH-10	<i>Bacillus</i> sp.	0
SH-11	<i>Pseudomonas</i> sp.	0
SH-12	Unknown	0

(2) *Bacillus* sp.에 의한 발생 억제

실내검정에서 더듬이병균에 대한 항균효과가 높았던 *Bacillus* sp.(SH-1)균주를 대량 배양하여 내성포자를 형성 후 감자 파종 전 토양에 살포하여 더듬이병 방제 효과를 조사한 결과, 표 45에 나타난 바와 같이 무처리구의 이병율 78.2%, 병반면적을 38.4%로 나타냈으며, *Bacillus* sp.처리구는 이병율 55.4%,

병반면적을 22.2%로 42.3%의 방제가를 보였다. 다조메입제를 처리한 구에서는 이병율 76.4%, 병반면적을 26.2%로 31.8%의 방제가를 나타냈다. 다조메입제로 토양소독을 한 후 *Bacillus* sp.를 처리한 구는 이병율이 84.4%, 병반면적이 28.1%로 26.8%의 방제효과를 나타냈다.

Table 45. Effect of *Bacillus* sp. (SH-1) and Dazomet GR on control of common scab in the field

Treatment	Infection (%)	Infection area per tuber(%)	Control value(%)	Marketable tubers(%)
<i>Bacillus</i> sp.	55.4 a*	22.2 a	42.3	78.5 a
Dazomet 30kg/10a	76.4 ab	26.2 a	31.8	72.6 ab
Dazomet 30kg/10a + <i>Bacillus</i> sp.	84.4 b	28.1 a	26.8	82.1 a
Control	78.2 ab	38.4 b	-	51.8 b
CV(%)	16.7	15.5		17.1

* Mean separation by DMRT at 5% level.

토양소독을 하고 *Bacillus* sp.를 처리한 구가 효과가 낮았는데, 植松와 片山 (1990)는 토양소독을 하면 토양내 미생물이 모두 죽어 병원균이 발병하지 못하거나 길항 미생물이 정착할 환경이 토양소독으로 파괴된 점도 간과할 수 없다고 하였다. 따라서 미생물 처리시 토양소독을 병행하면 효과가 없을 것으로 생각된다.

V. 종합고찰

감자더랭이병은 1913년에 미국으로부터 한국에 유입되었으며(박 등, 1991), 현재 국내 전역에서 발생하고 있는 것으로 생각된다. 국내 더랭이병 발생율은 임 등(1990)이 12~71.5%로 보고하였고, 이(1999)는 5~95%로 보고하여 국내에서의 발생율이 매우 높으며, 본 연구결과 제주도에서 발생율도 매우 높은 것으로 나타났다. 이(1999)는 북제주군 지역에서 15~30%인 반면 남제주군 지역에서는 15~75%로 보고하였다. 본 시험에서는 감자 주산지의 가을감자에서는 조사포장의 93%에서 더랭이병이 발생하였으며, 이병율은 0~90%이었다. 봄감자에서는 조사포장의 61%에서 발생하였으며, 이병율은 0~40%이었다. 봄과 가을감자 작형 별 이병율의 차이가 매우 큰 것은 가을감자는 재배자가 시장판매를 위하여 집단적으로 재배하기 때문에 연작을 주로 하고 있는 반면, 봄감자는 가을감자를 위한 씨감자 생산을 목적으로 하기 때문에 더랭이병 발생이 없거나 적은 포장에서 재배하기 때문인 것으로 생각된다.

더랭이병은 연작지에서 발생이 많은데, 감자의 재배년수와 이병율과는 고도의 상관관계가 있으며 연작할 때 발생이 많고(植松과 片山, 1990; 木村, 1981), 윤작을 함으로써 발생을 줄일 수 있다(木村, 1981). 제주도에서는 감자의 이모작 재배가 많고 이병성 품종인 대지를 재배하기 때문에 다른 지역에 비해 더랭이병 발생이 더 심한 것으로 여겨지며, 감자를 봄과 가을에 계속 재배하였을 때보다 봄에 보리, 배추 등을 재배하거나 휴경을 하였을 때가 발생이 적었다. 이는 일반적으로 다른 토양전염성 병해와 같이 감자를 연작하는 것보다 다른 작물과 윤작하는 것이 더랭이병을 줄이는데 효과가 있을 것으로 생각된다.

더랭이병은 토양 pH가 높을 수록 발생이 많았다고 하였으며, 본 연구결과에서도 제주도의 감자 재배포장에서 토양 pH가 높을수록 이병율이 높았다. 포트 시험 결과에서도 토양 pH가 높을수록 더랭이병 발생도 심했으며, 많은 연구자들이 보고한 결과와 비슷하였다(Hooker, 1990; 木村, 1981; 임 등, 1990; Rich, 1982). 그러나 토양 pH를 낮추려고 유황을 토양에 시용한 포장과 시용하지 않은 포장과의 병발생에 있어서의 유의성은 인정되지 않았는데, 이는 유황 시용

포장의 토양 pH가 4.5~5.5으로 낮는데 기인된 것으로 생각되며 유향 시용 효과는 없는 것으로 생각된다.

더랭이병을 일으키는 균은 *Streptomyces scabies*(Lambert, 1985; Lambert와 Loria, 1989a)를 비롯하여 *S. acidiscabies*(Lambert와 Loria, 1989b; Loria 등, 1986), *S. aureofaciens*(Faucher, 1993), *S. caviscabies*(Goyer 등, 1996), *S. turgidiscabies*(Miyajima 등, 1998) 등 다수가 보고되어 있다. 우리나라에서는 김과 이(1998)가 *S. scabies*를 보고한 이래, 제주도에서 수집한 감자에서 *S. acidiscabies*와 *S. turgidiscabies*를 보고하였다(김 등, 1998). 본 연구에서도 감자더랭이병을 일으키는 균으로 *S. scabies*, *S. acidiscabies*, *S. turgidiscabies*를 동정하였으며, 이들의 분포 비율은 각각 37.7%, 18.0%, 14.8%였고, 29.5%는 동정하지 못하였다. 일본의 北海道는 *S. scabies*, *S. acidiscabies*, *S. turgidiscabies*가 우점하고 있는 것으로 보고되었으나 최근에는 *S. turgidiscabies*의 분포가 많은 것으로 알려졌다(田中, 2000). 그간 감자더랭이병균 동정은 Loria와 Davis(1988)의 방법에 따라 형태적, 배양적, 생리적 특성으로 이루어져 왔으나, 최근에는 Thaxtomin과 Concanamycin에 의한 분류 동정 연구가 활발하게 이루어지고 있어(Natsume 등, 1996, 1998; Leiner 등, 1996; Loria 등, 1995, 1997), 본 연구에서 밝혀지지 않은 종에 대한 지속적인 동정연구가 더 필요하다. 일반적으로 더랭이병균의 균사생육의 최적 pH는 7이며, pH 5.5에서는 생육이 억제되지만, 산성에서 자라는 더랭이병은 pH 5.0에서도 자라고(Strand 등, 1992), 직파상형은 pH 5.0 이하에서 생육이 서서히 떨어지는 반면, 나선형은 pH 5.5 이하인 경우 급격히 생육이 떨어지는데(田代 등, 1999), 본인이 분리한 균주들은 pH 6~7범위에서 생육이 가장 좋았으며, pH 8.0에서는 생육이 저조하였다. 이는 제주도에 분포되어 있는 더랭이병균이 산성토양에서 오랜기간 생존하면서 적응된 것으로 생각된다.

더랭이병에 대한 방제방법으로는 약제에 의한 화학적 방제와 품종, 윤작 등에 의한 재배적 방제, 길항미생물에 의한 생물적 방제방법 등이 알려져 있으며(後藤, 1990; Rich, 1983; 田代 등, 1999), 화학적 방제 방법으로는 토양소독과 씨감자 소독방법이 있다. 토양소독제로는 클로로피크린과 PCNB가 사용되

며(後藤, 1990; Rich, 1983; 田代 등, 1999), 일본에서는 농가들의 50~60%가 클로로피크린을 사용하고 있으나 효과가 낮은 것으로 보고되었다(植松와 片山, 1990). 그러나 이들 약제는 우리나라에서는 시판이 금지되어 있으며, 국내에서 시판중인 토양살균제 중 3종을 시험한 결과, 다조메입제 30kg/10a와 메탐소디움액제 80ℓ/10a를 사용하였을 경우 더덩이병 방제효과가 있었으나 후루아지남분제는 효과가 없었다. 이는 차 등(1993)이 다조메입제는 효과가 좋았다는 보고와 일치하였으나, 후루아지남분제 역시 효과가 좋았다는 보고와는 차이가 있었다.

일본에서는 씨감자소독 농약으로 스트렙토마이신황산염·옥시테트라사이클린수화제, 엠지스수화제, 후루아지남수화제 등이 등록되어 있다. 그러나 본 시험결과 이들 농약들은 방제효과가 없었다. 이는 씨감자 소독을 한 포장은 더덩이병 발생이 현저히 적었으며 씨감자 소독은 전염원에 대한 차단효과가 있다는(植松와 片山, 1990; 임 등, 1990) 보고와는 차이가 있었다

토양소독과 씨감자 소독을 병행하였을 때 방제가는 67.1%로 토양소독 단독 처리구의 방제가 40.5%보다 높았다. 이는 토양소독을 통해 토양속의 균 밀도를 줄이고, 씨감자소독을 통해 씨감자에서 전염원을 제거함으로써 더덩이병을 효과적으로 방제할 수 있는 것으로 생각된다. 植松과 片山(1990)는 토양소독, 혹은 토양소독과 씨감자소독을 병행하면 토양 중에 있는 미생물을 모두 죽이는 결과를 초래하여 무병씨감자를 재배하면 효과가 있지만 외관상 건전씨감자 및 이병씨감자를 파종할 경우 병 발생이 증가하는 원인이 된다고 하였다.

제주도의 주 재배품종인 대지에 비해 쟈칩, 대서, 조풍, 알파가 더덩이병에는 저항성으로 나타났는데, 대서의 경우 미국에서는 이병성 품종으로 분류하고 있어(Strand 등, 1992) 본 결과와는 다른 경향이였다. 국내 재배품종인 수미, 추백, 대서, 조풍은 더덩이병에 강한 것으로 나타났는데, 제주도에서 더덩이병 발생이 심한 포장에는 추백, 조풍 등을 재배하는 것도 바람직하 것으로 생각된다.

감자 연작포장에서 윤작을 2년간 실시하였으나 더뎡이병 방제효과는 없었는데, 더뎡이병 방제를 위한 윤작의 효과시험은 3~10년 간의 장기간에 걸쳐 수행해야 하며(松田, 1981), 특히 콩이나 알팔파로 윤작을 하면 방제효과가 있는데(Rich, 1983), 봄에 콩을 재배하여 녹비로 이용한 후 가을에 감자를 재배하였을 때, 감자 연작구 대비 67.8%의 방제가를 나타냈다. 그러나 이 결과는 더뎡이병 발생이 적은 포장에서 나타났으며, 발생이 심한 포장에서는 처리간에 유의 차이가 없었다. 따라서 토양 중 더뎡이병의 밀도가 높아 발병이 심한 포장에서의 윤작에 의한 방제효과는 장기간 감자를 재배하지 않아야 나타날 것으로 생각된다

한편 퇴비 시용, 수수교잡종 녹비 이용, 무기양분(망간, 마그네슘, 규소, 붕사)시용, 유기농업자재(목초액, EM효소, 바로돈땅) 등의 효과는 없었다. 또한 석회비료, 규산질비료, 패화석 및 농용 부산물인 옥수수박과 톱밥처리도 효과가 없었다.

감자 생육 중 괴경형성기부터 토양수분을 적습으로 유지시켰으나 더뎡이병 발생 억제효과는 없었으며, 적당한 수분을 유지하기 위해 흑색 비닐 멀칭 재배 역시 효과가 없었는데, 토양수분 조절에 의한 더뎡이병 발생을 억제할 수 있다(Rich, 1982; 田代, 1989; Hooker, 1990; 水野, 1995)는 보고와는 일치하지 않았는데 이는 더뎡이병균 밀도가 높아 발생이 심한 포장에서 시험을 실시한 원인으로 생각된다.

더뎡이병을 억제할 수 있는 *Bacillus* 속균 인 SH -1 미생물을 선발하여 시험한 결과 더뎡이병 발생이 적은 포장에서는 방제효과가 있었다. Liu 등(1995)은 토양에서 분리한 *S. diastatochromogenes* 등 2종의 미생물을 이용하여 더뎡이병을 억제하였으며, Neeno-Eckwall과 Schottel(1999)은 *Streptomyces*의 변종이 생산하는 항생물질을 이용하여 더뎡이병을 방제하였다. 그리고 渡辺(1988)은 *Bacillus subtilis* 등이 더뎡이병 발생억제 효과가 있다고 하였다. 본 선발균주를 이용한 더뎡이병 방제는 다른 재배적 및 화학적방제 방법과 결합된 방법을 이용하여 효과를 증진시킬 수 있을 것으로 생각되며, 이에 관한 연구는 앞으로 이루어 져야 할 것으로 생각된다.

결론적으로 더뎡이병 발생이 심한 포장에서의 더뎡이병 방제를 위해서는 단일한 방법의 단기적인 처리보다는 품종, 토양환경 개선, 화학적 방제, 재배적 방제, 생물적 방제 등 종합적인 방제가 수행되어야 할 것이다. 우선 제주도의 주 재배품종인 ‘대지’에서 다양한 품종의 개발이 필요하며(김, 1999), 씨감자 생산포장에서는 토양 pH 조절과 함께 씨감자 소독 및 토양소독, 생육기간 중 토양습도 조절 등을 병행하고 가급적 병 발생이 적은 씨감자를 보급함으로써 더뎡이병의 확산을 막아야 한다. 더뎡이병 발생이 심한 포장은 다른 작물을 4~5년 이상 재배한 후 감자를 재배하는 것이 바람직하며, 새로운 포장에 감자를 재배할 경우에는 무병 씨감자를 과종하는 것이 무엇보다 중요하다.



VI. 적 요

제주지역 감자재배포장에서 문제가 되고 있는 더뎡이병의 방제대책 마련을 위해 1995년부터 2001년까지 더뎡이병의 발생 특성 및 방제에 관한 연구를 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 감자재배 기간이 오를수록 더뎡이병 이병율은 증가하였고, 토양 pH가 높아질수록 발병이 증가하는 경향이였다.
2. 감자 연작포장의 더뎡이병 발생율이 54.8%인데 비해, 감자재배 전 보리 혹은 배추를 재배하거나 휴경을 한 포장에서는 더뎡이병 발생율이 20.8~26.3%로 비교적 낮았다.
3. 감자의 괴경에서 분리한 66균주를 조사한 결과 나선형이 55.6%, 직파상형이 26.3% 였으며, 제주도 감자재배 전지역에 고루 분포하고 있었다.
4. 분리한 *Streptomyces*속균 66균주를 조사한 결과 *Streptomyces scabies*, *S. turgidiscabies*, *S. acidiscabies*가 동정되었으며, 이들 균의 분리 비율은 각각 37.7%, 14.8%, 18.0%였다.
5. 더뎡이병원균의 균사생육 최적온도는 28~30℃였으며, 최적pH는 6~7로 나타났다.
6. 공시한 토양소독 농약 중 다조메입제를 10a당 30kg 처리하였을 때 방제율이 40.5~75.9%로 가장 높았다.

7. 항생제(Streptomycin) 계통의 농약이 더덩이병균의 군사생장에 다소 억제 효과가 있었으나 감자파종 40, 60일 후 이들 농약과 다른 농약을 살포하였을 때는 더덩이병 방제 효과가 없었다. 또한 공시 농약으로 씨감자를 소독 처리한 방제 효과도 없었다.
8. 토양소독과 씨감자소독을 병행한 결과, 토양소독 단독처리에 비해 방제가가 15~27% 높았다.
9. 도입 감자 품종 중 쟈칩, 대서, 알파가 대지에 비해 더덩이병에 저항성이었고, 현재 국내 재배품종 중 수미, 추백, 조풍이 저항성이었다.
10. 감자를 연작하는 것보다 윤작기간이 길수록 더덩이병 발생은 적은 경향이였다.
11. 더덩이병 발생이 비교적 적은 포장에서는 감자재배 전에 콩, 배추 등을 재배하는 것이 감자 연작보다 더덩이병 발생을 억제하였으나, 병 발생이 심한 포장에서는 방제효과가 없었다.
12. 퇴비, 수수교잡종 및 콩 녹비 및 무기양분인 붕사, 망간, 마그네슘, 규소 등의 시용은 더덩이병에 대한 방제에 효과가 적었으며, 유기농자재인 목초액, EM 효소균, 마로돈과 규산질비료, 폐화석, 토양개량제인 옥수수박, 톱밥 등의 시용효과도 적었다. 또한 유허분말의 시용도 더덩이병 방제에 효과가 없었다.
13. 괴경형성기에 30일간 적정 수분의 유지는 더덩이병 방제에 효과가 없었으며, 흑색비닐멀칭 재배를 하였을 경우에도 방제효과가 없었다.
14. 제주도 감자 재배지 토양에서 분리하여 선발한 길항균 *Bacillus* sp. (SH-1)는 더덩이병 발생이 낮은 감자포장에 처리한 결과, 방제에 어느 정도 효과적이였다.

인 용 문 헌

- Bonde, M. R. and G. A. McIntyre. 1968. Isolation and biology of a *Streptomyces* sp. causing potato scab in soil below pH 5.0. Am. Potato J. 45 : 273~278.
- Carr-Mkv. 1989. Potato quality control with irrigation. Water Irrig. Rev. 9 : 28~29.
- 차광홍, 김영옥, 조백호. 1993. 감자더텅이병 생태 및 방제에 관한 연구. 전남 농촌진흥원시험연구보고서 pp.453~457.
- Clark, C. A. and S. W. Mathews. 1987. Histopathology of sweet potato root infection by *Streptomyces ipomose*. Phytopathology 77 : 1418~1423.
- Conn, K. L., E. Leci. G. Kritzman and G. Lazarovits. 1991. A Quantitative method for determining soil populations of *Streptomyces* and differentiating potential of potato scab-inducing strains. Plant Dis. 82 : 631~638
- De, B. K. and P. C. Sengupta. 1993. Chemical control of common scab of potato. J. Indian Potato Assoc. 20 : 273~274
- Doering-saad, C., P. Kampeer, S. Manulis, G. Kritzman, J. Schneider, J. Zakrgewska-Czerwinska, H. Schrempf and L. Barash. 1992. Diversity among *Streptomyces* strains causing potato scab. Appl. Environ. Microbiol. 58 : 3932~3940.

- Duff, G. H. and C. G. Welch. 1927. Sulphur as a control agent for common scab of potato. *Phytopathology* 17 : 297-314.
- Faucher, E., B. Otrysko, E. Paradis, N. Hoage and C. Beaulieu. 1993. Characterization of *Streptomyces* causing russet scab in Quebec. *Plant Dis.* 77 : 1217~1220.
- Faucher, E., T. Savard and C. Beaulieu. 1992. Characterization of Actinomycetes isolated common scab lesions on potato tubers. *Can. J. Plant Pathol.* 14 : 197~202.
- Goss, R. W. 1937. The influence of various soil factors upon potato scab caused by *Actinomyces scabies*. College Agric. Univ. Nebraska Agric. Exp. Stat. Res. Bull. 93 : 1~40.
- 後藤正夫. 1990. ジャガイモそうか病(Potato scab). 植物細菌病學概論. 養賢堂 pp.246~249.
- Goyer, C., E. Faucher and C. Beaulieu. 1996. *Streptomyces caviscabies* sp. nov., from deep-pitted lesions in potatoes in Quebec, Can. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 46 : 635~639.
- Goyer, C., B. Otrysko and C. Beaulieu. 1996. Taxonomic studies on *Streptomyces* causing potato common scab; review. *Can. J. Plant Pathol.* 18 : 107~201.
- Healy, F. G. and D. H. Lambert. 1991. Relationships among *Streptomyces* spp. causing potato scab. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 41 : 479~482.

Hide, G. A. and P. J. Read. 1991. Effects of rotation length, fungicide treatment of seed tubers and nematocide on diseases and the quality of potato tubers. *Ann. Appl. Biol.* 119 : 77~87.

홍순영, 강상훈, 송정흡, 이광석, 진석천, 허태현, 임성언, 김영휘. 2000. 주요농작물 병해종류조사. 제주농업시험연구보고서 pp. 389~403.

홍순영, 임성언, 강상훈, 정순경. 1996. 제주지역에서 발생하는 감자더닝이병의 특징(Abstract). *한식병지* 12 : 488.

Hooker, W. J. 1956. Survival of *Streptomyces scabies* in peat soil planted with various crops. *Phytopathology* 46 : 677~681.

Hooker, W. J. 1990. Compendium of potato disease. APS press. pp.33~34.



Keinath, A. P. and R. Loria. 1989. Population dynamics of *Streptomyces scabies* and other actinomycetes as related to common scab of potato. *Phytopathology* 79 : 618~687

Keinath, A. P. and R. Loria. 1991. Effects of inoculum density and cultivar resistance on common scab of potato and population dynamics of *Streptomyces scabies*. *Am. Potato J.* 68 : 515~524.

김광호. 2000. WTO 협정 등 개방시대 제주 감자농업 대응. 제주감자산업활성화방안. 제주도농업기술원 pp.3~27.

김석만. 2000. 최근 주요작물 재배면적 변화와 앞으로의 전망과 과제. 새로운 제주농업 45(12) : 29~32.

- 김점순, 최용철, 함영일. 1998. 감자더듬이병의 발생생태에 관한 연구. 고령지 시험장시험연구보고서 pp.245~258.
- 김점순, 박덕환, 최용철, 임춘근, 홍순영, 이승돈, 함영일, 조원대. 1998. *Streptomyces acidiscabies*에 의한 감자더듬이병. 한식병지 14(6): 689~692.
- 김점순, 박덕환, 임춘근, 최용철, 함영일, 조원대. 1998. *Streptomyces turgidiscabies*에 의한 감자더듬이병. 한식병지 14(5): 551~554.
- 渡辺文吉郎. 1988. 土壤病害-發生,生態と防除-. 全國農村教育協會 pp.171~180.
- 木村貞夫. 1974a. 植物放射狀菌に關する研究(第1報) *Streptomyces* sp.にする ジャガイモの新病害(Abstract). 日植病報 40(3) : 201
- 木村貞夫. 1974b. 植物放射狀菌に關する研究(第1報) *Streptomyces* sp.にする ジャガイモ象皮病と Russet scabの比較(Abstract). 日植病報 40(3) : 202
- 木村貞夫. 1979. ジャガイモそうか病菌と象皮病に關する最近の知見. 植物防疫 33(12) : 554~559.
- 木村貞夫. 1981. 放線菌研究の現状と今後の課題. 植物防疫 35(3) : 115~118.
- 김성배. 1999. 제주지역에서 감자 재배기술의 발전을 위한 연구. 박사학위 논문. 제주대학교 대학원 63pp.
- Kobayashi, M. 1989. Effects of soil temperature rainfall and moisture content on severity of potato scab and its control by watering. Bull. Agric. Res. Ins. Kanagawa Prefec. 131 : 15~22.

한국식물병리학회. 1998. 한국식물병명목록 제3판 pp.23~25

Labeda, D. P. and A. J. Lyons. 1992. DNA relatedness among strains of the sweet potato pathogen *Streptomyces ipomoea* Waksman and Henrici. 1948. Appl. Environ. Microbiol. pp.532~535.

Lambert. D. H. and R. Loria. 1989a. *Streptomyces scabies* sp. nov. Int. J. Syst. Bacteriol. 39(4) : 387~392.

Lambert. D. H. and R. Loria. 1989b. *Streptomyces acidiscabies* sp. nov. Int. J. Syst. Bacteriol. 39(4) : 393~396.

Lambert, D. H. and F. E. Manzer. 1991. Relationship of calcium to potato scab. Phytopathology 81 : 632-636.



Lapwood, D. H. and T. F. Hering. 1970. Soil moisture and the infection of young potato tubers by common scab. Potato Res. 13 : 296-304.

이승돈. 1999. 한국의 주요 식물세균병 발생 및 특성. 박사학위 논문. 서울대학교 대학원 pp.17~37.

임명순, 김승열, 김정간, 최영하. 1990. 감자더텅이병 생태 및 방제에 관한 연구. 원예시험장시험연구보고서 pp.324~339.

Liu, D., N. A. Anderson and L. L. Kinkel. 1995. Biological control of potato scab in the field with antagonistic *Streptomyces scabies*. Phytopathology 85 : 827~832.

- Lorang, J. M., D. Liu, N. A. Anderson and J. L. Schottel. 1994. Identification of potato scab inducing and suppressive species of *Streptomyces*. *Phytopathology* 85 : 261~268.
- Loria R., B. A. Kempter and A. A. Jamieson. 1986. Characterization of *Streptomyces*-like from potato tubers with of symptoms of common scab(Abstract). *Phytopathology* 76 : 1078.
- Loria R., B. A. Bukhalid, B. A. Fry and R. R. King. 1997. Plant pathogenicity in the genus *Streptomyces*. *Plant Dis.* 81 : 836~846.
- Martin, J. B., E. C. Eckwall and L. Schottel. 1993. Production and regulation of potato-scab-inducing phytotoxin by *Streptomyces scabies*. *J. General Microbiol.* 139 : 1579~1586.
- 松田明. 1981. 土壤傳染病の生態的防除手段としての輪作と有機物施用. 植物防疫 35 : 12~18.
- 松本和夫. 1981. ジャガイモそうか病菌の胞子形成培地と菌の長期保存法. 植物防疫 33 : 461~463.
- Menzies, J. D. and E. D. Caroline. 1959. A selective in indicator medium for isolating *Streptomyces scabies* from potato tubers or soil. *Phytopathology* 49 : 323~456.
- Mishra P. K., D. Mishra., J. K. Dhal and P. K. Chhotaray. 1991. Control of common scab of potato by seed tuber treatment. *Orissa J. Agr. Res.* 4 : 1~121.

Miyajima, K., F. Tanaka and F. Kuninaga. 1998. *Streptomyces turgidiscabies* sp. nov. Int. J. Syst. Bacteriol. 48 : 495~502.

水野直治, 吉田穂積. 1994. 土壤pH, 置換酸度y1とバレイショそうか病との相互關係. 日本土肥學誌 65(1) : 27~33.

水野直治, 吉田穂積, 山本 和安. 1995. ジャガイモそうか病菌發生に對するイオン強度および施肥法の影響. 日本土肥學誌 66(6) : 639~645.

Natsuime, M., R. Ryu and H. Abe. 1996. Production of phytotoxins, concanamycins A and B by *Streptomyces* spp. causing potato scab. Ann. Pyhtopathol. Soc. Jpn. 62 : 411~413.

Natsuime, M., A. Yamada., N. Tashiro and H. Abe. 1998. Differential production of the phytotoxins thaxtomin A and concanamycins A and B by potato common scab-causing *Streptomyces* spp. Ann. Pyhtopathol. Soc. Jpn. 64 : 202~204.

Neeno-Eckwall, E. C. and J. L. Schottel. 1999. Occurrence of antibiotic resistance in biological control of potato scab disease. Biol. Control 16 : 199~208.

O'Brien, J. G. 1984. Assessment of *Streptomyces* spp. from elms for biological control of dutch elm disease. Plant Dis. 68 : 104~106.

오현도. 1996. 재배식물의 기원과 전파. 제주문화 pp.135~136.

박종성 등. 1991. 식물병의 방제. 신고 식물병리학. 향문사 pp.202~205.

Rich, A. E. 1983. Potato disease. APSS. pp.14~18.

Ristaino, J. B. and C. W. Averre. 1992. Effect of irrigation, sulfur, and fumigation on *Streptomyces* soil rot and yield components in sweet potato. *Phytopathology* 82 : 670~676.

Ryutaro, S., H. Kawamura, Y. Mino, R. Emami-saravi and A. Tanil. 1984. Toxin production by *Streptomyces* spp. associated with scab of potato tuber sugar beet (Effect of carbon and nitrogen sources). *日植病報* 50 : 646~648.

沢田和也, 西田康一, 宮下清貴, 木村龍介, 浜田龍之介. 1995. 日本各地から離されたジャガイモそうか病菌の多様性. *日本土肥學誌* 66 : 599~608.

Scholte, K and R. E. Labruyere. 1985. Netted scab: a new name for an old disease in Europe. *Potato Research*. 28 : 443~448.

Scholte, K. W. 1998. Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria. 2nd ed. APS press. St. Paul. Minnesota pp.114~119.

Strand, L. S., P. A. Rude and J. K. Clack. 1992. Integrated pest management for potato in the western United States. University of California, Division Agric. Nat. Res. Public. p.146.

高橋賢司. 1995. ジャガイモそうか病抵抗性・耐病性品種の選抜. *北海道農業フロンティア研究會年報* 6 : 55~61.

高橋賢司. 1996. ジャガイモそうか病抵抗性・耐病性品種の選抜. *北海島農業フロンティア研究會年報* 7 : 55~61.

田中文父. 2000. ジャガイモそうか病菌の同定と識別・定量ならびに土壤環境抑制による防除に関する研究. 北海道立農業試研報告(農業部門). 北海道立十勝農業試験場 96 : 66 pp.

田中文父, 官島邦之. 1997. ジャガイモそうが病の防除の現状と問題点. 植物防疫 56(6) : 259~262.

田代暢哉. 1989. ジャガイモそうが病に関する研究. 日植病報 55 : 389.

田代暢哉. 1999. ジャガイモ萌芽莖を利用した ジャガイモそうが病を引こす病原*Streptomyces* 属菌の簡易検定法. 日植病報 65 : 211~215.

田代暢哉, 宮下清貴, 松毛良満. 1999. 強酸性土壌におけるジャガイモそうが病の多発生とそれに關與する*Streptomyces* 属菌. 日植病報 65 : 197~203.

Tashiro, N., K. Miyashita and T. Suzui. 1990. Taxonomic studies on the *Streptomyces* species. Isolated as causal organisms of potato common scab. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 56 : 73~82.

植松勉, 片山 克己. 1990. ジャガイモの連作下におけるそうが病の發生生態と防除. 長崎總農林試研報(農業部門) 18 : 61~115.

渡辺文吉郎. 1988. 土壤病害-發生,生態と防除-. 全國農村教育協會 p171~180.

吉田穗積, 水野直治, 松浦英和. 1997. 施肥法の改良によるジャガイモそうか病の發生抑制効果. 日本病報 63 : 57~63.

감사의 글

어려운 여건 하에서 지도교수를 맡아주시고 학업과 논문 작성에 마지막까지 지도해주신 강영길교수님과 평소 학업지도와 논문심사 위원장으로서 많은 도움을 주신 조남기교수님, 논문심사와 학업에 많은 도움을 주신 송창길교수님 그리고 학업을 마칠 때까지 많은 도움을 주신 박양문, 권오균, 오현도, 김한림, 고영우교수님의 노고에 깊은 감사 드립니다. 또한 앞으로 저가 가고 있는 식물병리 연구에 앞길을 밝혀주실 전용철교수님과 학업 전과정에 도움을 주신 고동환, 고지병 조교선생님, 강봉균박사님 그리고 제주대학교 농학과 대학원생 여러분께 감사를 드립니다.

감자더맹이병의 완전방제를 위해 같이 노력을 했으며, 본 논문에 심사를 맡아 꼼꼼히 챙겨 주셨던 고령지 시험장 함영일 박사님과 저에게 식물병리의 기초를 가르쳐 주셨고, 본 논문의 심사를 맡아 도움을 주셨던 농업과학기술원 김완규 박사님께 깊은 감사 드립니다.

늦게 시작한 학업을 끝까지 마칠 수 있는 여건과 도움을 주셨던 제주도농업기술원 김광호원장님과 강명선국장님을 비롯, 직원 여러분께 머리 숙여 감사를 드리며, 논문 작성에 조언과 자료정리, 교정 등에 도움을 주신 한원탁과장님과 이광석계장님, 송정흡선생님께 감사드리고, 시험을 하는데 도움을 주셨던 전감자센타팀 직원여러분과 실험실에서 저를 도와주셨던 오진보님, 현은아님, 김현진님, 이미경님, 김용찬님, 고정숙님, 고영균님, 김수남님 께 감사 드립니다.

감자더맹이병 방제를 위해 같이 연구를 했던 김점순선생님을 비롯한 고령지 시험장 직원여러분과 강원대학교 임춘근교수님, 농업과학기술원 김충희과장님, 조원대연구원님, 이승돈박사님 께 감사드리며, 저에게 처음 식물병리를 가르쳐 주셨던 김기청 전 전남대학교수님과 더맹이병 방제에 많은 관심을 가져서 저로 하여금 본 연구를 하도록 하셨던 고일웅 한국농업전문학교 교장님과 한동휴, 김영휘 전원장님께 감사드립니다.

지금까지 저를 지켜봐 주시고 학업에 누구보다 도움을 주신 어머니와 장모님, 가족 친지 분들과 사랑하는 승남, 어진, 여름에게 그 동안 소홀 했던 아빠의 죄송함과 고마움을 전하며, 항상 나보다 나를 더 사랑해주는 고마운 아내 고현미님께 죄송함과 고마운 마음 전합니다.

앞으로 감자더맹이병을 방제하는데 이 한 몸 조그마한 도움이 되었으면 하는 마음을 가지며, 하늘나라에 계신 아버님과 장인 어른께 이 소서를 바칩니다.