

박사학위논문

온주밀감의 저장병 발생실태 및 방제에 관한 연구

Studies on Incidence and Control of Postharvest
Diseases on Satsuma Mandarin(*Citrus unshiu*) Fruit



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

110351

제주대학교 대학원

원예학과

강 성 근

2000년 12월

온주밀감의 저장병 발생실태 및 방제에 관한 연구

지도교수 한 해 룡

강 성 근

이 논문을 농학박사학위 논문으로 제출함



강성근의 농학박사학위 논문을 인준함

심사위원장 _____

위 원 _____

위 원 _____

위 원 _____

위 원 _____

제주대학교 대학원

2000년 12월

**Studies on Incidence and Control of Postharvest
Diseases on Satsuma Mandarin(*Citrus unshiu*) Fruit**

Sung-Geun Kang

(Supervised by Professor Hae-Ryong Han)



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

DEPARTMENT OF HORTICULTURE
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2000. 12.

목 차

SUMMARY

I. 서	언	1																					
II. 연	구	사	3																				
III. 재	료	및	방	법	9																		
IV. 결	과	및	고	찰	21																		
1. 온	주	밀	감	저	장	병	발	생	를	조	사	21											
가.	농	가	저	장	실	태	조	사															
나.	노	지	온	주	밀	감	저	운	저	장	중	저	장	병	발	생	를	조	사				
다.	노	지	온	주	밀	감	상	운	저	장	중	저	장	병	발	생	를	조	사				
라.	월	동	재	배	온	주	밀	감	저	장	중	저	장	병	발	생	를	조	사				
2. 온	주	밀	감	저	장	병	종	류	및	발	생	를	31										
가.	저	장	병	원	균	의	동	정															
나.	저	장	병	종	류	별	발	생	를														
3. 온	주	밀	감	주	요	저	장	병	원	균	인	<i>Penicillium</i>	의	특	성	분	석	44					
가.	<i>Penicillium</i>	spp.	의	형	태	및	배	양	적	특	성												
나.	<i>Penicillium</i>	spp.	의	병	원	성	및	약	제	저	항	성											
다.	<i>Penicillium</i>	spp.	균	주	들	의	유	전	적	변	이	조	사										
4. 온	주	밀	감	저	장	병	방	제	시	험	61												
가.	살	균	제	에	의	한	저	장	병	원	균	생	장	억	제	효	과	실	내	검	정		
나.	살	균	제	처	리	에	의	한	저	장	병	방	제										
다.	칼	습	제	처	리	에	의	한	저	장	병	방	제	효	과								
V. 종	합	고	찰	70																			
VI. 적	요	77																					
VII. 참	고	문	헌	80																			

온주밀감의 저장병 발생실태 및 방제에 관한 연구

강 성 근
(제주대학교 대학원)

Studies on Incidence and Control of Postharvest Diseases on Satsuma Mandarin(*Citrus unshiu*) Fruit

Sung-Geun Kang
(Graduate School, Cheju National University)

Summary

In order to improve the storage capacity of satsuma mandarin, we examined the incidence of postharvest diseases and pathogens of 'Okitsu Early' (*Citrus unshiu* cv. Okitsu) and 'Miyagawa Early' (*C. unshiu* cv. Miyagawa). One of the most important postharvest pathogens, *Penicillium* spp., was observed to get morphological and cultural characters. The genetic variation and resistance to fungicides were investigated with 60 *Penicillium* isolates from rotten fruits. And the control effect of fungicides was examined to reduce incidence of diseases. The results obtained were summarized as follows:

1. Survey on the incidence of postharvest diseases.

1) About 40% of farmers have been using iminoctadine-triacetate for preventing postharvest diseases, and especially the fruits sprayed with benomyl showed the highest percentage of rotten fruits.

2) The cumulative percent of decayed fruit after 60 days storage at 4°C was 1%, and 32.3% after 135 days.

3) The cumulative percent of diseased fruit after 60 days storage at room temperature was 9.2%, and 28.3% after 90 days.

4) There was no difference between overwinter-harvested fruits covered with a silver envelope and grown in the un-heated greenhouse. In case of 30 days storage of overwinter-harvested fruits, they were decayed by 4% at 5°C, 9% at 10°C, 24% at room temperature respectively, and they were 9, 16, and 44% after 50 day storage respectively.

2. Identification and incidence of postharvest diseases.

1) As the identified results of postharvest diseases, there were 8 species of pathogens such as *Alternaria citri*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, *Phyllosticta citricarpa*, *Phomopsis citri* including *Rhizopus sp.* unidentified as postharvest disease of satsuma mandarin previously.

2) Up to 135 days, the above 8 species found at low temperature(4°C) storage. The cumulative incidence of black rot(*A. citri*) was highest as 17%, and stem end rot(*P. citricarpa*) was 5.7%, the others were below 3%.

3) 4 or 5 species of pathogens were at room temperature storage and the cumulative incidence of black rot(*A. citri*) was highest as 14.3%, and stem end rot(*P. citri*), Anthracnose (*C. gloeosporioides*) and green mold(*P. digitatum*) was 4.2%, 2.3%, and 2.0%, respectively, at 90 days storage.

4) Incidence of *Penicillium spp.* in the farmers' conventional storage was higher(27.3%) than any other.

3. Characteristics of *Penicillium* spp. as a major postharvest disease.

1) An unidentified *Penicillium* sp. was observed from 60 *Penicillium* isolates.

2) The conidia shape of *P. digitatum* and *P. italicum* were elliptical, but that of *Penicillium* sp. was spherical. And they were different from symptoms of diseased fruits. The colors of spore of *Penicillium* sp. was blue green.

3) As compared with the growth of mycelia by temperatures, two identified *Penicillium* species grew well from 20°C to 25°C. But an unknown species, *Penicillium* sp., showed bad growth.

4) In case of the growth of mycelia by media, *P. italicum* was excellent on CAY medium, *P. digitatum* on MEA and *Penicillium* sp. on G25N medium, respectively.

5) From the test of pathogenicity, *P. digitatum* and *P. italicum* showed a strong pathogenicity, but *Penicillium* sp. showed a weak pathogenicity.

6) As the observed results for the resistance of 60 isolates belonging to the *Penicillium* genus to benomyl and thiophanate-methyl, they were resistant by 52% and 48% in 25 *P. italicum* isolates, 95.8% and 91.7% in 24 *P. digitatum* isolates, and 83.3% in 6 *Penicillium* sp. respectively.

7) From the results of cluster analysis among the 60 *Penicillium* isolates, they were divided by four groups and the similarity was from 80% to 100% in *P. italicum* isolates and 95% between *P. digitatum* isolates. The similarity among these 4 groups was less than 60%.

4. A control experiment on postharvest diseases.

1) The results of the mycelia inhibitory effects by 28 fungicides confirmed that prochloraz manganese, tebuconazole and propiconazole were effective, and a control effect of imazalil, unregistered fungicide in Korea, was also effective.

2) In the test of control effects of the fungicides used by farmers for preventing postharvest diseases, both benomyl and thiophanate-methyl showed low control values.

3) As a fungicide for preventing postharvest diseases, prochloraz manganese showed the most excellent effect.

4) There was no efficacy to prevent the diseases by the single application of calcium agent.



I. 서 언

제주도에서 재배되는 감귤류 전체 재배면적의 98%를 온주밀감(溫州蜜柑)이 차지하고 있다. 온주밀감 중에서도 제주도의 기상환경 특성상 82%정도의 높은 비율로 조생온주가 재배되고 있기 때문에(제주도감귤출하연합회, 2000) 수확시기가 거의 같아 홍수 출하되어 가격하락이 초래될 수 밖에 없는 실정이다. 따라서 농가에서는 출하를 분산시키고 산함량을 낮추어 식미(食味)를 향상시켜 높은 가격을 받기 위해 2~3월까지 저장을 해서 출하를 하고 있다. 이는 일본의 경우 주로 보통온주를 저장하고 있는 것과는 다른 제주도 감귤산업의 특징이다. 현재 제주도는 저온저장고 9,584평(144동)과 상온저장고 360,227평(18,528동) 등 연간 감귤생산량의 65%인 39만톤 정도를 저장할 수 있는 시설을 보유하고 있다(제주도, 2000).

우리나라와 일본에서 발생하는 감귤의 주요 저장병은 7종(한국식물병리학회, 1998)이 보고되었다. 그 중에서 녹색곰팡이병(*Penicillium digitatum*)과 푸른곰팡이병(*Penicillium italicum*)이 가장 피해가 큰 것으로 알려져 있다(磯田와 山本, 1978). 해외에서는 감귤 유통과정에서 장기수송이나 장기저장이 불가피할 경우 과실 부패 방제를 위해 오래 전부터 저장병 방제약제를 사용해 왔다(岩堀와 門屋, 1999). 감귤 저장병 방제약제는 나라에 따라 허가되고 있는 종류와 사용농도는 다르지만 많은 나라에서 ortho-phenyl-phenol(OPP), thiabendazole(TBZ), benomyl, imazalil 등을 선과장에서 침지처리하고 있다(北川, 1982). 일본에서는 수상살포용(樹上撒布用)으로 저장병에 등록된 적용약제가 thiophanate-methyl 등 3종이 있다(静岡縣 農作物病害蟲防除基準, 1996). 그러나 1974년에 감귤 녹색곰팡이병에 대한 thiophanate-methyl 저항성균이 밝혀진 이래 저항성균의 밀도가 낮아 큰 문제는 없었으나, 1990년대 들어서면서 저항성균의 밀도가 높아지고 있어 감귤의 저장병 증가 원인이 되고 있다(田代, 2000).

지금까지 국내에서는 감귤 저장조건에 대한 연구는 많이 이루어지고 있

으나, 감귤 저장병에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 또한 경제적 감귤재배 역사가 40년을 넘고 있지만 등록된 약제가 없고, 다만 1980년대 중반에 thiophanate-methyl에 대한 시험결과를 활용하여 최근까지 농가에 방제지도를 하고 있다(남과 권, 1987). 그러나 최근에 저장병 발생이 증가하고 있으며, 사용하고 있는 농약의 방제가가 낮다는 의견이 많아 현재 사용하고 있는 농약에 대한 효과 검토 및 새로운 농약 선발이 필요한 실정이다.

본 연구는 조생은주 저장 중 부패에 의한 손실을 최소화시킬 수 있는 방안을 마련할 목적으로, 저장조건별 저장병 발생 정도와 시기별 저장병 발생종류를 조사하였으며, 주요 저장병을 일으키는 병원균인 *Penicillium* spp.의 형태적, 배양적 특성을 분석하고 약제 저항성을 조사하였다. 그리고 저장병을 줄일 수 있는 방제법에 대하여 검토하였다.



II. 연구사

1. 감귤 저장병

온주밀감의 최적 저장 온도는 3~5℃이며, 습도는 85%가 좋다. 저온일수록 부패의 원인이 되는 저장병원균 활동은 둔화되지만 2℃이하가 되면 호흡량이 저하되고 저온피해를 받는다(農山漁村文化協會, 1985).

저장을 잘 하려면 저장에 적합한 품질의 과실을 생산하고 선별을 잘하여 저장을 해야 한다. 과실 자체가 저장에 적합하지 못할 때는 훌륭한 저장고나 철저한 저장관리를 한다 하여도 저장효과는 떨어진다. 저장에 적합한 과실의 기준은 부피과가 되지 않고 과즙은 농후하며 당과 산함량이 많고, 가을철에 햇빛을 잘 받은 과실 등이다(한과 권, 1994).

제주도에서는 지역 및 기상적인 특이성으로 조생온주를 주로 재배하고 있으며, 다음해 3월까지 저장을 실시하고 있다. 일본의 경우 조생온주는 산함량이 낮아 저장성이 약하므로 보통온주를 주로 저장하여 1~3월에 출하를 하고 있다(김 등, 1999).

감귤에 발생하는 병은 세계적으로 약 100여 종이 보고되었고, 일본에서는 47종이 보고되었는데, 이 중 저장병은 12종으로 분류하고 있다(Farr 등, 1990 ; 日本植物防疫協會, 1984). 현재 우리나라에 기록되어 있는 병은 18종이고, 이 중 저장병은 검은썩음병(*Alternaria citri*), 잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*), 녹색곰팡이병(*Penicillium digitatum*), 푸른곰팡이병(*Penicillium italicum*), 검은무늬병(*Phyllosticta citricarpa*), 탄저병(*Colletotrichum gloeosporioides*), 꼭지썩음병(*Phomopsis citri*) 등 7종(한국식물병리학회, 1998 ; 유 등, 1993 ; 송, 1997)이 보고되어 있다. 그리고 저장병 외에 감귤재배시 피해가 많은 주요 병으로는 검은점무늬병, 더댕이병 및 잿빛곰팡이병 등 3종이 있다(고 등, 1996).

太田(2000)은 靜岡縣에서 발생되고 있는 과실저장병은 녹색곰팡이병, 푸른곰팡이병, 꼭지썩음병, 잿빛곰팡이병 등이 있고, 이 중 녹색곰팡이병 및 푸른곰팡이병이 많이 발생하며, 그 다음은 꼭지썩음병과 검은썩음병이

많이 발생한다고 했다. 녹색곰팡이병과 푸른곰팡이병은 모두 고온 및 다습 조건일수록 발생이 증가한다. 저온, 저습 조건에 두면 이들 곰팡이병에 의한 부패가 억제되는 경향이지만 1~3℃의 저온에서도 습도가 높으면 저장후기에 병징이 나타난다(岩堀와 門屋, 1999 ; 牧田, 1998). 병원균의 발육최저온도는 녹색곰팡이병균이 3~4℃, 푸른곰팡이병균이 2~3℃이하라는 보고(北島와 澤村, 1953)가 있으나, 伊庭 등(1972)은 저장시험에서 이 온도 이하에서도 장기간 놓아두면 병이 발생된다고 하였다. 한편 고온예조를 실시한 과실을 저장한 경우에는 *Penicillium*속 균에 의한 저장 중의 부패가 감소된다는 보고가 있다(伊庭 등, 1974).

잣빛곰팡이병은 습도가 높을수록 발생이 많았는데, 특히 90%이상의 습도에서 급격히 증가되고 온도의 영향은 거의 받지 않으나, 저온 다습 조건에서 발생하는 경우도 있다. 저온저장시 잣빛곰팡이병의 병징 발현은 상온저장과는 약간 다르게 나타난다. 상온저장인 경우는 갈색의 원형수침상(圓形水浸狀) 병반에서 바로 잣빛의 포자가 생기나, 저온저장시에는 포자가 형성되기까지 꽤 오랜 시간이 경과되어 대부분의 과실이 갈변 연화되었고, 잣빛 포자가 관찰되지 않는 경우도 많았다고 하였다(伊庭 등, 1974). Fawcett와 Lee(1926)도 잣빛곰팡이병 발생의 호조건은 저, 중온에서의 다습한 환경임을 기술한 바 있다.

검은썩음병은 해에 따라 발생양상이 다른데, 온도보다는 습도의 영향을 주로 받아 습도가 낮을수록 발생량이 적다(伊庭 등, 1974). 이 병은 저장 전에 이미 과실에 균이 잠재해 있는 병(Coit와 Hodgson, 1918)으로 저장 및 수송 중에 주로 발생한다(池屋, 1941).

꼭지썩음병 발생은 해에 따라 차이가 있으나 습도의 영향보다는 고온일수록 증가하는 경향이므로, 저온을 유지하면 병 발생이 적어진다고 보고하였다(伊庭 등, 1974). 꼭지썩음병도 검은썩음병과 마찬가지로 이미 잠복된 병원균에 의해 나타나는데, 발병의 원인이 되는 병원균은 검은점무늬병원균으로(本間와 山田, 1969), 잎이나 과실에 검은점무늬병 발생이 많은 해에는 저장 중 꼭지썩음병 발생이 많아진다(田中 등, 1954 ; 岩堀와 門屋, 1999).

검은무늬병은 해에 따라 발생정도가 다르며 다습 조건에서는 발생하지 않고 80%의 습도에서는 조금 발생하는데, 일반적으로 습도가 낮고 고온일수록 많이 발생하며(伊庭 등, 1974 ; 田中 등, 1954), 수확전의 서리 피해에 의해서도 발생된다고 하였다(田中 등, 1954).

감귤 저장시 저장병 발생률을 조사한 결과, 김(1977)은 저장 전 살균제를 살포한 경우 *Penicillium*속 균에 의한 저장병 발생이 적으나, 꼭지썩음병 발생이 많았다고 했다. 그리고 김 등(1995)은 1994년부터 1995년까지 興津부생을 대상으로 저장시험을 실시한 결과, 저장 94일째(3월 22일) 상온저장인 경우 32.9%, 저온저장은 21.8% 저장병이 발생하였다고 보고했다. 제주감귤시험장(1998)도 1998년 캐나다에 수출 선적한 온주밀감이 고온과 9월 하순의 태풍 「예니」에 의해 저장병 발생률이 3.0~14.5%로 예년의 3.0%에 비해 크게 높아 문제가 되기 때문에 저장병 발생 경감 및 신선도 유지와 감량에 대한 개선대책이 필요하다고 보고한 바 있다.

일본 靜岡縣 農作物病害蟲防除基準(1996)에는 온주밀감 저장시 살균제를 살포하지 않고 3월까지 저장하는 경우 11% 정도 저장병이 발생하였으며 그 종류로는 푸른곰팡이병 및 녹색곰팡이병이 가장 많았고, 그 다음은 꼭지썩음병, 검은썩음병 순이었다고 기술했다. 그러나 benomyl 및 thiophanate-methyl을 살포한 경우에는 3월까지 저장병 발생률이 6% 정도이고, 주로 검은썩음병이 많이 발생하며 3월에 들어서면 저장병 발생이 급증한다고 했다. 1992년 제주도농촌진흥원에서 온주밀감을 저장하는 30농가에 대한 저장 실태를 조사한 결과, 전 농가(100%)가 수확 전 thiophanate-methyl를 수상살포하여 저장을 하고 있었고, 저장병은 2월 상순부터 나타나기 시작하여 3월 하순에 5~7% 정도 발생했다고 보고했다(김과 송, 1992).

2. 완숙재배 온주밀감 저장

1997년부터 제주도에서 온주밀감을 수상(樹上) 완숙 월동시켜 2~4월에 수확하는 월동재배법(越冬栽培法)이 시도되기 시작하여 농가들의 관심

을 집중시키고 있다(강, 2000).

矢羽田 등(1994a)에 의하면 가을철에 토양피복 처리를 한 후 완숙재배를 실시한 山下紅早生과 興津早生을 12월 21일 및 1월 19일에 수확하고, 7일간 상온에서 3%의 예조를 실시한 후 온도 0℃와 3℃, 습도 85%의 저온저장고에서 저장시험을 실시한 결과, 완숙 조생온주를 저온저장하는 경우 1월 이후에 수확된 것은 저온장해에 의해 부패과가 급증하므로 12월에 수확해서 저장을 하는 것이 좋다고 보고하였다. 그리고 저장온도는 3℃보다 0℃에서 부패과 및 저장병 발생률이 감소했고, 저장 4개월 후부터 과피에 pitting 현상 발생이 많아졌다고 하였다. 또한 과실품질 변화에 대하여 조사한 결과는 4월까지 양호한 맛이 유지되었고, 저장온도에 의한 맛 차이는 없지만 저장 중 산함량이 낮아지므로 저장개시 때의 산함량은 1.0~1.2% 정도는 되어야 한다고 하였다(矢羽田 등, 1994b).

3. 저항성균

일본에서는 1974년 이후 전국의 감귤산지에 thiophanate-methyl 및 benomyl에 대한 저항성균이 발생하였으나, 다른 작물과 달리 감귤재배시는 저항성균 출현에 의한 살균제 방제효과가 떨어지는 문제점이 발생되지 않았다. 그 이유는 하우스밀감이나 극조생 및 조생온주 수확시기에 저항성균 발생밀도가 낮았기 때문이었다(磯田와 山本, 1978 ; 牛山, 1979 ; 倉本, 1981 ; 宮本 등, 1983).

그러나 1990년대 초반부터 녹색곰팡이병을 비롯한 과실부패 발생이 하우스밀감과 노지재배 극조생온주, 조생온주에서 증가하기 시작하였다. 그 원인은 약제 저항성균의 증가에 의한 것으로 추측되었으며, 1992년과 1997년, 1998년에는 일본 전국에 저장병 발생이 급증하였다(古賀 등, 1999 ; 橋와 三好, 1991 ; 田代 등, 1995 ; 田代 등, 1996 ; 間佐古, 2000 ; 太田, 2000 ; 田代, 2000). 長崎縣果樹試驗場(2000) 보고에 의하면 長崎縣에서도 온주밀감 저장병으로 가장 문제가 되고 있는 것은 극조생 및 조생온주의 녹색곰팡이병 및 푸른곰팡이병이며, 이 병의 발생은 1997년에 가장 많았고 그 다음은 1998년에 많았다고 하였다. 특히

1997년에는 11~12월에 걸쳐 출하되는 조생온주를 중심으로 거의 현(縣) 전역의 감귤원에서 발생이 많았다. 이는 기상환경으로 과실이 연약해진 것도 원인이겠지만 thiophanate-methyl에 대한 저항성균이 36~74% 발생하고 있었기 때문이라고 발표했다. 그래서 극조생 및 조생온주에 새로운 저장병 방제약제인 iminoctadine-triacetate를 사용하기 시작했다고 기술했다.

4. 병원균에 대한 RAPD 분석

모든 병원균은 환경 등 여러 가지 원인에 의해 종의 분화와 변이체의 생성이 많아 분류상 어려움이 많으며 온도, 습도 등의 변화에 따라서 생육도 차이가 있다.

DNA의 염기서열 차이를 이용하는 DNA marker는 유전자와 환경간의 상호작용을 배제할 수 있기 때문에 유전분석을 통한 유전자원 평가 등에 활용되고 있다. 최근에 생물체 개체들간의 분류, 진단, 집단 유전학, 계통 분석, 유전자 지도 작성(Huff 등, 1994 ; Welsh와 McClelland, 1990 ; Williams 등, 1990) 등에 유용하게 이용되고 있는 인위적 무작위 primer를 이용한 random amplified polymorphic DNA(RAPD) 방법이 병원균 동정(同定)에도 활용되는 추세에 있다. 식물 진균(眞菌)에 있어서는 Crowhurst 등(1991)과 Grajal-Maritin 등(1993)은 *Fusarium* 속 균의 race 분화에 대하여, Schafer와 Wostemeyer(1992), Manulis 등(1994)은 병원성과 비병원성 균주를 구별하기 위하여, Guthrie 등(1992)은 *Colletotrichum graminicola*의 지리적 기원을 밝히기 위하여 RAPD 방법을 이용하였다. McMermott 등(1994)도 보리 흰가루병의 진화과정과 유전적 연관관계를 구명하기 위해 RAPD 분석을 사용한 바 있다.

최근에는 각종 식물병 진단이나 농약에 대한 저항성 개체의 판별에도 RAPD 분석방법이 많이 이용되고 있는데(Beck과 Ligon, 1995 ; Audy 등, 1994 ; Koenraad와 Jones, 1992), 감귤에서는 검은점무늬병균(권, 1996 ; 고 등, 1998)과 잿빛곰팡이병균(고 등, 1998)의 집괴분석을 위해 사용된 바 있다.

5. 칼슘제

일반적으로 원예산물은 전체 칼슘 함량의 60~70%가 세포벽 내에 함유되어 있으며 유리상태의 Ca와 결합상태의 Ca 두 가지 형태로 존재한다(Helper 와 Wayne, 1985). 칼슘의 식물체내에서의 역할은 성숙, 노화와 탈리를 지연시키며, 과신품질, α -amylase 분비, 광합성, 세포분열 및 세포신장을 촉진한다고 보고되었다(Poovaiah, 1985). 이들 기작 중에서 그 기구가 많이 밝혀진 것으로는 과실의 성숙과 노화지연에 대한 연구들이다.

칼슘은 과실의 연화(軟化)와 색(色) 발현을 지연시키고 호흡을 억제시키는 방법으로 성숙을 조절하는 것으로 알려졌으며(Cheour 등, 1990), 과실이나 채소의 조직은 세포벽이 붕괴됨으로써 연화가 일어나는데, 세포벽 성분 중에서 펙틴 사슬에 칼슘이 이온결합을 하게 되면 세포벽 붕괴가 억제되어 연화가 지연되므로 성숙이 조절된다고 보고했다(박, 1999). 하지만 白石(1987)와 김과 김(1999)은 이와는 달리 감귤에서 탄산칼슘제를 살포하면 칼슘이 기공에 끼게 되어 호흡 및 증산작용을 촉진시켜 과실 착색 및 당도가 향상된다고 하였다.

한편 칼슘제 살포에 대한 원예적 이용은 과실의 품질향상(Conway, 1987 ; Kawase, 1992 ; 南出와 上田, 1987)과 과실(Hopfinger와 Poovaiah, 1979 ; Conway 등, 1991) 및 채소(Gerasopoulos 등, 1996)의 저장성에 초점이 맞춰져 있으며, 국내의 경우에도 이에 따른 연구가 많이 수행되고 있다(권 등, 1999 ; 장 등, 1990 ; 문과 최, 1999 ; 문 등, 1999 ; 정과 윤, 1995). 감귤 저장시 칼슘제의 효과에 대한 시험으로는 田中와 谷岡(1987), Ben-yehoshua 등(1987)의 보고가 있다. 특히 최근에는 안전농산물 생산 및 소비에 관심이 높아지면서 기존 농약을 대체할 수 있는 천연 약품 개발도 필요한 실정이다.

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 온주밀감 저장병 발생률 조사

가. 농가 저장 실태조사

감귤저장을 가장 많이 하고 있는 제주도 남제주군 남원읍 관내 30농가를 대상으로 1999년산 온주밀감에 대해 상온저장고내(농가 보유 일반저장고)에서의 저장실태를 설문 조사하였다. 주요 조사내용은 저장병 방제용으로 살포한 살균제 종류와 저장을 종료하고 출하할 때 저장고 전체에서 발생한 저장병 발생률 등이었다.

나. 노지 온주밀감 저온저장 중 저장병 발생률 조사

제주도 서귀포시 도순동(해발 110 m) 소재 농암갈색 화산회토 토양에 재식된 20년생 興津早生(*Citrus unshiu* cv. Okitsu) 감귤원에서 1997년 12월 1일 수확하여 선별한 횡경 58~60 mm 과실을 나무로 만든 저장상자당 100과씩 넣은 뒤 환기가 잘되는 실내에서 과실무게를 4% 감량시킨 후, 12월 13일에 제주도농업기술원에 있는 저온저장고(온도 4℃, 습도 85±2% 유지)내에 위치별로 3상자씩 총 9상자를 저장하였다.

저장병 발생률은 저장 45일 후(1998년 1월 27일)부터 135일째(1998년 4월 26일)까지 15일 간격으로 각 나무상자별로 발생한 저장병 발생 과실수를 조사하여 비율로 나타내었으며, 조사시기마다 저장병 발생 과실은 제거하였다.

다. 노지 온주밀감 상온저장 중 저장병 발생률 조사

노지 온주밀감 상온저장(일반저장) 중 저장병 발생률을 조사하기 위하여 저온저장 시험과 동일한 장소, 동일한 시기에 수확한 과실을 서귀포시 농가가 보유하고 있는 상온저장고내에 넣고 환기가 잘되게 문을 전부 열어 4% 감량을 시킨 다음 12월 13일에 외관 상처가 전혀 없는 건전한 횡경 58~60 mm의 과실을 나무상자에 100과씩 선별하고 총 9상자를 저장하

였다(선별저장구). 그리고 같은 저장고 내에서 농가가 관행적으로 극대과, 극소과, 상처과만 골라내어 저장한 과실(농가 관행저장구)과 같은 시기에 저장병 발생률을 조사 비교하였다.

저장온도 및 습도는 별도로 조절을 하지 않은 자연상태로 3일에 1회 정도 환기를 실시하였고, 저장병 발생률은 1998년 1월 12일부터 30일 간격으로 2월 11일, 3월 12일에 각 나무상자별로 발생한 저장병 과실수를 조사하여 비율로 나타내었으며, 조사시기마다 저장병 발생 과실은 제거하였다.

라. 월동재배 온주밀감 저장 중 저장병 발생률 조사

일반적으로 노지에서 재배하는 온주밀감은 11~12월에 수확하지만, 1997년 이후 제주도에서 새롭게 재배가 시작되어 관심이 집중되고 있는 월동재배 온주밀감은 2~4월에 주로 수확을 하고 있는데, 출하기간이 짧아 문제가 되고 있으므로 이 기간을 연장시킬 수 있는지 검토하기 위해 저장 중 저장병 발생률 및 자연 감량률을 조사하였다.

시험재료는 제주도 남제주군 남원읍(해발 60 m) 소재 흑색 화산회토 토양에 재식된 22년생 宮川早生(*C. unshiu* cv. Miyagawa) 감귤원에서 1998년 11월 20일에 은박봉지(크기 : 가로 30×세로 50 cm)를 가지단위로 피복하여 월동 완숙시켜 1999년 3월 9일 수확한 과실과, 제주도 북제주군 한경면(해발 90 m) 소재 암갈색 비화산회토 토양에 재식된 25년생 宮川早生 감귤원에서 천장에만 비닐을 피복한 비가림하우스에서 월동 완숙시켜 1999년 4월 1일 수확한 과실을 이용하였다. 그리고 저장 전에 횡경 55~58 mm의 과실을 대상으로 나무상자당 100과씩 넣고 저장고내에서 바람이 잘 통하게 만들어 주어 과실무게를 1% 감량시킨 후 각각 3월 13일과 4월 5일에 저장온도별로 9상자씩 총 54상자를 저장하였다.

저장온도는 5℃, 10℃, 상온저장 등 3처리를 두어 저장병 발생률과 자연 감량률을 저장 10일 후부터 10일 간격으로 나무상자별로 조사하였으며, 저장고는 제주도농업기술원 저온 및 상온저장고를 이용하였다.

그리고 저장이 끝난 후 출하과실의 유통 가능한 기한을 알아보기 위하여

재배방법별로 5℃와 10℃에서 20일, 30일, 40일간 저장했던 과실을 저장고에서 꺼낸 뒤 당일 5 kg 밀감상자에 포장한 2처리와 5℃에서 저장했던 과실을 저장고 내에서 2일간 온도를 서서히 높여 15℃까지 순화(馴化)시킨 뒤 5 kg 밀감상자에 포장한 1처리 등 총 3처리를 두어 일반 실온상태인 실험실에 보관한 다음 5일 후, 10일 후, 15일 후의 저장병 발생률을 조사하였다. 5 kg 밀감상자에는 50과씩 넣어 조사하였으며, 시기별로 처리당 3상자씩 조사하였다.

2. 온주밀감 저장병 종류 및 발생률

가. 저장병원균의 동정(同定)

1998년 저온저장 및 상온저장고에서 부패된 온주밀감 과실을 채취하여 병반(病斑) 경계부위에서 5 mm 정도의 직사각형 조각 8개를 잘라내었다. 자른 조각은 직경 8 cm petri dish에 균한 물한천배지(water agar medium : WA배지)에 치상하여 20℃ 항온기에서 7~10일정도 배양한 후 자란 균사(菌絲)를 떼어 8 cm의 petri dish에 균한 감자한천배지(potato dextrose agar medium : PDA배지) 위에 올려놓고 10~20일간 20℃ 항온기에서 재 배양하여 포자(孢子)를 형성시켰다. 병원균의 동정은 형성된 포자 및 기타 특징을 현미경으로 검경(檢鏡)한 후 관련문헌과 비교 검토하였다.

병원성은 외관상 건전한 과실을 1% sodium hypochloride 용액에 5분간 침지하여 표면 살균한 후 살균수로 3회 세척하고 실내에서 물기를 완전히 말린 다음 병원균을 인공 접종하여 일정기간 배양한 후 병반 발생 정도를 가지고 판단하였다. 병원균 접종은 병원균별 $10^3 \sim 10^6$ 포자/mL의 농도로 현탁한 분생포자(分生孢子) 용액에 접종침을 담갔다가 과경부 과피의 유포(油胞)부분을 1 mm 깊이로 찔러 접종하였다. 접종된 과실은 30×30 cm, 높이 15 cm의 플라스틱 통을 이용하여 밑 부분에 살균수를 1 cm 정도 채우고 그 위에 멸균한 petri dish을 놓은 후 10과씩 올려놓고 시험을 실시하였다. 배양은 *Botrytis cinerea*, *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, *Rhizopus* sp. 등 4종은 20℃ 항온기에서,

Alternaria citri, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Phyllosticta citricarpa*, *Phomopsis citri* 등 4종은 25℃ 항온기에서 20일간 배양한 후, 병 발생이 안 된 것은 -, 병반이 5%이하는 +, 병반이 6~24%인 것은 ++, 병반이 25%이상인 것은 +++로 병 발생정도를 나누어 조사하였다. 그리고 이들 병반으로부터 균을 다시 분리하여 동정함으로써 같은 병원균임을 확인하였다.

나. 저장병 종류별 발생률

저온저장 및 상온저장 중 발생하는 저장병 발생률 조사와 더불어 병원균 종류별 저장병 발생률을 조사하였다. 조사방법은 먼저 외관으로 저장병을 확인한 다음 병반 경계부위에서 5 mm 정도의 직사각형 조각 8개를 잘라내어 배양한 후 검출된 병원균과 일치하는 경우 저장병이 발생한 것으로 인정하였다.

검출된 병원균 조사는 과피 8개 조각을 현미경으로 검경하여 6개 이상의 조각에서 동일한 균이 분리될 경우 저장병이 발생한 것으로 조사하였고, 타 균과 복합적으로 검출되어 1개 petri dish에서 동일한 균이 5개 이하인 경우는 저장병 발생률에서 제외시켰다.

3. 온주밀감 주요 저장병원균인 *Penicillium*의 특성 분석

가. *Penicillium* spp.의 형태 및 배양적 특성

1) *Penicillium* spp.에 의한 병징과 형태적 특성

농가 포장 및 저장고에서 *Penicillium*속 균에 감염된 온주밀감 중 병징이 다른 과실로부터 단포자 분리된 *P. digitatum*, *P. italicum*, *Penicillium* sp.를 PDA배지에 접종하고 5일간 25℃에서 배양한 후 얻은 균총(菌叢)으로부터 철침으로 조심스럽게 균사조직을 채취하여 slide glass 위에서 85% lactic acid에 용해된 0.1% acid fuchsin으로 염색한 후 광학현미경하에서 형태적인 특징들을 비교 관찰하였다. 또한 Czapek-yeast extract agar(CYA) 배지에 25℃에서 7일간 배양한 후 균사 성장도와 균총의 특성들을 비교하였다.

2) *Penicillium* spp.의 배양적 특성

온도가 각각의 *Penicillium*속 균들의 균사생장에 미치는 영향을 조사하기 위해서 25℃에서 5일간 PDA배지에 배양된 균총의 가장자리를 직경 4 mm의 cork borer로 절취한 후 PDA배지에 치상하고 4, 10, 15, 20, 25, 그리고 37℃에서 12일간 배양한 후 자라난 균총의 직경을 측정하였으며 각각의 온도처리당 6반복으로 조사하였다.

배지종류가 각각의 *Penicillium*속 균들의 균사생장에 미치는 영향을 조사하기 위해서는 25℃에서 5일간 PDA배지에서 배양된 균총의 가장자리를 직경 4 mm의 cork borer로 절취한 후 Czapek-yeast extract agar(CYA)배지, malt extract agar(MEA)배지 그리고 25% glycerol nitrate agar(G25N)배지에 치상하여 25℃에서 7일간 배양한 후 자라난 균총의 직경을 측정하였으며, 각각의 배지처리당 6반복으로 조사하였다.

산도가 균사생장에 미치는 영향을 알아보기 위해서는 25℃에서 5일간 PDA배지에 배양된 균총의 가장자리를 직경 4 mm의 cork borer로 절취한 후 1N HCl과 2N NaOH로 pH를 4, 5, 6, 7, 8로 조정된 PDA 배지 중앙에 치상하여, 25℃ 항온기에서 3일간 배양한 후 꺼내어 균총 직경을 측정하였고, 다시 25℃ 항온기에 놓은 후 10일 후 균총의 직경을 측정하여 1일간 자라난 균총의 길이로 환산하였으며, 각각의 pH 처리당 6반복으로 조사하였다.

나. *Penicillium* spp.의 병원성 및 약제저항성

1) *Penicillium* spp.의 병원성

- 접종시험용 과실은 1% sodium hypochloride 용액에 5분간 침지하여 표면 살균한 다음 수돗물로 3회 세척하고 실내에서 물기를 완전히 말렸다. 그리고 병원균을 0.05% Triton X-100에 10^6 포자/mL의 농도로 현탁하고 이 용액에 철침(지름 1 mm)을 담갔다가 과피의 유포(oil grand)부분을 약 1 mm 깊이로 찔러 접종하였다. 접종된 과실은 30×40 cm의 비닐 지퍼백에 10과씩 넣고 25℃ 항온기에서 7일간 방치한 후 접종 중심부로부터 발생된 병반 길이를 측정하여 발병도를 비교하였다.

발병도는 무병징인 경우 0, 병반 지름이 5 mm이하인 경우 1, 병반 지름이 6~15 mm인 경우 2, 병반 지름이 16~30 mm인 경우 3, 병반 지름이 31 mm이상인 경우 4로 나타내었다.

2) *Penicillium* spp.의 약제저항성

배양기(培養器)에서 *Penicillium* spp.들의 약제저항성 정도를 알아보기 위해 병든 과실에서 단포자로 분리된 *Penicillium* spp. 60개 균주들을 대상으로 thiophanate-methyl 0, 3.5, 7.0, 14.0, 35.0 μg a.i./mL과 benomyl 0, 5.0, 10.0, 20.0, 50.0 μg a.i./mL로 조정된 PDA배지에 4 mm의 균사절편을 접종하여 27°C에서 10일간 배양한 후 균사생장정도에 따라 감수성, 중도 저항성, 고도 저항성 균주로 나누었다. Thiophanate-methyl 3.5 μg a.i./mL와 benomyl 5.0 μg a.i./mL이하에서 전혀 균사가 자라지 못한 경우는 감수성 균주(S)로, thiophanate-methyl 14.0 μg a.i./mL와 benomyl 20.0 μg a.i./mL이하에서는 균사가 성장하지만 thiophanate-methyl 35.0 μg a.i./mL와 benomyl 50.0 μg a.i./mL에서는 균사가 전혀 자라지 않는 경우는 중도 저항성 균주(R)로, thiophanate-methyl 35.0 μg a.i./mL와 benomyl 50.0 μg a.i./mL에서 균사생장이 억제되지 않는 경우는 고도 저항성 균주(RR)로 표시하였다.

수확 전 농약살포 후 저장한 온주밀감으로부터 분리된 *Penicillium* spp.의 약제저항성 조사는 제주도 남제주군 남원읍(해발 180 m) 소재 흑색 화산회토 토양에 재식된 25년생 宮川早生 감귤원에서 수확 7일 전 iminoctadine-tris 200 mg/L과 대조약제로 thiophanate-methyl 700 mg/L을 각 처리당 3나무씩 살포하고 7일 후 수확하였다. 수확한 과실은 무처리구를 포함하여 나무상자에 나무당 5상자씩, 총 30상자를 상온저장고에 90일간 저장한 후 부패된 과실의 균총에서 *Penicillium*속 균을 단포자(單孢子) 분리하였다. 각각의 분리된 균들은 thiophanate-methyl 25 μg a.i./mL와 kresoxim-methyl 0.5 μg a.i./mL가 들어 있는 PDA배지에서 균총의 성장정도를 조사하여 저항성 정도를 나타내었다.

다. *Penicillium* spp. 균주들의 유전적 변이 조사

1) 균 주

시험 3-나-2)에서 분리된 균주를 시험재료로 사용하였다.

2) DNA 추출

균체로부터 전체 DNA의 추출은 Yoon(1992)의 방법을 이용하였다. PDA 배지에서 14일간 배양한 균체를 Bunchner funnel에 여과지를 이용하여 수확하고 균체 0.1 g을 얼음 속에서 유발과 유봉을 사용하여 마쇄한 다음 lysis buffer(50 mM Tris-HCl pH 7.2, 50 mM EDTA pH 7.2, 3% SDS, 1% 2-mercaptoethanol) 1 mL를 첨가하고 2.0 mL microcentrifuge tube에 옮긴 후 65°C에서 1시간 동안 처리하였다.

여기에 1 volume의 chloroform을 첨가 후 실온에서 14,000 ×g로 15분간 원심분리하여 분리된 상징액에 3M NaOAc 0.1 volume과 isopropanol 1 volume을 첨가하여 혼합한 후, 실온에서 14,000 ×g로 5분간 원심분리하여 DNA를 침전시켰다. 침전물을 80% ethyl alcohol로 세척한 후 건조시킨 다음 0.1 mL의 TE buffer(10 mM Tris-HCl pH 8.0, 0.1 mM EDTA)에 녹였다. 여기에 CsCl 100 mg을 첨가하여 실온에서 14,000 ×g로 5분간 원심분리하여, 분리된 상징액에 1 volume의 isopropanol을 첨가하여 혼합한 후 실온에서 14,000 ×g로 5분간 원심분리하여 DNA를 침전시켰다. 침전물은 80% ethyl alcohol로 세척 후 건조시킨 다음 0.1 mL의 TE buffer에 녹였다. Genomic total DNA의 추출상태는 1.4% agarose gel에서 전기영동하여 관찰하였다. DNA의 양은 260nm에서의 흡광도(A_{260})로 측정하였다.

3) DNA 증폭

PCR 반응은 Operon Primer Kit A 와 M(Operon Technologies, Alameda, CA, 8primers)을 사용하여 실시하였다. DNA 증폭반응을 위하여 5 ng의 총 DNA 용액에 2.5 μ L 10× Taq DNA polymerase

reaction buffer, 2.5 mM MgCl₂, 각각 0.2 mM의 dATP, dCTP, dGTP, dTTP, 0.2 μM primer, 1 unit *Taq* DNA polymerase (Promega, Madison, WI)을 혼합하여 제조한 총 25 μL의 반응용액을 PCR용 튜브에 넣고 여기에 약 10 μL의 mineral oil을 첨가하였다. 증폭조건은 Thermal cycler(Perkin-Elmer Cetus thermal cycler, model 480)에서 94°C에서 30초간 denaturation, 40°C에서 1분간 annealing, 72°C에서 2분간 extension의 단계를 거치는 조건으로 총 40주기를 반복 실행하였으며, 초기 denaturation을 2분간 실시하였고, 마지막 extension은 72°C에서 10분간 실시하였다. 증폭된 DNA는 TAE 완충용액에서 1.4% agarose gel을 이용하여 2시간동안 3 V/cm로 전기영동한 후 EtBr로 염색하고 UV하에서 비교 관찰하였다.

4) RAPD 분석

모든 primer에 의해 증폭된 DNA 절편의 존재 여부에 따라서 존재는 "1", 부재는 "0"으로 표시하였으며, 같은 크기의 band들은 동일한 것으로 간주하였다. RAPD 분석을 위하여 각 균주들간의 유사도 지수를 Dice (1945)의 방법으로 계산한 후 matrix를 작성하고 이로부터 NTSYS-pc에 들어 있는 UPGMA(unweighted pair-group method algorithm)를 이용하여 균주간 근연관계를 조사하였다(Rohlf, 1990).

4. 온주밀감 저장병 방제시험

가. 살균제에 의한 저장병원균 생장 억제효과 실내검정

살균제에 의한 저장병원균 생장 억제효과 실내검정 대상 병원균은 1998년에 감귤 저장시험 중 분리한 7종(*Alternaria citri*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, *Phyllosticta citricarpa*, *Rhizopus* sp.)이었다.

시험약제는 우리나라에서 살균제로 등록된 27종과 외국에서 저장병 약제로 효과가 인정된 살균제 1종 등 모두 28종으로 희석배수는 약제별로 일반작물에 사용하는 농도를 적용하였다.

시험방법으로는 1998년 순수 분리 후 동정하여 저온저장고에서 보관 중인 7종의 병원균을 PDA 배지 위에 치상하여 22~26℃ 항온기에서 10~20일정도 배양한 후 균사 생육이 좋은 4종(*A. citri*, *B. cinerea*, *C. gloeosporioides*, *Rhizopus* sp.)은 직경 1 cm인 cork borer로 균사 끝 부분을 잘라내어 PDA배지에 재 치상하였다. 그리고 살균한 직경 5 mm의 여과지를 8 cm의 petri dish에 대칭되게 4개를 올려놓은 다음 희석한 약제를 micro-pipet으로 여과지에 0.5 mL씩 분주하였다. 균사 생육이 늦은 1종(*P. citricarpa*)과 균사 자람이 불규칙한 2종(*P. digitatum*, *P. italicum*)은 분생포자를 멸균수에 희석하여 PDA배지에 혼합하여 굳힌 배지에 골고루 간 다음 살균한 직경 5 mm의 여과지를 petri dish에 대칭되게 4개를 올려놓은 후 희석한 약제를 micro-pipet으로 여과지에 0.5 mL씩 소량을 분주하였다.

약제에 의한 성장 억제효과 측정은 처리한 petri dish를 *A. citri*, *C. gloeosporioides*, *P. citricarpa* 등 3종은 26℃ 항온기에서, *B. cinerea*, *Rhizopus* sp., *P. digitatum*, *P. italicum* 등 4종은 22℃ 항온기에서 배양하고 10일 후 균사 억제 간격을 조사하였다. 약제를 분주한 여과지에 균사가 닿았으면 '-', 여과지와 균사 사이가 5 mm이내 간격이면 '+', 6~10 mm이면 '++', 11 mm이상이면 '+++ '로 표시하였다.

나. 살균제 처리에 의한 저장병 방제

1) Benomyl과 thiophanate-methyl 처리에 의한 저장병 방제효과
 최근까지 농가에서 많이 사용하고 있는 benomyl과 thiophanate-methyl 2종의 약제를 공시하여 저장병 방제효과를 검토하기 위하여 benomyl 333 mg/L, thiophanate-methyl 700 mg/L, 무처리 등 3 처리를 실시했다.

약제처리는 제주도 서귀포시 도순동(해발 110 m) 소재 농암갈색 화산회토 토양에 재식된 20년생 興津早生 나무에 달린 과실을 1997년 12월 1일 수확 즉시 benomyl 333 mg/L, thiophanate-methyl 700 mg/L

에 2분간 침지처리한 후 그늘에서 물기가 마를 때까지 3~4시간 방치하였다가 플라스틱 저장상자 9개에 각각 100과씩 담았다.

그 후 환기가 잘되는 실내에서 과실무게가 3% 감량된 12월 13일에 제주도농업기술원에 있는 저온저장고(온도 4℃, 습도 85±2% 유지)에 입고하여, 저장 120일 후(1998년 4월 11일) 저장병이 발생한 과실수를 세어 발생률로 환산하였다.

2) 저장병 방제 약제 선발시험

시험 4-가 실내시험에서 효과가 좋았던 prochloraz manganese 500 mg/L과 tebuconazole 500 mg/L 및 농가에서 주로 사용하는 thiophanate-methyl 700 mg/L과 무처리 등 4처리를 두어 1998년 수상살포처리 및 침지처리 시험을 처리별 완전임의배치법으로 실시하였다.

수상살포처리 시험은 제주도 서귀포시 도순동(해발 110 m) 소재 농암 갈색 화산회토 토양에 재식된 20년생 興津早生 나무에 수확 15일 전인 1998년 11월 13일에 약제별로 배양식 분무기로 살포한 후 11월 28일에 과실을 수확하여 농가가 보유하고 있는 상온저장고내에서 환기가 잘되게 문을 전부 열어 과실무게를 3% 감량시킨 다음 나무상자에 100과씩 넣고, 처리별로 9상자를 12월 10일부터 저장하였다.

침지처리도 같은 감귤원의 무처리 과실을 1998년 11월 28일에 수확한 후 과실을 약제처리별로 2분간 침지처리한 다음 수상살포 시험과 동일한 방법으로 3% 감량시킨 후 12월 10일에 저장하였다.

저장병 발생률 조사는 침지처리인 경우 저장 30일 후(1999년 1월 9일)부터 저장 90일째(1999년 3월 9일)까지 한달 간격으로 3회, 수상살포처리는 저장 60일 후(1999년 2월 8일) 저장병에 걸린 과실수를 세어 발생률로 환산하였다.

1999년에는 앞의 포장시험 결과 효과가 우수한 prochloraz manganese 500 mg/L을 대조약제로 하여 최근 저장병 약제로 많이 사용하기 시작하는 iminoctadine-triacetate 125 mg/L 처리와 새로운 저장병 약제인 iminoctadine-tris(albesilate) 400 mg/L 처리, 무처리 등 총 4처

리를 두어 저장병 방제효과 시험을 실시하였다. 약제살포는 제주도 북제주군 애월읍(해발 80 m) 소재 암갈색 비화산회토 토양에 재식된 興津早生 나무에 1999년 11월 1일 수상살포하고, 11월 16일 과실을 수확하여 농가가 보유하고 있는 상온저장고내에서 환기가 잘되게 문을 전부 열어 과실무게를 3% 감량시킨 다음 나무상자에 100과씩 넣고, 처리별로 9상자를 11월 27일부터 저장하였다.

저장병 발생률 조사는 저장 60일 후(2000년 1월 25일) 저장병에 걸린 과실수를 세어 발생률로 환산하였다.

3) 살균제 살포시기에 따른 방제효과

저장병 방제를 위한 약제 살포시기를 검토하기 위하여 기존에 농가에서 많이 사용하던 thiophanate-methyl 700 mg/L과 최근 농가에서 사용을 시작하고 있는 iminoctadine-triacetate 125 mg/L을 수확 30일 전, 20일 전, 10일 전에 단용 및 혼용으로 살포하였다. 시험구는 완전임의 배치하였다.

시험품종은 제주도 북제주군 조천읍(해발 110 m) 소재 농암갈색 화산회토 토양에 재식된 25년생 興津早生 나무를 이용하였다. 수확시기는 1999년 11월 10일이었고, 상온저장고내에서 환기가 잘되게 문을 전부 열어 과실무게를 3% 감량시킨 다음 나무상자에 100과씩 넣고, 처리별로 9상자를 11월 20일부터 저장하였다.

저장병 발생률 조사는 저장 30일 후(1999년 12월 30일)부터 저장 90일째(2000년 2월 18일)까지 30일 간격으로 3회 저장병에 걸린 과실수를 세어 발생률로 나타내었다.

다. 칼슘제 처리에 의한 저장병 방제효과

칼슘제 단용 및 약제와의 혼용처리가 저장병 방제효과에 미치는 영향을 알아보기 위하여 1999년 제주도 북제주군 애월읍(해발 70 m) 소재 암갈색 비화산회토 토양에 재식된 20년생 興津早生 나무에 Kalk-H 567 mg/L을 착색개시기(9월 26일)와 30% 착색기(10월 20일)에 2회 살포,

수확 10일전(10월 31일) thiophanate-methyl 700 mg/L, iminoctadine-triacetate 125 mg/L 살포 등 단용 3처리와, kalk-H 567 mg/L을 2회 살포한 나무에 수확 10일전(10월 31일) thiophanate-methyl 700 mg/L 또는 iminoctadine-triacetate 125 mg/L을 혼용 살포한 2처리, 그리고 무처리 등 총 6처리를 두어 완전임의배치법으로 시험을 실시하였다.

저장과실은 1999년 11월 15일에 수확하여 상온저장고내에서 환기가 잘되게 문을 전부 열어 과실무게를 3% 감량시킨 다음 나무상자에 100과씩 넣고, 처리별 9상자를 11월 25일부터 저장하였다. 저장성 조사는 저장 20일 후(1999년 12월 15일)부터 저장 60일째(2000년 1월 24일)까지 20일 간격으로 3회 저장병 발생률과 감량률을 조사하였고, 조사 시기마다 부패한 과실을 제거하였다.



IV. 결과 및 고찰

1. 온주밀감 저장병 발생률 조사

가. 농가 저장 실태조사

온주밀감 저장 전 저장병 방제를 위해 iminoctadine-triacetate를 사용하는 농가는 조사농가 중 40%였으며, 그 다음은 benomyl 29%, thiophanate-methyl 17%, 약제살포를 하지 않는 농가 14% 순이었다 (그림 1). 이 결과는 온주밀감 저장 전에 사용하는 약제가 thiophanate-methyl 뿐이었다는 8년 전의 보고(김과 송, 1992)와 큰 차이가 있었다. 이러한 차이는 1997년과 1998년의 가을철에 잦은 강우로 부패병 발생이 심해 제주도농업기술원 등에서 이에 대한 방제책으로 iminoctadine-triacetate의 살포를 권장했었기 때문에(제주도농업기술원, 1999) iminoctadine-triacetate 사용농가가 갑자기 늘어난 결과에 의한 것으로 판단된다.

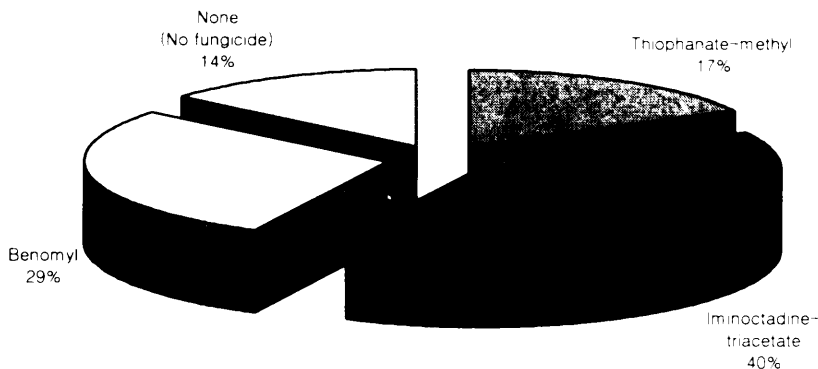


Fig. 1. Percent distribution of farmers by the kinds of fungicides used for the control of postharvest diseases on satsuma mandarin fruits.

저장병 발생률은 저장기간이 경과될수록 높아지는 경향이었지만 3월까지 10%이하로 낮은 수준이었다(그림 2). 이는 김 등(1995)이 興津早生을 대상으로 상온저장한 경우 3월에 32.9%의 높은 저장병이 발생했다는 보고와는 차이가 나는 결과였다. 이와 같이 예년에 비해 발생률이 낮았던 이유는 수확 전 가을철 기상과 병해충 발생상황과도 관계가 있을 것으로 예측되지만, 저장 중 저장병 발생이 저장온도의 영향을 받아 검은무늬병을 제외하고는 고온, 다습한 조건에서 발생하기 쉽다는 보고(農山漁村文化協會, 1985 ; 牧田, 1998)로 볼 때 2000년 1~2월 기온이 예년에 비해 낮고, 강수량이 적어 습도가 낮았기 때문(제주기상청, 2000)인 것으로 추측된다.

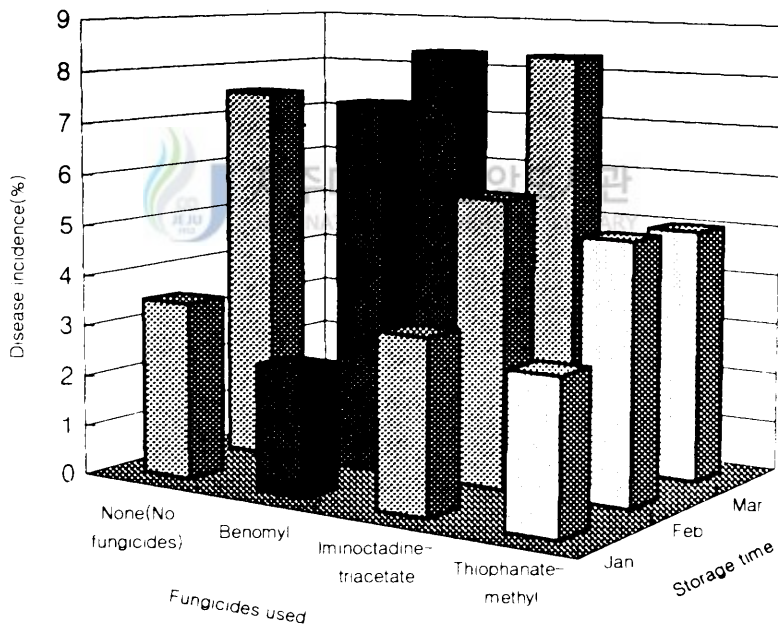


Fig. 2. Incidence of postharvest diseases on satsuma mandarin fruits according to the kinds of fungicides used and shipping time from the farmers' storehouses. Disease incidence indicates percentage of diseased fruits.

살포약제별로는 1월 저장 출하는 약제살포 농가와 무살포 농가에서 모두 저장병 발생률이 비슷하게 3%내외였으나, 2월 이후는 thiophanate-methyl을 살포하는 경우가 저장병 발생률이 낮았고, 그 다음은 iminoctadine-triacetate를 살포하는 경우였다. 기존에 많이 사용하던 benomyl을 살포한 농가에서의 저장병 발생률은 무살포 농가와 거의 비슷하였다. 약제를 사용하지 않은 농가는 2월에 저장을 마무리하여 3월에 출하하는 경우는 없었다.

새로운 약제인 iminoctadine-triacetate를 살포한 경우 thiophanate-methyl보다 저장병 발생률이 높았다고 응답하였는데, 이는 '99년인 경우 iminoctadine-triacetate 약제는 가을철에 갈색썩음병 피해 염려가 있는 농가에서 주로 사용하였으므로, 연약한 과실을 저장했기 때문에 기인한 것으로 추측된다. 따라서 농가에서 사용하는 저장병 방제용 약제의 방제효과에 대해서 재검토가 필요하다고 판단되었다.

나. 노지 온주밀감 저온저장 중 저장병 발생률 조사

4℃에서 온주밀감을 저장하는 경우 저장고에 입고 후 60일째(2월 11일)까지는 저장병 발생률이 1.0% 수준으로 낮았다. 하지만 점차 발생률이 증가하여 저장 75일째는 5.0%, 저장 105일째 15.0%, 저장 120일째 21.0%, 저장 135일째인 4월 26일에는 32.3%로 저장병 발생률은 급격하게 증가하였다(그림 3).

본 시험에서 저장 90일 이후 급격히 저장병이 증가한 것은 백(1994)이 언급한 바와 같이 과실 자체의 생리적 수명과도 연관이 있었던 것으로 판단되나 금후 재검토가 요망된다.

김 등(1995)은 興津부生 저온저장 시험에서 저장 94일째(3월 22일) 저장병 발생률이 21.8%였다고 보고하였는데, 본 시험에서는 저장 105일째(3월 27일)에 저장병 발생률이 15.0%로 약간 낮은 결과를 나타냈다.

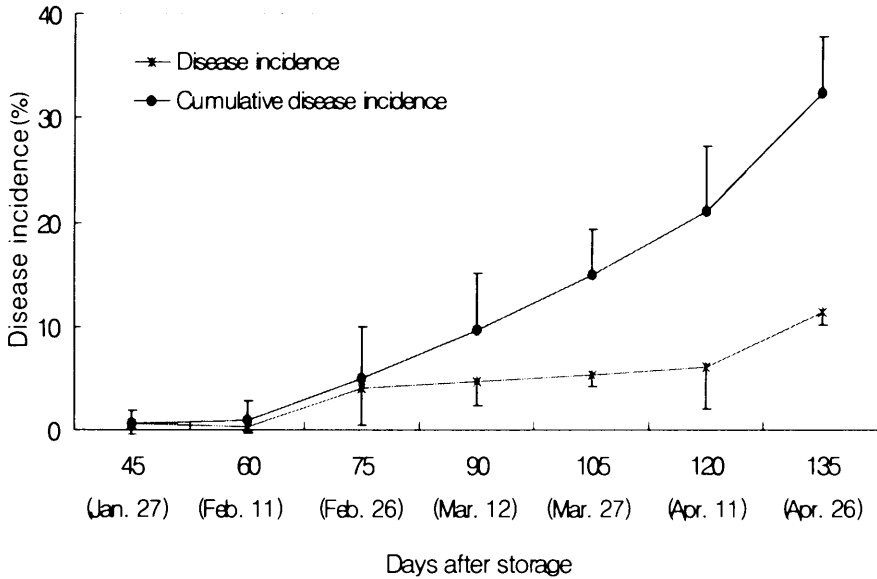


Fig. 3. Incidence of postharvest diseases on 'Okitsu Early' satsuma mandarin fruits stored at low temperature(4°C). Tested fruits were harvested on Dec. 1, 1997, and acclimated in the open room until weight loss by 4% before storage from Dec. 13. After every investigation, the diseased fruits were discarded out of the stock.

다. 노지 온주밀감 상온저장 중 저장병 발생률 조사

노지 온주밀감 상온저장시 저장병 발생률은 선별저장구는 30일째 2.1%, 60일째 9.2%, 90일째 21.1%였으나, 농가 관행저장구는 30일째 3.3%, 60일째 13.3%, 90일째 28.3%로 선별저장구보다 높은 저장병 발생률을 나타냈다(그림 4).

본 시험결과는 김과 송(1992)이 1992년 농가 저장실태 조사에서 저장병 발생률이 3월 하순에 5~7%였다는 보고보다는 저장병 발생률이 높은 것이지만, 김 등(1995)이 興津早生 상온저장시 3월 8일에 저장병 발생률이 22.6%였다는 보고와 유사하여 저장병 발생률이 최근 들어 높아지고 있는 것으로 추정된다. 동일한 상온저장고에 저장하였음에도 불구하고 선별저장구보다 농가 관행저장구에서 저장병 발생률이 높았던 것은 선

별저장구인 경우 외관적으로 건전한 중형과실, 즉 저장에 알맞은 과실을 선별하여 저장했기 때문인 것으로 판단된다.

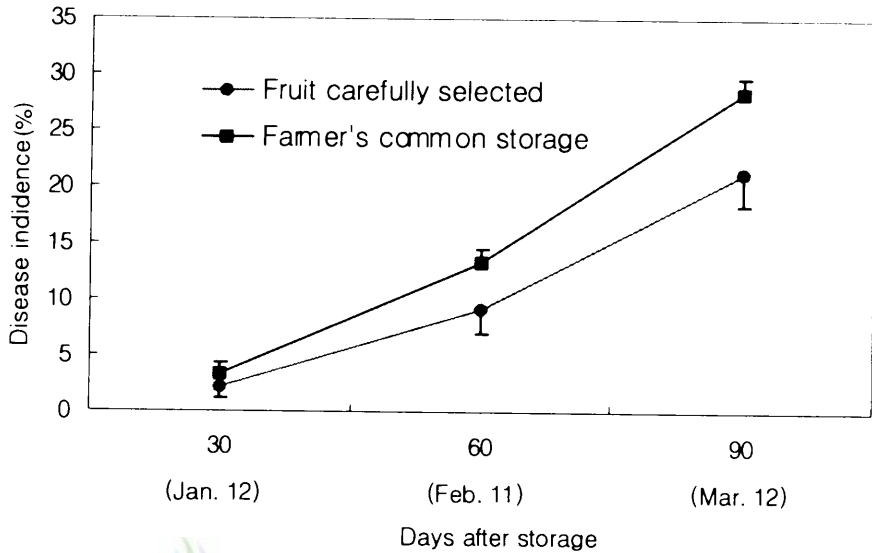


Fig. 4. Incidence of postharvest diseases on 'Okitsu Early' satsuma mandarin fruits stored at room temperature.

See figure 3 for the explanation of fruit tested and method of investigation.

라. 월동재배 온주밀감 저장 중 저장병 발생률 조사

노지에서 봉지피복하여 월동재배한 宮川早生을 저장한 결과, 저장온도별로 저장 50일째의 저장병 누계 발생률은 5℃ 저장구는 8.5%, 10℃ 저장구는 16.3%, 상온저장구는 45.3%로 저온일수록 저장병 발생이 적었다(표 1). 저장온도별로 저장병 발생률이 5%를 넘어서는 시기는 상온 저장구 저장 10일째, 10℃ 저장구는 저장 20일째, 5℃ 저장구는 저장 40일째였다.

비가림 하우스에서 월동재배한 宮川早生에 대한 저장병 발생률을 조사한 결과도, 저장 50일째의 저장병 누계 발생률은 5℃ 저장구 8.7%, 10℃ 저장구 15.3%, 상온저장구 42.4%로 저온일수록 저장병 발생률이 낮았다(표 2).

Table 1. Cumulative incidence of postharvest diseases during storage at different temperature on 'Miyagawa Early' satsuma mandarin fruits overwintered on tree with silver envelopes

Storage temperature	Rotten fruits(%)				
	Days after storage				
	10 (Mar. 23)	20 (Apr. 2)	30 (Apr. 12)	40 (Apr. 22)	50 (May 2)
5°C	0.9 a ^z	2.3 a	4.0 a	6.5 a	8.5 a
10°C	2.0 b	5.0 b	9.0 b	14.7 b	16.3 b
Room temp.	5.5 c	14.3 c	24.2 c	36.2 c	45.3 c

Tested fruits were covered with silver envelopes on Nov. 20, 1998 in the open-field and overwintered on tree until harvest on Mar. 9, 1999. Harvested fruits were acclimated for 4 days before storage.

^z Mean separation by DMRT, 5% level.

Table 2. Cumulative incidences of postharvest diseases during storage at different temperature on 'Miyagawa Early' satsuma mandarin fruits overwintered on tree in the un-heated plastic film house

Storage temperature	Rotten fruits(%)				
	Days after storage				
	10 (Apr. 15)	20 (Apr. 25)	30 (May 5)	40 (May 15)	50 (May 25)
5°C	1.1 a ^z	2.2 a	3.8 a	6.3 a	8.7 a
10°C	1.9 a	5.1 b	9.2 b	14.9 b	15.3 b
Room temp.	5.8 b	14.5 c	24.5 c	38.7 c	42.4 c

Tested fruits were overwintered on tree in the un-heated plastic film house until harvest on April 1, 1999. Harvested fruits were acclimated for 4 days before storage.

^z Mean separation by DMRT, 5% level.

矢羽田 등(1994a)은 1월 19일에 수확한 완숙 조생온주를 3℃에서 저온저장하여 약 55일이 지난 3월 15일의 저장병 발생률은 57~60%였다고 보고하여, 본 시험에 비해서 저장병 발생률이 매우 높게 나타났는데 이는 노지상태에서 겨울을 넘겨 수확했기 때문에 봉지피복 또는 비가림 월동재배보다 추위피해를 받고 과실이 연약해져 부패과가 많이 발생한 것으로 생각된다.

저장기간 중 무게 감량률도 재배작형에 관계없이 저장병 발생률과 마찬가지로 저장온도가 낮을수록 낮았다(표 3, 표 4). 이는 노지 온주밀감에 대한 여러 저장시험에서의 보고(伊庭 등, 1974 ; 김 등, 1995)와 유사한 경향을 보인 것이다.

Table 3. Cumulative percent weight loss of fruits during storage at different temperature on 'Miyagawa Early' satsuma mandarin overwintered on tree with silver envelopes

Storage temperature	Weight loss of fruits(%)				
	Days after storage				
	10 (Mar. 23)	20 (Apr. 2)	30 (Apr. 12)	40 (Apr. 22)	50 (May 2)
5℃	1.0 a ^z	1.9 a	2.7 a	3.6 a	4.8 a
10℃	2.1 a	3.8 b	6.2 b	8.5 b	10.6 b
Room temp.	4.2 b	6.6 c	9.7 c	12.9 c	16.8 c

See table 1 for the explanation of fruit tested.

^z Mean separation by DMRT, 5% level.

이상의 시험결과로 월동재배한 온주밀감을 단기저장하는 경우, 저장병 발생률과 과실무게 감량률을 합쳐 10%의 범위를 저장한계로 가정하면, 노지 은박봉지 피복 재배한 것이나 비가림 재배한 월동수확 과실은 수확 후 상온저장구는 약 10일, 10℃ 저장구는 약 20일, 5℃ 저장구는 약

40일 정도 저장이 가능할 것으로 판단된다.

Table 4. Cumulative percent weight loss of fruits during storage at different temperature on 'Miyagawa Early' satsuma mandarin overwintered on tree in the un-heated plastic film house

Storage temperature	Weight loss of fruits(%)				
	Days after storage				
	10 (Apr. 15)	20 (Apr. 25)	30 (May 5)	40 (May 15)	50 (May 25)
5℃	1.2 a ²	2.2 a	2.9 a	3.8 a	5.4 a
10℃	2.3 a	4.0 b	6.3 b	8.7 b	12.3 b
Room temp.	4.6 b	7.0 c	10.3 c	13.9 c	25.3 c

See table 2 for the explanation of fruit tested.

² Mean separation by DMRT, 5% level.

저장했던 과실을 저장고에서 출고한 다음 출하를 위해 상자에 포장한 후 외부 자연조건에 두었을 때 저장병 발생률을 조사한 결과는 표 5와 6과 같다. 저장종료 후 출고를 할 때 5℃ 저장고에서 바로 꺼내 상자에 포장한 구는 10℃ 저장고에서 바로 꺼내 상자에 포장한 구에 비해 출고 후 15일째 저장병 발생률이 10% 정도 높은 경향이였다. 그러나 5℃에 저장했던 과실을 저장고에서 바로 꺼내 출하하지 않고 5℃에서 15℃가 되도록 2일간 저장고내의 온도를 서서히 높여 외부 온도에 적응될 수 있도록 순화시킨 후 출고하여 상자에 포장한 구는 저장병 발생률이 낮았다.

월동재배한 과실을 저장하여 4월 이후 출하하는 경우에는 외기 온도가 높아 저장병 발생률이 높으므로 현재의 여건에서는 늦어도 4월 중순 이후에 가급적 빨리 출하를 마치고, 유통기간도 10일 이내에 이루어져야 할 것으로 판단되었다. 앞으로 월동재배하여 완숙시킨 후 기온 상승기에 출하되는 온주밀감은 신선도를 유지시킬 수 있는 냉장수송차 또는 선도유

지제 이용 등에 대한 정밀연구가 계속되어야 할 것이다.

Table 5. Cumulative incidence of postharvest diseases during the simulated shipping at room temperature after storage for the different periods at the different temperature on 'Miyagawa Early' satsuma mandarin fruits overwintered on tree with silver envelopes

No. of days of storage	Temperature of storage	Rotten fruits(%)		
		Days after packing		
		5	10	15
20	5℃	3.2 a ^y	11.3 b	24.5 b
	10℃	2.4 a	8.3 a	15.7 a
	5℃(2 days) ^z	2.5 a	8.8 a	16.3 a
30	5℃	5.1 a	15.5 b	30.2 b
	10℃	3.2 a	9.7 a	21.8 a
	5℃(2 days)	4.1 a	10.4 a	23.1 a
40	5℃	5.8 a	16.4 b	32.1 b
	10℃	3.7 a	10.5 a	23.4 a
	5℃(2 days)	3.9 a	10.8 a	25.1 a

See table 1 for the explanation of fruit tested.

^z Storage temperature was gradually increased for two days to room temperature.

^y Mean separation by DMRT within No. of days of storage, 5% level.

Table 6. Cumulative incidence of postharvest diseases during the simulated shipping at room temperature after storage for the different periods at the different temperature on 'Miyagawa Early' satsuma mandarin fruits overwintered on tree in the un-heated plastic film house

No. of days of storage	Temperature of storage	Rotten fruits(%)		
		Days after packing		
		5	10	15
20	5°C	5.8 a ^y	12.4 b	29.3 b
	10°C	3.5 a	10.7 a	16.6 a
	5°C(2 days) ^z	3.2 a	10.9 a	17.2 a
30	5°C	5.7 a	16.7 b	33.3 b
	10°C	3.7 a	11.4 a	24.2 a
	5°C(2 days)	4.0 a	11.8 a	27.2 a
40	5°C	6.8 a	17.4 b	51.2 b
	10°C	4.4 a	12.3 a	39.7 a
	5°C(2 days)	4.5 a	12.6 a	40.1 ab

See table 2 for the explanation of fruit tested.

^z Storage temperature was gradually increased for two days to room temperature.

^y Mean separation by DMRT within No. of days of storage, 5% level.

2. 온주밀감 저장병 종류 및 발생률

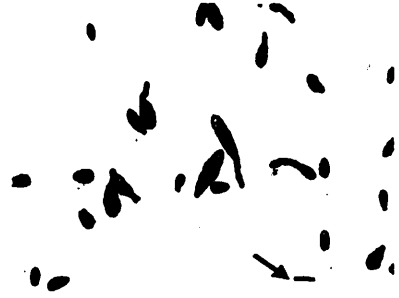
가. 저장병원균의 동정

온주밀감 저장시험 중 발생한 부패과에서 8종의 병원균이 동정되었다 (표 7, 그림 5).

Table 7. Kinds of major pathogens and morphological characters causing postharvest diseases on satsuma mandarin fruits

Pathogen	Conidia(μm)	Other characters
<i>Alternaria citri</i>	18.0~48.0× 10.4~17.0	beaks 0~11.4×0~4.2 μm 2~6 branched chains
<i>Botrytis cinerea</i>	9.2~14.0× 6.2~9.6	
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	14.4~20.2× 6.0~8.0	seta 44~80×3.6~5.6 μm 1~3 septate
<i>Penicillium digitatum</i>	4.6~10.0× 3.4~6.4	
<i>Penicillium italicum</i>	4.4~9.6× 3.0~4.8	
<i>Phyllosticta citricarpa</i>	8.4~12.4× 7.0~8.4	pycnidium 96~152×88~136 μm appendage 2.4~5.6 μm spermatia 6.0~9.8×2.4~3.6 μm
<i>Phomopsis citri</i>	α -3.4~6.2× 2.2~3.0 β -25~37× 0.8~1.4	pycnidium 112~352×88~304 μm
<i>Rhizopus</i> sp.	6.0~13.6× 4.4~10.0	sporangium 128~344×120~312 μm

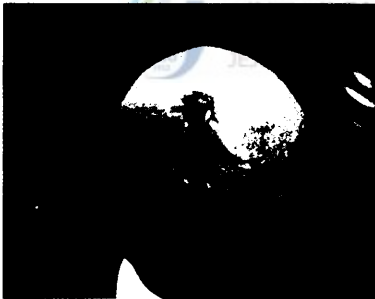
*Alternaria citri*에 의한 검은썩음병은 초기에 과피가 무르는 증상을 보이다가 진전되면 흑색의 둥근 병징을 띄며 병징 중심부로부터 회흑색의 포자가 형성되었다. 병원균의 포자크기는 18.0~48.0×10.4~17.0 μm 로 곤봉모양이었고, beak의 길이와 폭은 0~11.4×0~4.2 μm 였으며 branched chains는 2~6개로 이어지는 형태였다.



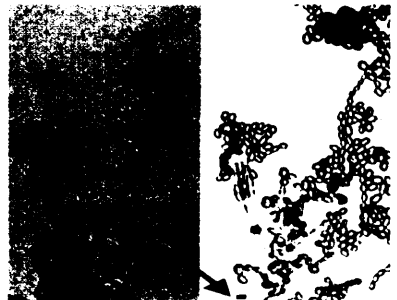
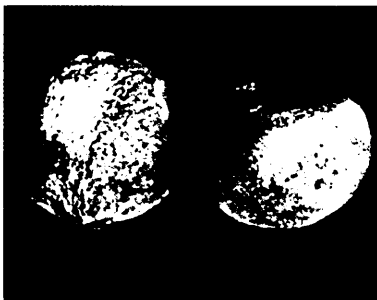
Alternaria citri



Botrytis cinerea



Colletotrichum gloeosporioides



Penicillium digitatum

Fig. 5. Postharvest diseases and their pathogens of satsuma mandarin fruits. Left : Symptoms of fruit, Right : Micrographs of pathogens and spores. - : 10 μ m size marker. To be continued.



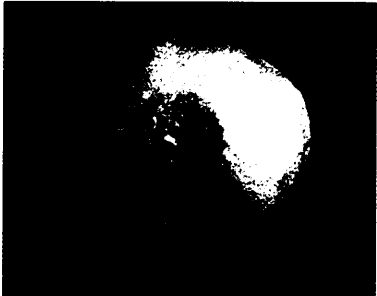
Penicillium italicum



Phomopsis citri



Phyllosticta citricarpa



Rhizopus sp.

Fig. 5. Being continued.

Ellis(1971)는 *A. citri*의 포자크기가 8~60×6~24 μm , beak 크기는 대개 8 또는 2.5~4 μm , 2~7 branched chain을 가진다고 하였는데 동정한 결과 이와 유사하여 *A. citri*로 동정하였다. 본 병원균에 대해 병원성을 검정한 결과(표 8, 그림 6), 상처 접종시 병징이 그대로 재현되었으나 무상처 접종시 병원성이 없었다.

*Botrytis cinerea*에 의한 잿빛곰팡이병은 잿빛의 곰팡이가 과실을 덮고 있는 형태로 나타났다. 병원균의 포자크기는 9.2~14.0×6.2~9.6 μm 였으며, 현미경하에서는 갈색의 분생자형과 단포자로 포도송이 같은 형태를 나타내고 있었다. 이는 Ellis(1971)가 보고한 포자 크기 8~14×6~9 μm 와 유사하여 *B. cinerea*로 동정하였고, 병원성을 검정한 결과(표 8, 그림 7) 상처 접종시 병징이 그대로 재현되었으나 무상처 접종시 병원성이 없었다. 이는 홍 등(1991)이 상처와 무상처 접종을 실시할 경우 병원성이 없었다는 보고와는 다른 결과였다.

Table 8. Pathogenicity of the fungi isolated from stored satsuma mandarin fruits according to artificial inoculation methods

Pathogen	Inoculation method ^a	
	Non-wounded fruits	Wounded fruits
<i>Alternaria citri</i>	- ^b	+
<i>Botrytis cinerea</i>	-	++
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	-	++
<i>Penicillium digitatum</i>	+	+++
<i>Penicillium italicum</i>	+	+++
<i>Phyllosticta citricarpa</i>	-	++
<i>Phomopsis citri</i>	+	++
<i>Rhizopus sp.</i>	-	++

^a Pathogenicity was investigated at 20 days after inoculation.

^b - : No symptom, + : Weak symptom, ++ : Moderate symptom, +++ : Severe symptom.

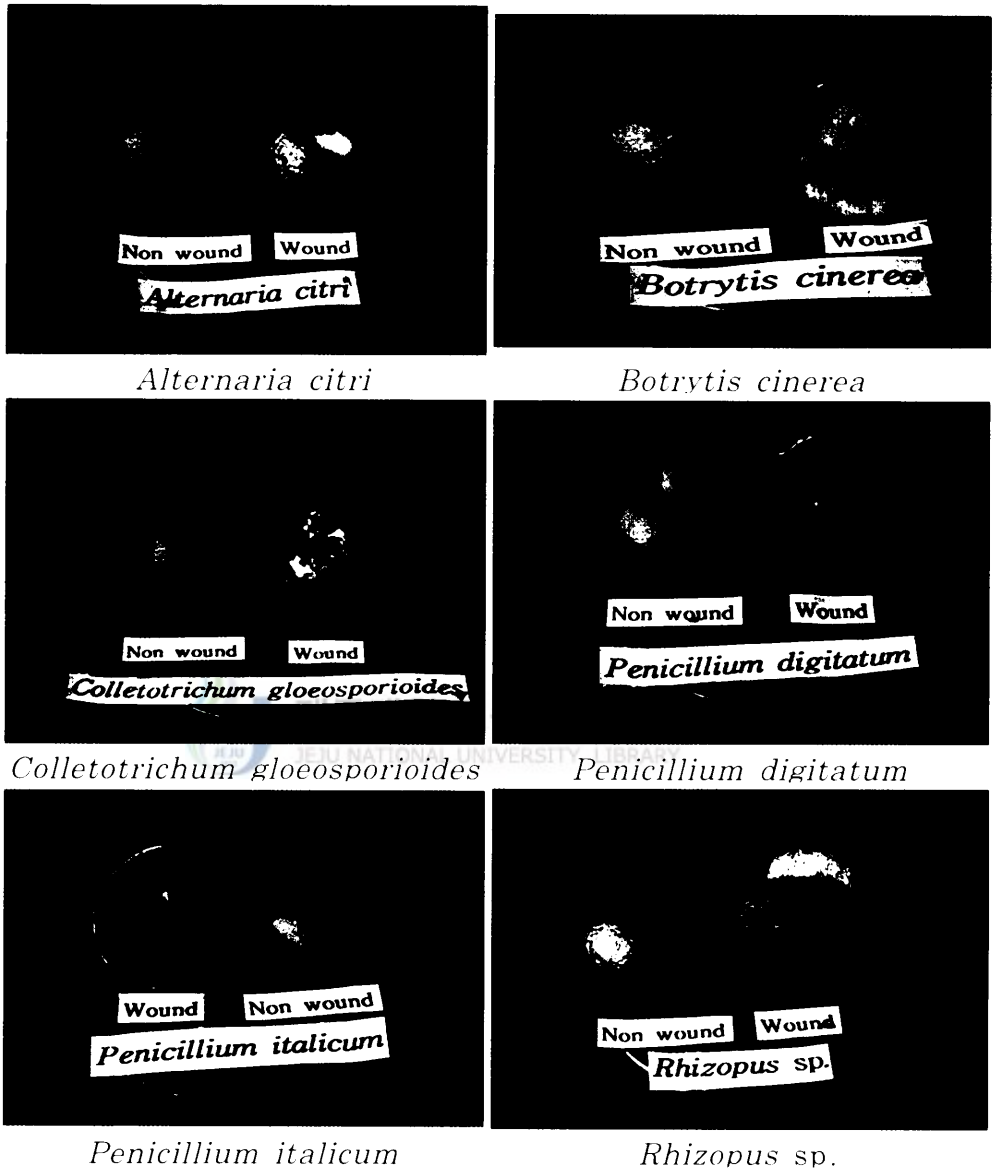


Fig. 6. Symptoms of major postharvest diseases on satsuma mandarin fruits induced by artificial inoculation of their pathogens.

*Colletotrichum gloeosporioides*에 의한 탄저병은 과실이 갈색으로 변하여 갈변된 둥근 병징이 나타나며, 함몰된 형태를 띠었다. 본 균의 분생포자는 장타원형이며 크기는 $14.4\sim 20.2\times 6\sim 8\ \mu\text{m}$ 이고 seta가 있었

는데, 크기는 $44\sim 80\times 3.6\sim 5.6\ \mu\text{m}$, seta의 격막은 1~3개로 유 등(1993)이 보고한 분생포자의 크기 $12\sim 22\times 4\sim 7\ \mu\text{m}$ 와 유사하여 *C. gloeosporioides*로 동정하였다. 본 균의 특징은 PDA배지에서 배양하면 검은 포자퇴(孢子堆, sori)가 보이고 분홍색의 포자가 흘러나오는 것을 쉽게 관찰할 수 있는데, 오래된 병징 부분에서도 관찰할 수 있다. 본 병원균을 병원성 검정한 결과(표 8, 그림 6), 상처 접종시는 병징이 그대로 재현되었으나 무상처 접종시는 병원성이 없었다. 이는 홍 등(1991)의 보고와 일치하였다.

*Penicillium digitatum*에 의한 녹색곰팡이병은 감귤 저장병 중 가장 많이 발생하는 균으로 초기에 과피가 물러지는 둥근 모양의 병징이 진전되면서 흰색의 곰팡이가 생기고 심하면 녹색의 곰팡이가 병징 중심부로부터 발생하고 가장자리는 흰 곰팡이가 생긴다. 분생포자 크기는 $4.6\sim 10.0\times 3.4\sim 6.4\ \mu\text{m}$ 로 Ellis(1971)가 보고한 분생포자 $3.4\sim 12\times 3\sim 8\ \mu\text{m}$ 와 유사하여 *P. digitatum*으로 동정하였으며, PDA배지에 배양을 하면 녹색~청록색을 나타내었다. 본 병원균을 병원성 검정한 결과(표 8, 그림 6) 상처 접종시 병징이 그대로 재현되었으며 무상처 접종시도 약간의 병원성이 있어서 홍 등(1991)이 보고한 무상처 접종시에서도 병원성이 있었다는 보고와 유사하였으나, 牧田(1998)가 녹색곰팡이병은 과피 상처에 의해 발생한다고 기술한 내용과는 다른 결과였다.

*Penicillium italicum*에 의한 푸른곰팡이병은 과피가 물러지면서 푸른색의 곰팡이가 발생하였고 계속 같은 형태로 진전되었는데, 병반 가장자리에 흰 곰팡이가 약간 형성되었으나 *P. digitatum*보다 적었다. 분생포자 크기가 $4.4\sim 9.6\times 3.0\sim 4.8\ \mu\text{m}$ 로 Ellis(1971)가 보고한 분생포자 크기 $4\sim 5\times 2.5\sim 3.5\ \mu\text{m}$ 와 유사하여 *P. italicum*으로 동정하였다. 본 병원균을 병원성 검정한 결과(표 8, 그림 6), 상처 접종 및 무상처 접종시 병원성이 뚜렷하게 나타나 홍 등(1991)이 상처 및 무상처 접종시 병원성이 있었다는 보고와 일치하였다. 하지만 牧田(1998)가 무상처에서는 발병되지 않는다고 보고한 것과는 다른 결과였다.

*Phyllosticta citricarpa*에 의한 검은무늬병은 부정형으로 검은색을

떡는데, 병포자 크기가 $8.4\sim 12.4\times 7.0\sim 8.4\ \mu\text{m}$, 병자각 크기는 $96\sim 152\times 88\sim 136\ \mu\text{m}$, 부속사 길이는 $2.4\sim 5.6\ \mu\text{m}$, spermatia가 형성되는데 크기는 $6.0\sim 9.8\times 2.4\sim 3.6\ \mu\text{m}$ (중앙 폭은 $1.6\sim 2.4\ \mu\text{m}$)였다. 이는 Vander(1973)가 *P. citricarpa*의 포자 크기는 $6\sim 13\times 5\sim 9\ \mu\text{m}$, 병자각은 $70\sim 330\ \mu\text{m}$, 부속사의 길이는 $5\sim 15\ \mu\text{m}$, spermatia는 $4\sim 10\times 0.5\sim 2\ \mu\text{m}$ 라고 보고한 결과와 유사하여 *P. citricarpa*로 동정하였다. 본 병원균에 대해 병원성을 검정한 결과(표 8), 상처 접종시 병원성을 나타내었지만 무상처 접종시 병원성이 나타나지 않았는데 홍 등(1991)도 같은 결과를 보고한 바 있다.

*Phomopsis citri*에 의한 꼭지썩음병은 과실 꼭지 부분에서부터 시작되어 과피가 물러지는 증상을 보이고, 병반은 연한 갈색을 띤다. 포자는 α 포자 크기가 $3.4\sim 6.2\times 2.2\sim 3.0\ \mu\text{m}$, β 포자 크기가 $25\sim 37\times 0.8\sim 1.4\ \mu\text{m}$ 였으며, 병자각 크기는 $112\sim 352\times 88\sim 304\ \mu\text{m}$ 였다. 이는 Ellis(1971)가 보고한 α 포자 크기 $6\sim 10\times 2\sim 3\ \mu\text{m}$ 와 β 포자 크기 $20\sim 30\times 0.5\sim 1\ \mu\text{m}$ 와 유사하여 *P. citri*로 동정하였다. 본 균의 병원성을 검정한 결과(표 8), 상처 및 무상처 접종시 병원성을 나타내어 홍 등(1991)이 보고한 결과와 유사하였다.

Rhizopus sp.에 의한 리조푸스병은 과피에 병반이 둥글게 물러지면서 병반 중앙부위부터 실 모양의 분생자경이 발생하였는데 눈으로 쉽게 관찰할 수 있고, 포자크기가 $6.0\sim 13.6\times 4.4\sim 10\ \mu\text{m}$ 의 단세포로 이루어졌다. 포자낭은 $128\sim 344\times 120\sim 312\ \mu\text{m}$ 로 매우 컸다. 본 병원균을 병원성 검정한 결과(표 8, 그림 6), 상처 접종시 병원성을 나타내었지만 무상처 접종시 병원성이 나타나지 않았다.

나. 저장병 종류별 발생률

4°C 저온저장고에서 발생한 저장병 8종 중 가장 먼저 발생한 병은 푸른곰팡이병과 검은무늬병이었고, 발생이 많았던 병은 검은썩음병으로 저장 75일 후부터 135일째까지 조사시마다 3~6% 발생되었다(그림 7).

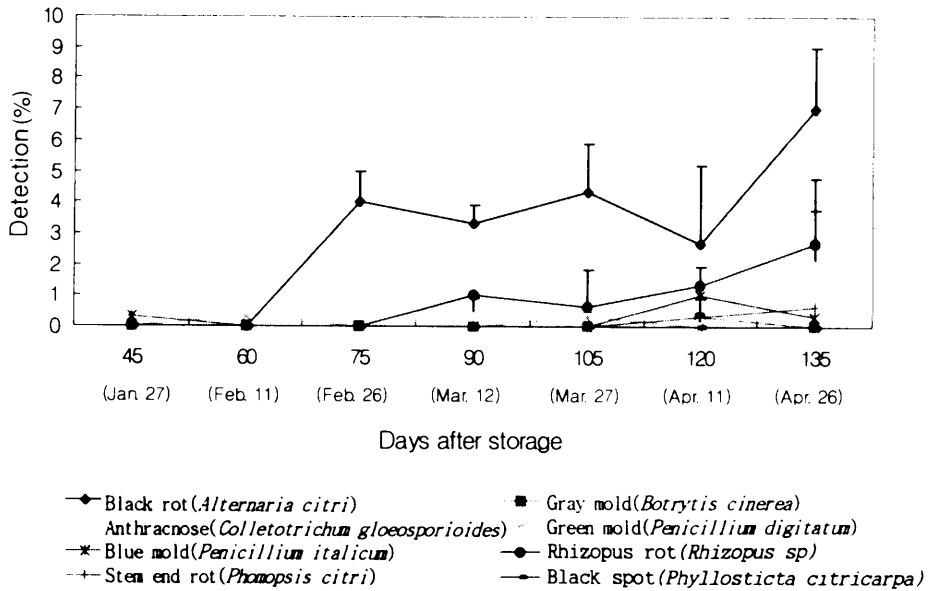


Fig. 7. Detection percent postharvest diseases on 'Okitsu Early' satsuma mandarin fruits during storage at low temperature (4°C). See figure 3 for the explanation of fruit tested and method of investigation.

저장병으로 가장 잘 알려지고 큰 피해를 준다는 녹색곰팡이병과 푸른곰팡이병보다 검은썩음병 발생비율이 높은 것은, 조사시마다 이병과를 제거함으로써 *Penicillium*속 균 전염원이 감소되었기 때문인 것으로 판단된다. 그리고 저온저장하였기 때문에 녹색곰팡이병과 푸른곰팡이병 발생률이 낮아진 것이라고 추측된다.

저온저장 135일째의 전체 발생한 저장병 누계 발생률은 32.3%였다. 그 중 검은썩음병이 17.0%로 가장 많은 비중을 차지했으며 그 다음은 꼭지썩음병 5.7%, 탄저병 2.7% 순이었다(그림 8).

중형의 건전과실을 선별저장한 상온저장고에서는 검은썩음병, 녹색곰팡이병, 꼭지썩음병 등 4종의 병이 발생되었는데, 그 중에서 가장 먼저 발생한 병은 녹색곰팡이병과 검은썩음병, 탄저병이었고, 저장 30일째의 발

생물은 각각 1% 정도였다. 그리고 저장 60일째의 저장병 발생률은 검은
 썩음병은 4.6%, 녹색곰팡이병과 꼭지썩음병은 각각 2.3%였다. 저장 90
 일째의 저장병 발생률은 검은썩음병이 8.6%로 가장 높았고, 그 다음은
 꼭지썩음병 1.9%, 녹색곰팡이병 1.0% 순이었다(그림 9).

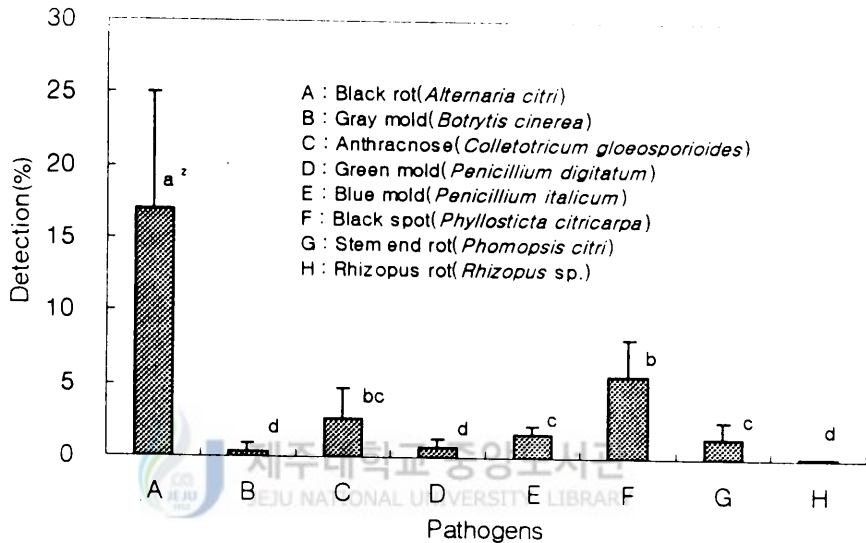


Fig. 8. Cumulative detection percent postharvest diseases on 'Okitsu Early' satsuma mandarin fruits at 135 days after low temperature(4°C) storage.

See figure 3 for the explanation of fruit tested and method of investigation.

^z Mean separation by DMRT, 5% level.

상온저장 90일 후 저장병 누계 발생률은 검은썩음병이 14.3%로 가장
 높았으며, 그 다음은 꼭지썩음병 4.2%, 탄저병 2.3%, 녹색곰팡이병
 2.0 % 순으로(그림 10), 저온저장에서와 마찬가지로 상온저장에서도 검
 은썩음병이 대부분을 차지하였다.

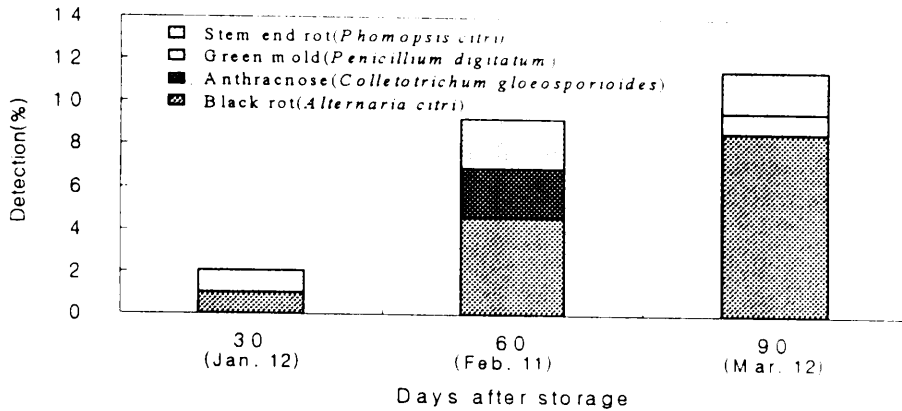


Fig. 9. Detection percent postharvest diseases on 'Okitsu Early' satsuma mandarin fruits at room temperature under farmer's common storage condition.

See figure 3 for the explanation of fruit tested and method of investigation.

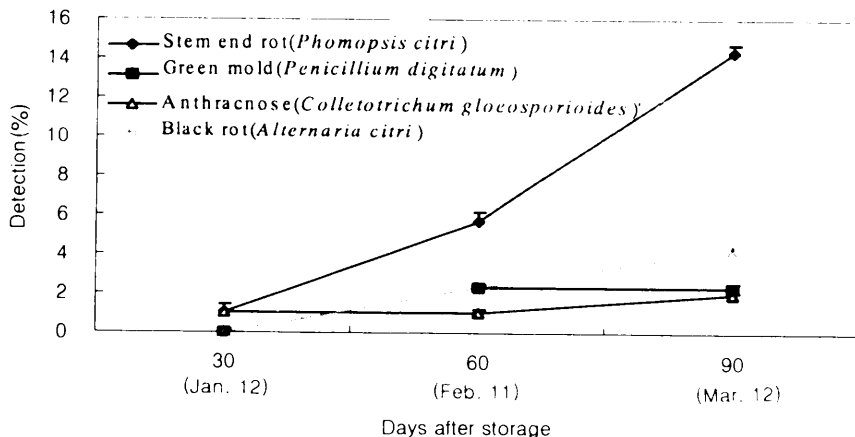


Fig. 10. Cumulative detection percent postharvest diseases on 'Okitsu Early' satsuma mandarin fruits at room temperature under farmer's common storage condition.

See figure 3 for the explanation of fruit tested and method of investigation.

농가가 관행적으로 과실을 선별하고 상온저장한 온주밀감에서는 저장 30일째에 검은썩음병이 1.7%, 푸른곰팡이병이 1.3%, 탄저병이 0.3% 발생되었다. 저장 60일째 저장병 발생은 푸른곰팡이병이 6.7%로 가장 높게 발생되었으며, 그 다음은 녹색곰팡이병 4.0%, 검은썩음병 2.0%, 꼭지썩음병 0.7% 순이었다. 저장 90일째에는 꼭지썩음병 13.3%, 녹색곰팡이병 12.1%, 검은썩음병 7.6%, 푸른곰팡이병 3.2% 순으로 저장병이 발생하였다(그림 11).

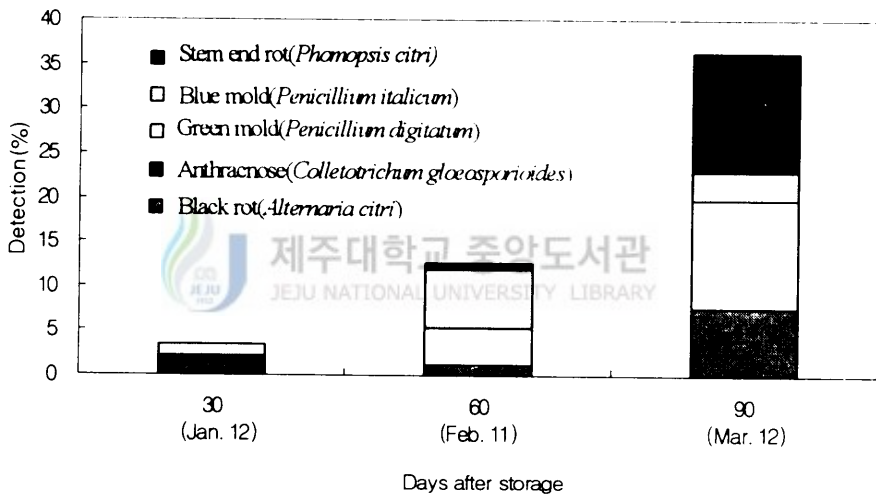


Fig. 11. Detection percent pathogens causing postharvest diseases on 'Okitsu Early' satsuma mandarin fruits during storage at room temperature.

See figure 3 for the explanation of fruit tested and method of investigation.

이 조사결과를 저장병 누계 발생률로 살펴보면(그림 12) 저장 30일째에 검은썩음병이 1.7%로 가장 높았으나, 저장 60일째에는 푸른곰팡이병이 8.0%로 가장 높았으며, 그 다음은 녹색곰팡이병 4.0% 순이었다. 저장 90일째에는 녹색곰팡이병이 16.1%로 가장 높았고, 그 다음은 꼭지썩

음병 14.0%, 푸른곰팡이병과 검은썩음병 11.2% 순으로 *Penicillium*속 균에 의한 곰팡이병 발생이 많은 경향이였다. 일반적으로 녹색곰팡이병은 저장초기에 푸른곰팡이병은 저장후기에 발생이 많아진다고 하는데(農山魚村文化協會, 1987), 본 시험결과는 녹색곰팡이병도 저장후기에 발생하는 경향을 보였다.

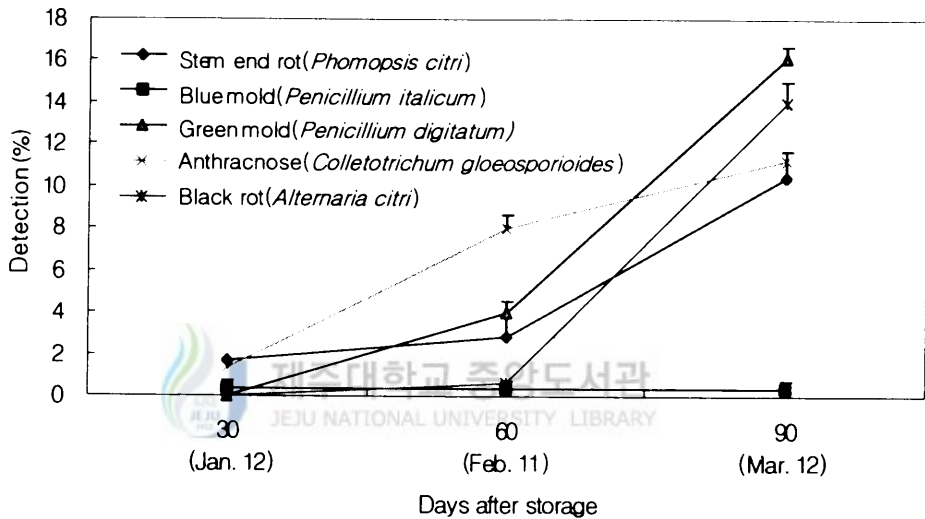


Fig. 12. Cumulative detection percent postharvest diseases on 'Okitsu Early' satsuma mandarin fruits during storage at room temperature.

See figure 3 for the explanation of fruit tested and method of investigation.

저온 및 상온저장시 병원균별 저장병 발생률을 조사한 결과를 종합하면 저온저장구에서는 8종이, 상온저장구에서는 4~5종의 저장병이 발생하여 저장온도와 과일조건에 따라 발생양상이 달랐다. 과실을 선별하고 저온 및 상온저장을 하는 경우 90일째 저장병 누계 발생률은 검은썩음병이 각각 7.3%, 14.3%로 대부분을 차지했지만, 상온저장고내 농가 관행저장시 저장병 누계 발생률은 녹색곰팡이병이 16.1%로 가장 많았고, 그 다

음은 푸른곰팡이병과 검은썩음병 11.2%로 선별 저장한 경우의 성적과 차이가 있었다(그림 13). 이는 권(1991)이 감귤 저장시 50%이상을 차지하고 있는 저장병은 *Penicillium*속 균에 의한 병이었다는 보고와 농약을 사용하지 않는 경우 저장병에 걸리는 과실의 37% 정도가 녹색곰팡이병 및 푸른곰팡이병이었으며 그 다음은 검은썩음병 순으로 저장병이 발생되었고, 농약을 살포하는 경우는 검은썩음병이 많이 검출되었다는 보고(靜岡縣 農作物病害蟲防除基準, 1996)와 유사한 결과였다.

또한 최근 일본의 감귤 주산지에서도 저장병 가운데 가장 문제가 되고 있는 병은 녹색곰팡이병이라고 보고되고 있다(間佐古, 2000 ; 太田, 2000 ; 田代, 2000 ; 長崎縣果樹試驗場, 2000). 따라서 *Penicillium*속 균에 의한 부패 방제연구가 요구되었다.

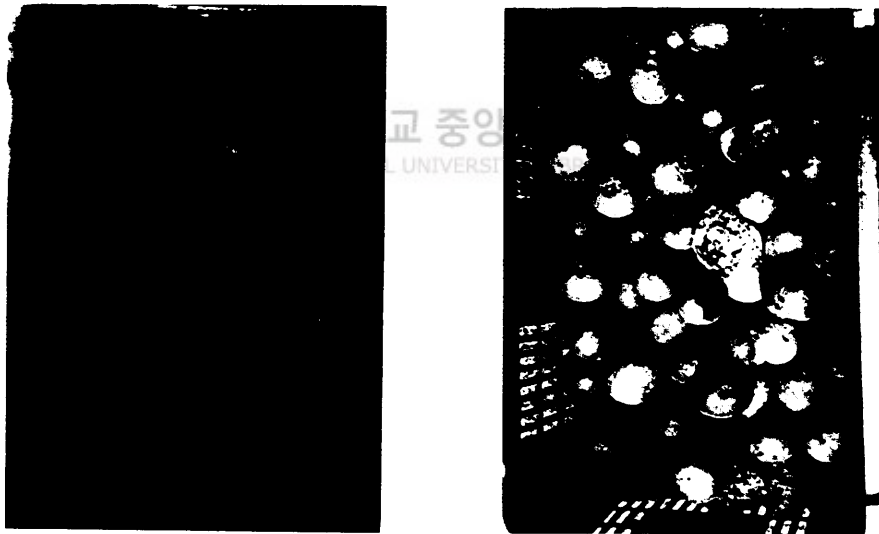


Fig. 13. Comparison of major postharvest diseases occurred at room temperature under carefully selected and farmer's common storage condition.

Left : carefully selected storage condition(*Alternaria citri*).

Right : farmer's common storage condition(*Penicillium spp.*).

3. 온주밀감 주요 저장병원균인 *Penicillium*의 특성 분석

가. *Penicillium* spp.의 형태 및 배양적 특성

1) *Penicillium* spp.에 의한 병징과 형태적 특성

Penicillium spp.에 감염된 온주밀감 과실의 병징에는 기존의 *P. digitatum* 및 *P. italicum*과 다른 *Penicillium* sp.에 의해 발생하는 새로운 부패증상이 확인되었다. *P. digitatum*에 의한 녹색곰팡이병은 초기에 연부(soft rot)로 시작되어 시간이 지나면서 점차 병반이 넓어지며 하얀 균사로 뒤덮이고 점차 연두색 또는 녹색이 첨가된 올리브색의 포자로 뒤덮이면서 가장자리는 하얀 띠를 형성하였다. *P. italicum*에 의한 푸른곰팡이병도 초기에 연부(軟腐)로 시작되지만 녹색곰팡이병과 같이 급속하게 연부조직이 확산되지 않으며, 금방 포자가 형성되어 푸른색의 포자로 뒤덮이고 시간이 지나면 회청색으로 변하였다. 가장자리는 하얀 띠가 형성되지만 그 폭은 녹색곰팡이병에 비해 상당히 좁았다. 하지만 새롭게 발견되어 동정되지 않은 *Penicillium* sp.에 의해 발생하는 곰팡이병은 초기에 조그마한 연부조직으로 시작되고 부패조직은 매우 느리게 확산되며, 그 위에 진녹색의 포자로 뒤덮이는 증상을 나타내어 기존의 *P. digitatum*과 *P. italicum*에 의한 병징과 달랐다(그림 14).

배양기(培養器)를 이용하여 CYA배지에서의 균총 특성을 조사한 결과, 균총의 길이도 *Penicillium* sp.(표 12의 code 번호 51)는 24~26 mm로 *P. digitatum*(표 12의 code 번호 28) 36~44 mm, *P. italicum*(표 12의 code 번호 16) 44~46 mm보다 짧았다. 배지 뒷면 균총의 색도 *Penicillium* sp.는 연노랑색이나 *P. italicum*은 짙은 갈색이었다. 포자색도 *Penicillium* sp.는 진녹색이나 *P. italicum*, *P. digitatum*은 각각 회청색, 연녹색으로 달랐다(그림 14, 표 9).

현미경으로 관찰한 결과는 3종의 균 모두 terverticillate의 penicilli를 가졌으며, 줄기의 표면은 매끄럽고 1~2개의 rami를 가지고 있었다. 그러나 rami 길이는 *Penicillium* sp.가 15~23 μm 로 *P. digitatum* 20~30 μm , *P. italicum* 20~25 μm 에 비해 짧았다. Metulae의 크기 도 *P. digitatum*은 15~25 μm , *P. italicum*은 12~16 μm 였으나,

Penicillium sp.는 10~12 μm 로 짧았다(그림 15, 표 9).

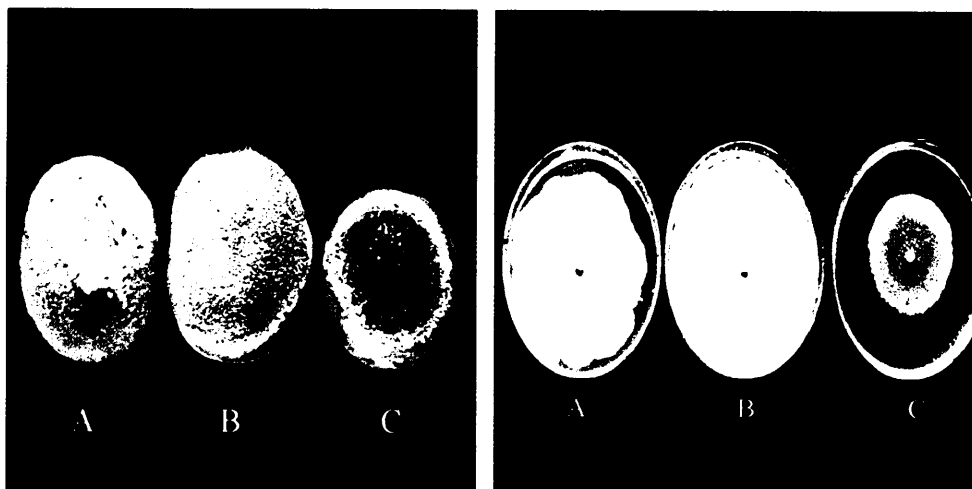


Fig. 14. Symptoms of fruits rots and colony on satsuma mandarin caused by *Penicillium digitatum*(A), *Penicillium italicum*(B) and *Penicillium* sp.(C), respectively.

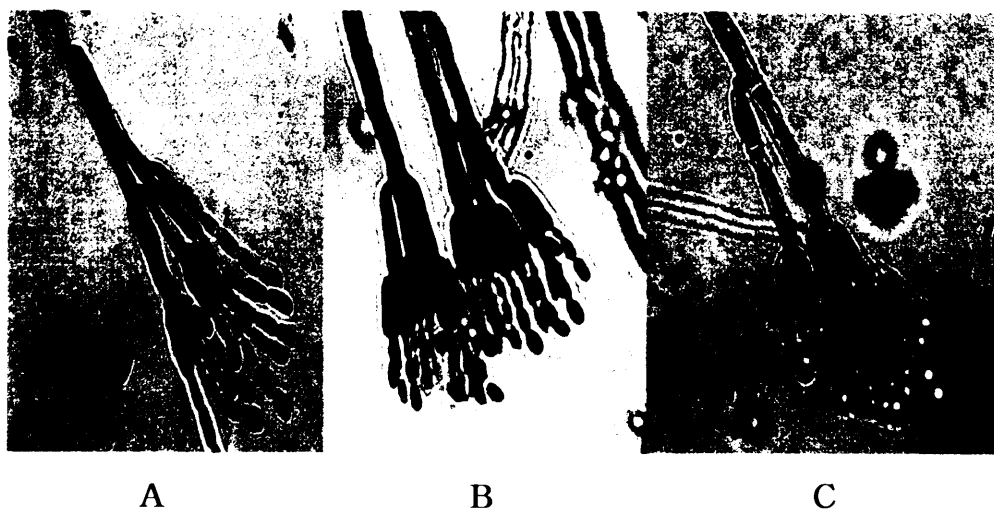


Fig. 15. Morphology of *Penicillium* spp. isolated from diseased fruits of satsuma mandarin.

A : *Penicillium digitatum*, B : *Penicillium italicum*, C : *Penicillium* sp.

Table 9. Morphological and cultural characters of *Penicillium* spp. causing fruit rots of satsuma mandarin on CYA medium

Characters	<i>Penicillium digitatum</i>	<i>Penicillium italicum</i>	<i>Penicillium</i> sp.
Colony diameter(mm)	36~44	44~46	24~26
Colony characteristics	plane floccose	radially sulcate velutinous to granular	radially sulcate
Exudate	none	none	clear
Pigment	none	brown	none
Reverse	pale yellow	chocolate brown	pale or lightly yellow
Spore color	yellow green	grey green	blue green
5℃	no growth	micro colony	1~2 mm
37℃	no growth	no growth	no growth
Penicilli type	terverticillate	terverticillate	terverticillate
Stipe	smooth	smooth	smooth
Rami number and length(μm)	1~2 20~30	1~2 20~25	1~2 15~23
Metulae(μm)	15~25	12~16	10~12
Phialide(μm)	10~15 ampulliform to cylindroidal	10~14 cylindroidal	10~12
Conidium(μm)	6~8×2.5~3.0 ellipsoidal to cylindroidal	3~5 ellipsoidal to short cylindroidal	4~5 spherical to subspheroidal

分生孢子도 *P. digitatum*은 타원형에서 실린더형으로 크기는 6~8×

2.5~3.0 μm 였고, *P. italicum*은 타원형에서 짧은 실린더형으로 크기는 3~5 μm 였지만, *Penicillium* sp.는 거의 원형에 가까운 모양이었으며, 지름의 크기가 4~5 μm 로 다른 종과 구별할 수 있었다.

2) *Penicillium* spp.의 배양적 특성

위에서 동정된 *Penicillium* spp. 2종과 미동정된 1종의 균주에 대해 온도별 균총 성장정도를 조사한 결과, 모든 균주가 15~25°C에서 균총 생장이 양호하였다. 그러나 *Penicillium* sp.는 기존의 *P. italicum*, *P. digitatum*에 비해 균총 생장이 낮은 경향을 나타내었다. *P. italicum*은 다른 균주에 비해 모든 온도에서 상대적으로 균총 생장이 양호하였다.(그림 16).

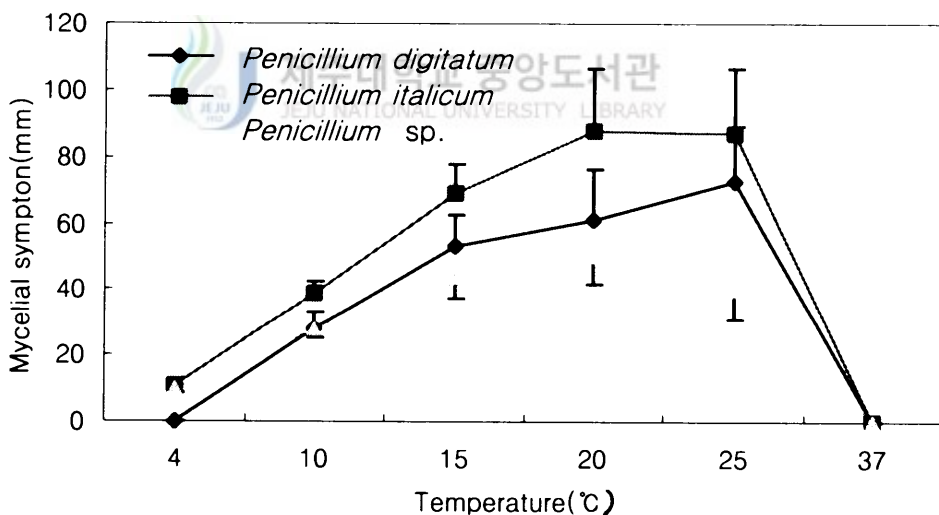


Fig. 16. Degree of mycelial growth of *Penicillium* spp. at 12 days after incubation at various temperatures on PDA.

농촌진흥청(1997)은 *P. digitatum*은 2~33°C에서 생육하고 발육최적온도는 25°C이며, *P. italicum*은 2~33°C에서 생육하고 발육최적온도는 27°C라고 보고하였으며, 홍 등(1991)은 20~24°C에서 *P. digitatum*

과 *P. italicum* 생장이 양호했다고 보고했는데 본 시험의 결과도 20~25℃에서 생육이 양호하였다.

北島와 澤村(1953)는 *Penicillium*속 균 중 *P. digitatum*은 3~4℃, *P. italicum*은 2~3℃가 발육최저온도라고 보고하였는데, 본 시험에서는 4℃에서 *P. digitatum*을 제외하고 나머지 2종의 균주는 생육은 불량했지만 조금 성장하였다. 伊庭 등(1972)도 4℃이하의 저온에서 장기간 저장하면 *Penicillium*속 균에 의한 저장병이 발생한다고 보고한 바 있다.

배지별 균사 성장정도를 살펴보기 위해 CYA, MEA, G25N 배지에 각각 접종하여 25℃에서 7일간 배양한 후 균총의 직경을 측정한 결과, CYA 배지에서는 *P. italicum*이 가장 생장이 좋았으며, MEA 배지에서는 *P. digitatum*생장이 양호했다. *Penicillium* sp.는 다른 균주에 비해 전반적으로 모든 배지에서 생장이 나빴으나, G25N 배지에서는 다른 균주에 비해 생장이 양호한 편이었다(표 10).

Table 10. Mycelial growth of *Penicillium* spp. on different culture media

Medium ^y	Colony diameter ^z (mm)		
	<i>Penicillium italicum</i>	<i>Penicillium digitatum</i>	<i>Penicillium</i> sp.
CYA	45.3±1.0 ^x a ^w	43.3±0.6 b	25.0±1.0 a
MEA	32.4±1.1 b	48.7±2.1 a	25.0±1.0 a
G25N	15.7±0.5 c	2.8±0.5 c	20.4±1.1 b

^z Colony diameter was measured at 7 days after incubation at 25℃.

^y CYA : Czapek-yeast extract agar, MEA : malt extract agar, G25N : 25% glycerol nitrate agar.

^x Values are means±standard deviations from 6 replicates.

^w Mean separation by DMRT, 5% level.

산도가 균사생장에 미치는 영향을 알아보기 위해서 PDA배지를 이용하여 25℃ 항온기에서 10일간 배양한 후 자라난 균총의 길이를 1일 생장한 길이로 환산한 결과(표 11), pH 농도간에는 유의차가 없었고, 새로운 *Penicillium* sp. 균주만 기존의 *P. digitatum* 및 *P. italicum* 균주보다 생육이 저조하였다.

Table 11. Mycelial growth of *Penicillium* spp. in different pH of PDA medium

pH	Colony diameter ^z (mm)		
	<i>Penicillium italicum</i>	<i>Penicillium digitatum</i>	<i>Penicillium</i> sp.
4	0.43±0.08 ^y ns ^x	0.21±0.14 ns	0.17±0.05 ns
5	0.43±0.03	0.39±0.10	0.11±0.02
6	0.49±0.09	0.16±0.16	0.15±0.04
7	0.39±0.15	0.16±0.15	0.16±0.03
8	0.44±0.11	0.31±0.07	0.17±0.03

^z Colony diameter was measured at 10 days after incubation at 25℃ and the values means growth rate a day from 3th to 10th day.

^y Values are means±standard deviations from 6 replicates.

^x Mean separation by DMRT, 5% level.

나. *Penicillium* spp.의 병원성 및 약제저항성

1) *Penicillium* spp.의 병원성

*P. digitatum*과 *P. italicum*, 그리고 *Penicillium* sp. 균주들에 대한 병원성을 검정한 결과, *P. italicum*과 *P. digitatum*은 25℃에서 접종 후 7일째에 발병도가 각각 3.9와 4.0으로 병원성이 강하였지만 *Penicillium* sp. 균주는 발병도가 1.3으로 다른 균주에 비해 상대적으로 병원성이 약함을 알 수 있었다(그림 17).

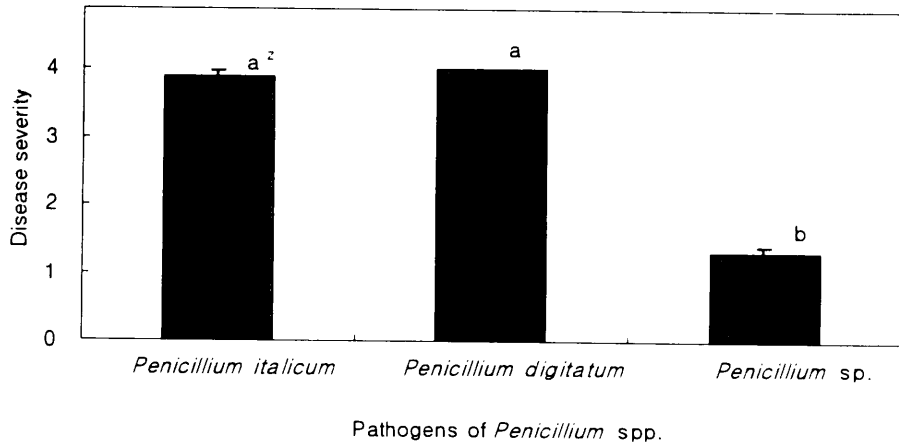


Fig. 17. Disease severity of *Penicillium* spp. on satsuma mandarin fruits at 7 days after artificial inoculation.

Disease severity indicates the radius of symptom's area: 0 : no symptom, 1 : ≤5 mm, 2 : 6~15 mm, 3 : 16~30 mm, 4 : ≥ 31 mm.

² Mean separation by DMRT, 5% level.

2) *Penicillium* spp.의 약제저항성

부패 감귤에서 분리된 *Penicillium* spp. 60개 균주들에 대해 benomyl에 대한 저항성 여부를 조사한 결과(표 12), benomyl이 5.0 µg a.i./mL 함유되어 있는 PDA배지 상에서 전혀 균사생장을 하지 못하는 감수성 균주 수는 *P. italicum* 25 균주 중 12 균주(48.0%), *P. digitatum* 24 균주 중 1 균주(4.2%)였고, 병원성이 있지만 *P. digitatum*, *P. italicum*과는 다른 *Penicillium* sp.(X) 6 균주 중에서는 1 균주(16.7%)가 있었으며, 병원성이 없는 *Penicillium* sp.(N) 5 균주는 모두(100%) 감수성을 나타냈다. Benomyl 20.0 µg a.i./mL을 함유한 배지에서는 생장하지만, 50.0 µg a.i./mL이 함유된 배지에서는 생장을 못하는 중도 저항성 균주 수는 *P. italicum* 25 균주와 *Penicillium* sp. 11 균주 중에는 하나도 없었고, *P. digitatum* 24 균주 중에서만 12 균주(50.0%)가 있었다. Benomyl 50.0 µg a.i./mL이 함유된 배지에서도 균사생장을 하는 고도의 저항성 균주 수는 *P. italicum* 25 균주 중 13 균주

(52.0%), *P. digitatum* 24 균주 중 11 균주(45.8%), 병원성이 있는 *Penicillium* sp.(X) 6 균주 중 5 균주(83.3%)가 있었으며, 병원성이 없는 *Penicillium* sp.(N) 5 균주 중에는 하나도 없었다.

Penicillium spp. 60개 균주들에 대해 thiophanate-methyl에 대한 저항성 여부를 조사해 본 결과, thiophanate-methyl이 3.5 μg a.i./mL 함유되어 있는 PDA배지 상에서 전혀 균사생장을 하지 못하는 감수성 균주 수는 *P. italicum* 25 균주 중 13 균주(52.0%), *P. digitatum* 24 균주 중 2 균주(8.3%), 병원성이 있는 *Penicillium* sp.(X) 6 균주 중 1 균주(16.7%)가 있었고, 병원성이 없는 *Penicillium* sp.(N) 5 균주는 100% 감수성을 나타냈다. Thiophanate-methyl 14.0 μg a.i./mL을 함유한 배지에서는 성장하였지만 35 μg a.i./mL이 함유된 배지에서는 성장을 못하는 중도 저항성 균주 수는 *P. italicum* 25 균주와 *Penicillium* sp. 11 균주 중에는 하나도 없었고, *P. digitatum* 24 균주 중에서만 6 균주(25.0%)가 있었다. Thiophanate-methyl 35.0 μg a.i./mL이 함유된 배지에서도 균사생장을 못하는 고도의 저항성 균주 수는 *P. italicum* 25 균주 중 12 균주(48.0%), *P. digitatum* 24 균주 중 16 균주(66.7%), 병원성이 있는 *Penicillium* sp.(X) 6 균주 중 5 균주(83.3%)가 있었고, 병원성이 없는 *Penicillium* sp.(N) 5 균주 중에서는 하나도 없었다.

일본의 경우 1990년대 초반부터 녹색곰팡이병을 주체로 한 과실 부패병 발생이 하우스밀감이나 극조생온주, 조생온주 재배에서 증가하기 시작한 것으로 조사되었고, 그 원인은 약제 저항성균의 발생에 의한 것이라고 보고하고 있다(古賀 등, 1999 ; 橘와 三好, 1991 ; 田代 등, 1995 ; 田代 등, 1996 ; 間佐古, 2000 ; 太田, 2000). 본 시험 결과도 제주도에서 *P. digitatum* 24 균주 중 benomyl에 대한 저항성 균주가 95.8%, thiophanate-methyl에 대한 저항성 균주가 91.7% 발생하였고, *P. italicum* 25 균주 중에서는 benomyl에 대한 저항성 균주가 52.0%, thiophanate-methyl에 대한 저항성 균주가 48.0% 발생하고 있다는 것이 확인되었다.

Table 12. List of isolates and its fungicides resistance of *Penicillium* spp. collected from rotted satsuma mandarin fruits in Cheju

Code	Isolate	Species	Resistant to	
			Benomyl	Thiophanate-methyl
1	B-01	<i>P. italicum</i>	RR ^a	RR ^b
2	B-02	<i>P. italicum</i>	S	S
3	B-03	<i>P. italicum</i>	S	S
4	B-04	<i>P. italicum</i>	RR	RR
5	G-01	<i>P. digitatum</i>	RR	RR
6	B-05	<i>P. italicum</i>	RR	RR
7	B-06	<i>P. italicum</i>	S	S
8	B-07	<i>P. italicum</i>	S	S
9	B-08	<i>P. italicum</i>	S	S
10	B-09	<i>P. italicum</i>	S	S
11	B-10	<i>P. italicum</i>	RR	RR
12	B-11	<i>P. italicum</i>	RR	RR
13	B-12	<i>P. italicum</i>	S	S
14	B-13	<i>P. italicum</i>	RR	RR
15	B-14	<i>P. italicum</i>	RR	RR
16	B-15	<i>P. italicum</i>	S	S
17	B-16	<i>P. italicum</i>	RR	RR
18	B-17	<i>P. italicum</i>	S	S
19	B-18	<i>P. italicum</i>	RR	RR
20	B-19	<i>P. italicum</i>	RR	RR
21	B-20	<i>P. italicum</i>	RR	RR
22	B-21	<i>P. italicum</i>	S	S
23	B-22	<i>P. italicum</i>	S	S
24	B-23	<i>P. italicum</i>	RR	S
25	B-24	<i>P. italicum</i>	S	S
26	G-02	<i>P. digitatum</i>	RR	RR
27	G-03	<i>P. digitatum</i>	R	RR
28	G-04	<i>P. digitatum</i>	R	R
29	G-05	<i>P. digitatum</i>	R	RR
30	G-06	<i>P. digitatum</i>	R	R

^a S : No growth at 5.0 μg a.i./mL benomyl. R : No growth at 50.0 μg a.i./mL but grow at 20.0 μg a.i./mL benomyl. RR : Grow at 50.0 μg a.i./mL of benomyl.

^b S : No growth at 3.5 μg a.i./mL thiophanate-methyl. R : No growth at 35.0 μg a.i./mL but grow at 14.0 μg a.i./mL thiophanate-methyl. RR : Grow at 35.0 μg a.i./mL of thiophanate-methyl. To be continued.

Table 12. Being continued

Code	Isolate	Species	Resistant to	
			Benomyl	Thiophanate-methyl
31	G-07	<i>P. digitatum</i>	RR ^a	RR ^b
32	B-25	<i>P. italicum</i>	RR	RR
33	G-08	<i>P. digitatum</i>	R	R
34	G-09	<i>P. digitatum</i>	R	RR
35	G-10	<i>P. digitatum</i>	R	RR
36	G-11	<i>P. digitatum</i>	RR	RR
37	G-12	<i>P. digitatum</i>	RR	RR
38	G-13	<i>P. digitatum</i>	RR	RR
39	G-14	<i>P. digitatum</i>	RR	RR
40	G-15	<i>P. digitatum</i>	RR	RR
41	G-16	<i>P. digitatum</i>	R	RR
42	G-17	<i>P. digitatum</i>	R	R
43	G-18	<i>P. digitatum</i>	RR	RR
44	G-19	<i>P. digitatum</i>	R	R
45	G-20	<i>P. digitatum</i>	RR	S
46	G-21	<i>P. digitatum</i>	R	RR
47	G-22	<i>P. digitatum</i>	S	S
48	G-23	<i>P. digitatum</i>	R	R
49	G-24	<i>P. digitatum</i>	RR	RR
50	X-01 ^c	<i>Penicillium. sp.</i>	RR	RR
51	X-02	<i>Penicillium. sp.</i>	RR	RR
52	X-03	<i>Penicillium. sp.</i>	S	S
53	X-04	<i>Penicillium. sp.</i>	RR	RR
54	X-05	<i>Penicillium. sp.</i>	RR	RR
55	X-06	<i>Penicillium. sp.</i>	RR	RR
56	N-01 ^d	<i>Penicillium. sp.</i>	S	S
57	N-02	<i>Penicillium. sp.</i>	S	S
58	N-03	<i>Penicillium. sp.</i>	S	S
59	N-04	<i>Penicillium. sp.</i>	S	S
60	N-05	<i>Penicillium. sp.</i>	S	S

^a S : No growth at 5.0 μg a.i./mL benomyl. R : No growth at 50.0 μg a.i./mL but grow at 20.0 μg a.i./mL benomyl. RR : Grow at 50.0 μg a.i./mL of benomyl.

^b S : No growth at 3.5 μg a.i./mL thiophanate-methyl. R : No growth at 35.0 μg a.i./mL but grow at 14.0 μg a.i./mL thiophanate-methyl. RR : Grow at 35.0 μg a.i./mL of thiophanate-methyl.

^c X : Pathogen but unknown *Penicillium* sp..

^d N : Non pathogen *Penicillium* sp..

Thiophanate-methyl과 iminoctadine-tris를 수상살포 처리한 후 수확한 과실을 90일간 저장한 다음 부패한 과실에서 다시 균을 분리하여 실내에서 약제저항성을 검토한 결과, 수확 전 thiophanate-methyl을 수상살포한 구 및 무처리구에서 분리한 *P. digitatum*과 *P. italicum* 균은 모두 thiophanate-methyl에 대해 100% 저항성을 나타냈다. 그리고 iminoctadine-tris를 수상살포한 구에서 분리한 균에서도 thiophanate-methyl에 대한 약제저항성이 *P. digitatum* 균에서는 61.1%, *P. italicum* 균에서는 75.0%로 나타났다. 따라서 기존에 사용해 오던 thiophanate-methyl에 대해서 *P. digitatum*과 *P. italicum*이 저항성을 갖고 있다는 것을 수상살포 시험에서도 확인할 수 있었다(표 13).

Table 13. Frequency of resistant isolates against thiophanate-methyl and kresoxim-methyl of *Penicillium* spp. from satsuma mandarin fruits stored for 90 days after preharvest spray with thiophanate-methyl and iminoctadine-tris

Fungicides tested and pathogen	Preharvest spray ^a		
	Control	Thiophanate -methyl	Iminoctadine -tris
Thiophanate-methyl			
<i>P. digitatum</i>	15/15 ^b	38/38	11/18
<i>P. italicum</i>	35/35	54/54	6 / 8
<i>Penicillium</i> sp.	0 / 0 ^c	0 / 0	33/34
Kresoxim-methyl			
<i>P. digitatum</i>	- ^d	0 /38	0 /18
<i>P. italicum</i>	-	0 /10	0 / 8
<i>Penicillium</i> sp.	0 / 0	0 / 0	34/34

^a Fruits were sprayed with fungicides 7 days prior to harvest. After harvesting, they were dipped and stored at room temperature for 90 days.

^b Number of resistant isolates/Number of tested isolates.

^c No symptom. ^d Not tested.

수확 전 thiophanate-methyl과 iminoctadine-tris를 수상살포한 구에서 분리한 *P. digitatum* 균과 *P. italicum* 균은 모두 Kresoxim-methyl에 대해 감수성을 나타냈다. 그리고 수확 전에 iminoctadine-tris를 수상살포한 구에서 분리한 *Penicillium* sp. 균인 경우는 특이하게 thiophanate-methyl과 Kresoxim-methyl이 함유된 PDA배지에서 각각 97%, 100%의 저항성을 나타냈다. 하지만 그림 18에서 보는 바와 같이 *Penicillium* sp. 균은 기존의 *P. digitatum* 균과 *P. italicum* 균에 비해 생육이 아주 늦은 경향이였다. 따라서 과실에 *P. digitatum*과 *P. italicum* 균에 의한 곰팡이병이 먼저 발현하게 되므로 실제 저장시 *Penicillium* sp. 균에 의한 곰팡이병은 큰 문제가 발생하지 않는 것으로 판단되었다.

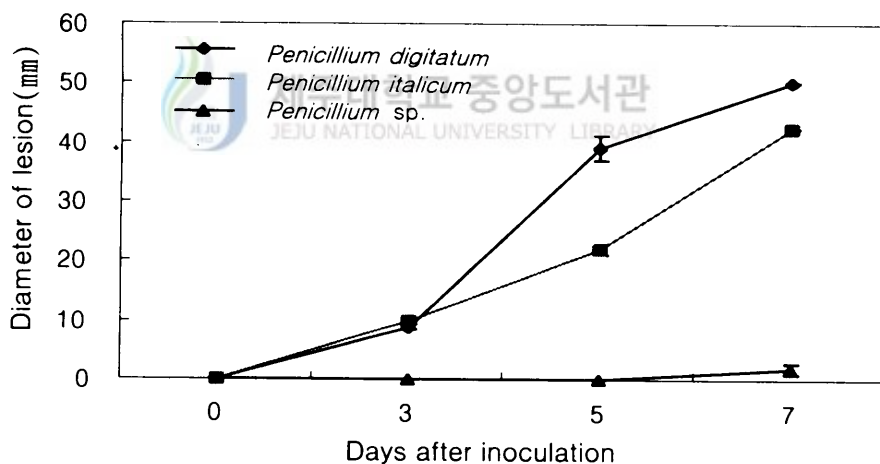


Fig. 18. Progressive curve of lesion caused by *Penicillium* spp. according to days after inoculation.

小笠原와 新田(1988)는 benomyl 125 mg/L에 침지처리한 온주밀감 과실을 이용하여 thiophanate-methyl에 대한 감수성이 다른 *P. digitatum* 균주 2종을 무상처 접종한 결과, 하나의 균주에서 발병률이 30%에 달했다고 보고한 바 있는데 본 시험의 결과도 이와 비슷한 경향이였다. 따라서 제주도에서도 새로운 저장병 약제 선발이 필요하다고 판단되었다.

다. *Penicillium* spp. 균주들의 유전적 변이 조사

Penicillium spp. 60개 균주에 대해 Operon사의 OPA와 OPM primer 들 중 재현성이 강한 8개 primer를 사용하여 PCR에서 증폭시켜 얻은 산물을 분석하였다. Primer 종류에 따라 총 5개에서 9개의 밴드를 나타 내었으며 OPM-01 primer에 의한 PCR 산물이 5개로 가장 적었고, OPA-09 primer가 9개로 가장 많았다. PCR 산물의 크기는 250 bp에 서 2,300 bp 정도였으며, OPA-10 primer를 이용하였을 때 다형성(多 形性)이 가장 높았다(표 14, 그림 19).

Table 14. Nucleotide sequences of the 8 primers used for RAPD analysis with total numbers of amplified DNA fragments and sizes of polymorphic DNA fragments produced by each primer

Code	Nucleotide sequence (5' to 3')	No. of amplified fragments	Size of fragments(bp)
OPA-02	TGCCGAGCTG	7	300~1,500
OPA-03	AGTCAGCCAC	9	350~1,700
OPA-04	AATCGGGCRG	8	300~1,500
OPA-09	GGGTAACGCC	6	250~1,700
OPA-10	GTGATCGCAG	8	300~1,700
OPM-01	GTTGGTGGCT	5	300~1,500
OPM-05	GGGAACGTGT	7	400~2,300
OPM-20	AGGTCTTGGG	6	350~1,900

이 결과를 가지고 Dice의 방법으로 유사도 matrix를 작성한 결과, 각 균주간에 유사도는 최소 49%에서 최대 100%까지 다양하게 나타났으며, 특히 code 번호 33번 균주에서부터 49번 균주까지는 유사지수가 98%이상을 나타내어 근연관계(近緣關係)가 높음을 알 수 있었다.

유사도 분석결과를 이용하여 균주간에 phenogram을 작성한 결과, *P. italicum* 균주와 *P. digitatum* 균주, 그리고 이들과 다른 유형의 *Penicillium* sp. 균주들은 서로 뚜렷한 집단을 형성했으며, 이들간의 유사성은 60%이하였다(그림 20, 21). 그리고 *P. digitatum* 균주들 간에는 각각의 유사성이 95%이상으로 유전적으로 매우 밀접한 관계를 보인 반면에 *P. italicum* 균주들은 유사성이 80%정도로 상대적으로 다양하였다.

이 결과로부터 *P. italicum* 균주들간의 유전적 분화는 살균제 연용이나 그 밖의 어떤 요인들에 의해서 임의적으로 일어난 변이인지, 유전적으로 다른 변이가 일어난 것인지에 대하여 정밀한 검토가 필요하다고 판단되었다. 그리고 *P. italicum* 균주나 *P. digitatum* 균주와는 다른 유형의 균주가 형태학적 특징과 더불어 유전적으로 차이가 있다는 것을 다시 한번 입증한 것이다.

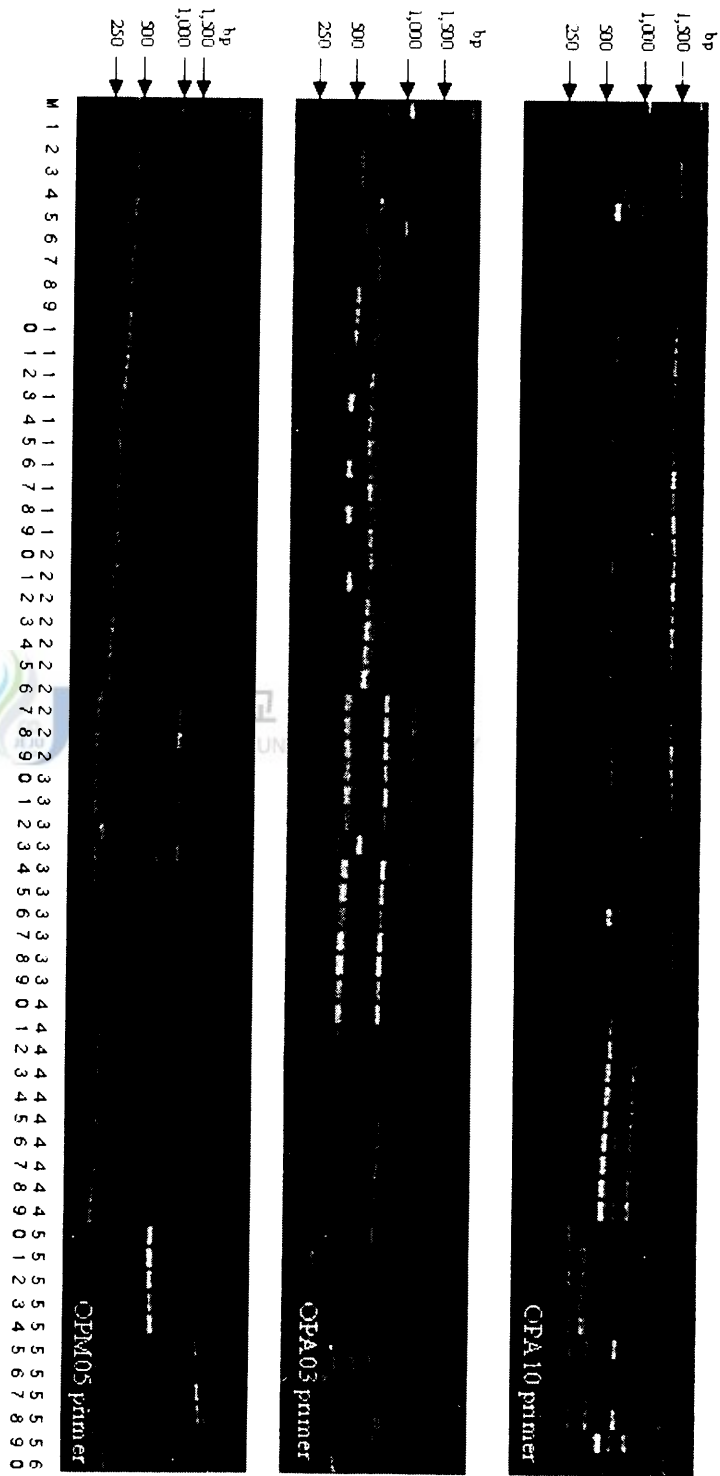


Fig. 19. RADP patterns of 60 isolates of *Penicillium* spp. with OPA 10, 3, and OPM 5 primers on 1.4% agarose gel. Lane M : 250 bp DNA ladder(Gibco BRL). Code numbers : see table 12.



Fig. 21. Phenogram showing genetic relationships among the 60 isolates of *Penicillium* spp. obtained by RAPD analysis with 8 primers.

^a Code marked 1 to 60 are isolates listed in table 12.

^b B : *Penicillium italicum*, G : *Penicillium digitatum*, X : Pathogen but unknown *Penicillium* sp., N : Non pathogenic *Penicillium* sp.

^c R : Grow at 14.0 μg a.i./mL thiophanate-methyl. S : No growth at 3.5 μg a.i./mL thiophanate-methyl.

4. 온주밀감 저장병 방제시험

가. 살균제에 의한 저장병원균 생장 억제효과 실내검정

살균제 28종에 대하여 병원균의 균사 생장 억제효과를 살펴본 결과, prochloraz manganese 500 mg/L 처리에서 저장병 7종이 골고루 억제효과가 좋았으며, 그 외에 tebuconazole 500 mg/L 처리, propiconazole 250 mg/L 처리에서 억제효과가 좋은 편이었다. 그러나 항생제 계통의 약제와 동제 계통의 약제는 억제효과가 없었으며, 일반농가에서 저장병 약제로 사용하는 benomyl 333 mg/L 처리와 thiophanate-methyl 700 mg/L 처리에서도 균사 생장 억제효과가 적었다. 우리나라에 등록되지 않았지만 외국에서 감귤 저장병 방제약제로 사용하고 있는 imazalil 250 mg/L을 처리하였을 때도 *Rhizopus* sp.를 제외한 6종의 저장병에 모두 균사 생장 억제효과가 우수하였다(그림 22, 표 15).

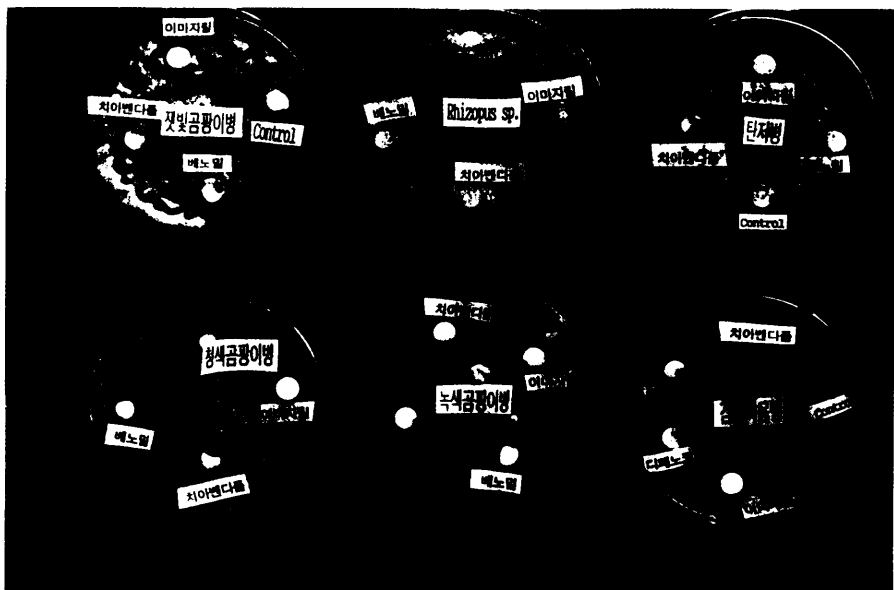


Fig. 22. Photograph of inhibition zone between the mycelial disk and paper disk amended with fungicides on PDA.

Table 15. Control effects of fungicides on the mycelial growth of the pathogens causing postharvest diseases of satsuma mandarin fruits

Fungicides	Concentration (mg/L)	Size of inhibition zone ^a						
		A.c ^b	B.c	C.g	P.d	P.i	P.c	R.sp.
Imibenconazole	300	+ ^c	+	-	+	-	-	-
Myclobutanil	80	+	-	+	+	++	-	-
Thiabendazole	600	+	-	-	-	-	-	-
Copper hydroxide	385	+	-	-	-	-	-	-
Vinclozolin	500	-	++	-	+	+	+	-
Tolclofos-methyl	500	-	-	+	-	-	-	+
Difenoconazole	100	+	-	+	-	++	++	+
Diethofencarb+cabendazim	250+250	-	+++	++	+++	-	+++	-
Chlorothalonil+oxine-copper	200+100	-	-	-	-	-	-	-
Tribasic copper sulfate	150	-	-	-	-	-	-	-
Pencycuron	250	-	-	-	-	-	-	-
Streptomycin sulfate + oxytetracyclin	250+20	-	-	-	-	-	-	-
Thiram	400	+	-	-	-	+	-	-
Fosetyl-Al+mancozeb	220+130	-	-	-	-	-	-	-
Vilidamy-A	50	-	-	-	-	-	-	-
Procymidone	500	+	++	-	-	+	-	-
Iprodione	500	+	+	+	+	+	++	+
Prochloraz manganese complex	500	+	+	++	+++	+++	++	+
Thiabendazole	1,800	-	-	-	-	-	++	-
Dimethomorph	250	+	-	+	-	-	++	-
Polyxin B	100	-	-	-	-	-	-	-
Oxolinic acid	200	-	-	-	-	-	-	-
Thiophanate-methyl+streptomycin	375+180	-	-	-	-	-	-	-
Tebuconazole	500	++	+	-	+++	+++	++	+
Propiconazole	250	++	+	++	++	++	++	+
Benomyl	333	+	-	-	-	+	-	-
Imazalil	250	++	+++	+++	+++	+++	++	-
Thiophanate-methyl	700	+	-	+	-	-	-	-
Control	-	-	-	-	-	-	-	-

^a Size of inhibition zone between mycelial disk and paper disk amended with various fungicides was measured at 10 days after incubation on PDA.

^b A. c : *Alternaria citri*, B. c : *Botrytis cinerea*, C. g : *Colletotrichum gloeosporioides*, P. d : *Penicillium digitatum*, P. i : *Penicillium italicum*, P. c : *Phomopsis citri*, R. sp. : *Rhizopus* sp.

^c Colony size - : 0, + : ≤5 mm, ++ : 6 ~ 10 mm, +++ : ≥11 mm

나. 살균제 처리에 의한 저장병 방제

1) Benomyl과 thiophanate-methyl 처리에 의한 저장병 방제효과
일반 농가에서 보편적으로 사용하고 있지만, 실내접종시험에서 효과가 떨어졌던 benomyl과 thiophanate-methyl 약제에 대한 저장병 방제효과를 검토하기 위해, 온주밀감 과실을 수확한 후 benomyl 333 mg/L과 thiophanate-methyl 700 mg/L 약제에 침지처리하여 저온저장 120일째 저장병 누계 발생률을 조사한 결과(그림 23), benomyl 333 mg/L 약제를 침지처리구에서는 31.0%, thiophanate-methyl 700 mg/L 약제를 침지처리구에서는 30.0%로 무처리구 32.3%보다 조금 저장병 발생률이 적었으나 통계적 유의차가 없었다.

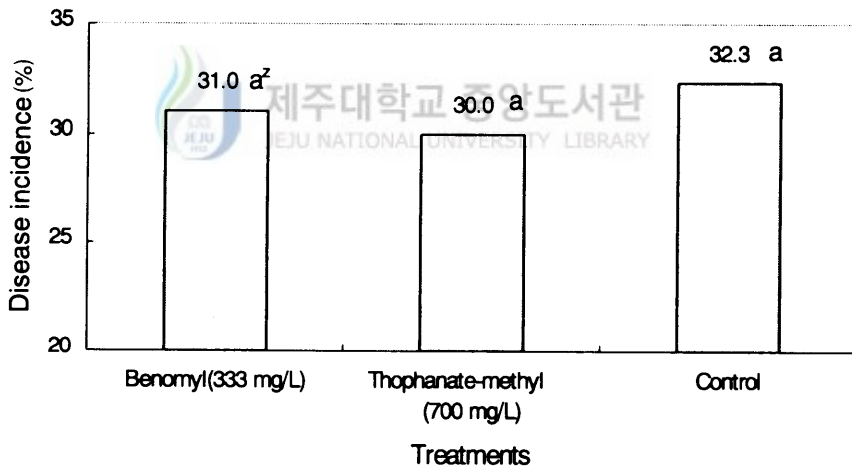


Fig. 23. Control effect of fungicides on postharvest diseases of 'Okitsu Early' satsuma mandarin fruits after 120 days low temperature storage.

Tested fruits were harvested on Dec. 1, 1997, and dipped into the fungicide solutions for 2 min. The treated fruits were dried and stored at 4°C.

² Mean separation by DMRT, 5% level.

2) 저장병 방제 약제 선발시험

저장병 방제를 위한 우수 농약을 선발하기 위해 thiophanate-methyl 700 mg/L을 대조약제로 하여 실내검정에서 균사 억제효과가 우수했던 prochloraz manganese 500 mg/L과 tebuconazole 500 mg/L을 침지처리하여 상온저장고에서 저장 90일 후까지 저장병 발생률을 조사한 결과, 저장 30일째까지는 처리별로 저장병 발생률에 큰 차이가 없었다 (그림 24).

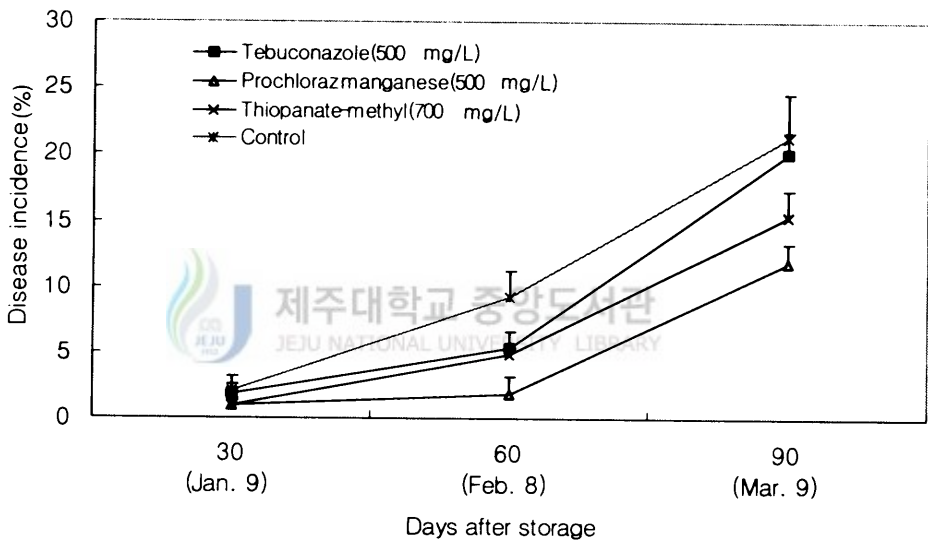


Fig. 24. Control effect of fungicides by dipping treatment on postharvest diseases of 'Okitsu Early' satsuma mandarin fruits at room temperature.

Tested fruits were harvested on Nov. 28, 1998, and dipped into the fungicide solutions for 2 min. The treated fruits were dried and stored for 90 days at room temperature.

그러나 저장 60일째 저장병 발생률은 prochloraz manganese 500 mg/L 처리구는 1.8%, thiophanate-methyl 700 mg/L 처리구는 4.9%, tebuconazole 500 mg/L 처리구는 5.3%, 무처리구는 9.2% 순으로

많이 발생하여 차이가 났다. 저장 90일째에는 tebuconazole 500 mg/L 처리구는 20.0%, thiophanate-methyl 700 mg/L 처리구는 15.3%, prochloraz manganese 500 mg/L 처리구는 11.8%, 무처리구는 21.2%의 저장병 발생률을 나타내어 prochloraz manganese 500 mg/L 처리에서 가장 저장병 방제효과가 높게 나타났다.

1998년 수확 15일전에 살균제를 수상살포한 후 60일간 저장하여 저장병 발생률을 조사한 결과(그림 25)도 prochloraz manganese 500 mg/L 처리구에서 저장병 발생률이 1.0%로 다른 처리보다 방제효과가 높게 나타났다. 그러나 tebuconazole 500 mg/L 처리는 방제효과가 낮은 경향이였다.

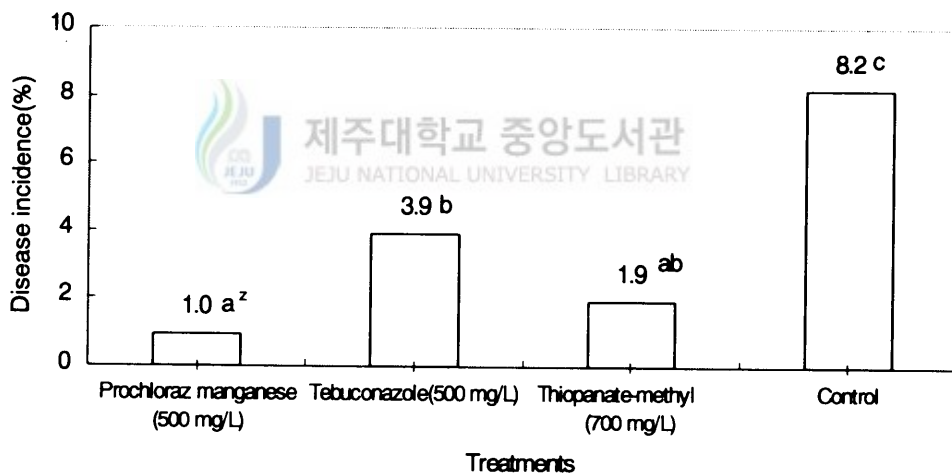


Fig. 25. Control effect of postharvest disease by preharvest spray with fungicides.

Fungicides were sprayed on the trees on Nov. 13, 1998 and harvested on Nov. 28, and stored for 60 days from Dec. 10 at room temperature.

^z Mean separation by DMRT, 5% level.

1999년에 앞의 시험에서 저장병 방제효과가 높았던 prochloraz

manganese를 대비로 하여 새로운 살균제인 iminoctadine-triacetate와 iminoctadine-tris(albesilate)를 수상살포 처리한 후 60일간 저장하여 저장병 발생률을 조사하였다(그림 26). 그 결과 prochloraz manganese 500 mg/L 처리구는 저장병 발생률이 0%로 가장 양호하였고, 그 다음은 iminoctadine-tris(albesilate) 400 mg/L 처리구 8.9%, iminoctadine-triacetate 125 mg/L 처리구 13.6%, 무처리구 43.7% 순으로, 1998년 시험결과와 마찬가지로 prochloraz manganese 처리에서 저장병 방제효과가 높게 나타났다. 田代(2000)는 大浦早生과 上野早生을 이용하여 약제시험을 한 결과, 저장병을 방제하기 위해서는 iminoctadine-triacetate를 살포하는 것이 효과적이라고 보고하였는데, 본 시험결과 iminoctadine-triacetate도 효과는 있었으나 prochloraz manganese 보다 방제효과가 적었다.

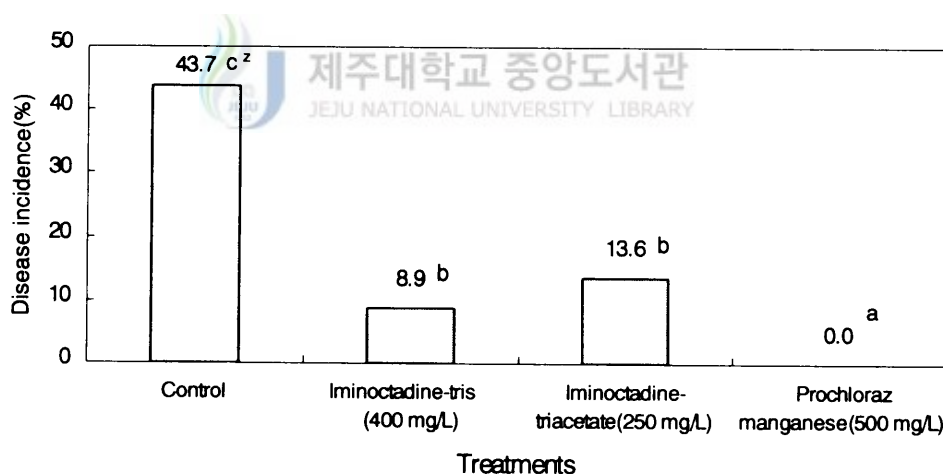


Fig. 26. Control effect of spray of fungicides on postharvest diseases in the open field.

Fungicides were sprayed on the trees on Nov. 1, 1999 and harvested on Nov. 16, and stored for 60 days from Nov. 27 at room temperature.

^z Mean separation by DMRT, 5% level.

3) 살균제 살포시기에 따른 방제효과

Thiophanate-methyl과 최근 사용이 늘어나고 있는 iminoctadine-triacetate 약제를 1999년에 단용 또는 혼용처리하여 저장병 방제를 위한 농약 살포시기 시험을 실시한 결과(표 16), iminoctadine-triacetate 125 mg/L과 thiophanate-methyl 700 mg/L 혼용처리구는 살포시기에 관계없이 방제효과가 좋은 경향이였다. 하지만 Thiophanate-methyl 700 mg/L 단용처리구는 저장 90일째 저장병 발생률이 5.4%~6.7%로 다른 처리에 비해 높았다.

Table 16. Control effect of fungicides with different spray times on postharvest disease of 'Okitsu Early' satsuma mandarin fruits

Spray time	Fungicides	Concentrations (mg/L)	Storage periods(Days)		
			30	60	90
30 days before harvest	Iminoctadine-triacetate	125	0.0 a ²	0.3 a	2.3 ab
	Thiophanate-methyl	700	2.0 b	4.3 b	6.7 cd
	Iminoctadine-triacetate + Thiophanate-methyl	125+700	0.0 a	0.7 a	1.7 a
20 days before harvest	Iminoctadine-triacetate	125	0.0 a	0.0 a	2.0 a
	Thiophanate-methyl	700	1.7 b	4.3 b	6.3 cd
	Iminoctadine-triacetate + Thiophanate-methyl	125+700	0.0 a	0.0 a	1.3 a
10 days before harvest	Iminoctadine-triacetate	125	0.0 a	0.0 a	1.7 a
	Thiophanate-methyl	700	1.3 ab	4.0 b	5.4 bc
	Iminoctadine-triacetate + Thiophanate-methyl	125+700	0.0 a	0.0 a	1.3 a
Control			1.9 b	5.4 b	9.1 d

Tested fruits were harvested on Nov. 11, 1999, and acclimated in the open room until weight loss by 3% before storage from Nov. 20.

² Mean separation by DMRT, 5% level.

田代(2000)는 극조생온주를 이용한 약제시험 결과, iminoctadine-triacetate가 저장병 방제에 효과적이거나, 내우성(耐雨性)이 약하기 때문에 iminoctadine-triacetate와 thiophanate-methyl을 혼용처리하면 매우 효과적이라고 보고했으며, 살포시기는 수확 3주전에서 직전까지 폭이 넓다고 했다. 본 시험의 결과는 살포시기에 관계없이 iminoctadine-triacetate와 thiophanate-methyl 혼용 또는 iminoctadine-triacetate 단용처리에서 효과가 비슷하게 나왔다. 이는 약제살포 후 강우량이 적었기 때문에 의한 것으로 판단된다.

다. 칼슘제 처리에 의한 저장병 방제효과

칼슘제가 저장병 방제에 미치는 영향을 조사하기 위하여 thiophanate-methyl 700 mg/L과 iminoctadine-triacetate 250 mg/L을 Kalk-H와 혼용 및 단용처리하여 효과를 검토하였다(표 17).

저장 60일째 무처리구의 저장병 발생률은 5.3%로 Kalk-H만 처리한 구 5.7%와 비슷하였으며, iminoctadine-triacetate를 단용 또는 칼슘제를 혼용처리하였을 때 저장병 발생률이 적어지는 경향이였다.

자연 중량 감소율도 무처리구에 비해 모두 낮게 나타났는데 특히 칼슘제와 약제를 혼용처리하였을 때 효과가 더 좋았다.

본 시험 결과, 칼슘제만 살포해서는 저장병을 방제할 수 있는 효과가 없었으며, 수용성 칼슘제인 kalk-H는 중량감소를 줄이는데는 효과가 있었다. 이는 다른 작물에서 칼슘제만 사용해도 저장병을 감소시킬 수 있었다는 보고(권 등, 1999 ; 장 등, 1990, 문과 최, 1999 ; 문 등, 1999)와는 다른 결과였다.

Table 17. Effect of calcium compounds and fungicides on the incidence of fruit rot and weight loss of 'Okitsu Early' satsuma mandarin fruits

Treatment	Percent rotten fruit		Weight loss of fruits	
	Days after storage		Days after storage	
	40 (Jan. 4)	60 (Jan. 24)	40 (Jan. 4)	60 (Jan. 24)
Kalk-H 567 mg/L	1.3±0.6 ^z a	5.7±1.5 b ^y	4.3±0.5 a	6.5±0.3 ab
Thiophanate-methyl 700 mg/L	2.0±1.0 a	4.7±1.2 ab	3.8±1.2 a	8.8±1.1 b
Iminoctadine- triacetate 250 mg/L	0.7±0.6 a	2.3±0.6 ab	3.0±0.5 a	8.6±0.5 b
Kalk-H 567 mg/L+ Thiophanate-methyl 700 mg/L	1.3±1.2 a	3.3±1.2 ab	2.3±1.8 a	4.3±0.4 a
Kalk-H 567 mg/L+ Iminoctadine- triacetate 250 mg/L	0.0±0.0 a	1.3±0.6 a	3.0±0.4 a	5.5±1.3 a
Control	1.0±1.0 a	5.3±2.1 b	6.4±3.0 a	13.5±1.4 c

Kalk-H was sprayed two times on Sep. 26 and Oct. 20, 1999, and fungicides were sprayed on Oct. 31. Tested fruits were harvested on Nov. 15, 1999, and acclimated in the open room until weight loss by 3% before storage from Nov. 25.

^z Values are means ± standard deviations from 3 replicates.

^y Mean separation by DMRT, 5% level.

V. 종합고찰

제주도에서 생산되는 감귤은 과실 생육기간 중 적산온도가 외국의 감귤산지보다 낮아 수확시 산함량이 높다. 그래서 온주밀감을 저장하여 산함량을 낮춰 식미를 높이고, 출하시기를 조절하여 가격안정을 도모하고 있지만 최근에 들어 저장병 발생이 많아지고 있는 실정이다.

김(1977)은 1974년부터 1977년까지 4년간 보통온주를 대상으로 상온저장고에서 저장시험을 실시하여 저장병 발생률을 조사한 결과 4~5%였다고 보고했다. 하지만 홍 등(1991)은 우리나라에서 유통 중인 15 kg 감귤상자에 평균 10%정도의 저장병이 발생하였다고 했으며, 김 등(1995)은 11월 28일 수확한 興津早生을 저장하는 경우 저온저장보다 상온저장에서 저장병 발생률이 높아 3월 8일에는 22.6%나 되었다고 보고하는 등 90년대에는 저장병 발생률이 높은 것으로 조사되고 있다. 본 시험결과도 저장 60일 후부터 저장병 발생이 많아지고, 저장 90일 후 저장병 발생률은 4℃ 저온저장시는 9.7%, 상온저장고에서 저장한 경우는 21.2%~28.3%나 되는 것으로 조사되었다.

저장온도별로는 상온저장이 저온저장보다 저장병 발생이 많았다. 그 이유는 저온일수록 호흡이 저하되고 병원균의 활동도 둔화되며, 상온저장을 할 때의 저장고내 밤낮의 온도교차가 1월에는 2~8℃, 2월에는 5~10℃, 3월에는 8~12℃ 사이로 저온저장을 할 때의 3~6℃보다 온도교차가 높아 저장병 발생이 많아진(農山漁村文化協會, 1985) 것으로 판단된다. 일반 노지 온주밀감에 대한 여러 저장시험에서도 저온저장에서 저장병 발생률이 낮다고(矢羽田 등, 1994a ; 牧田, 1998) 보고하고 있다. 伊庭 등(1974)은 온주밀감의 장기저장을 위한 최적온도는 과실의 형질, 저장고 등에 따라 다르지만 저온일수록 저장병 발생이 적으며, 저온저장시 습도가 낮을수록 부패과가 적고 고습이 되면 상온에서 적습으로 저장한 것보다 부패과가 증가한다고 했다.

백(1994)은 저장병은 일반적으로 과실이 노화되거나 90%이상의 다습

조건에서는 미생물의 번식이 용이하고 습도가 높을수록 과실자체 활력이 떨어지며, 이로 인하여 저항력이 떨어져 저장병 발생이 급증한다고 했다. 그리고 저장중 산함량이 0.7%이하가 되면 호흡기질이 완전 당으로 전환하여, 당이 분해되면서 alcohol aldehyde 성분이 생성되고 과육 밖으로 발산이 느려 과육 조직에 정체되면서 저장과실에 이취(異臭)가 발생하게 되고, 식미가 극도로 저하되며 과실 활력이 떨어지므로 저장병 발생이 많아진다고 했는데, 이런 원인에 의해 2월 이후 저장기간이 길어질수록 저장병 발생이 높아진 것으로 추측된다.

최근에 재배가 늘어나고 있는 월동재배 온주밀감도 앞의 결과와 유사하였고, 특히 4~5월에 저장을 실시한 관계로 저장병 발생률이 아주 높은 편이었다. 그리고 저장 후 출하를 하는 경우도 10일이 지나면 부패율이 급증하였는데 앞으로 출하 전 온도 순화처리, 신선도 유지 방안 등에 대한 연구검토가 필요하다고 생각되었다.

현재 우리나라에 기록된 감귤 저장병은 검은썩음병(*Alternaria citri*), 잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*), 녹색곰팡이병(*Penicillium digitatum*), 푸른곰팡이병(*Penicillium italicum*), 검은무늬병(*Phyllosticta citricarpa*), 탄저병(*Colletotrichum gloeosporioides*), 꼭지썩음병(*Phomopsis citri*) 등 7종이다(한국식물병리학회, 1998). Ellis(1971)와 Vander(1973)의 문헌과 비교하여 동정한 본 시험결과는 7종 이외에 *Rhizopus* sp.에 의한 리조푸스병이 발견되어 총 8종의 저장병이 발생하고 있는 것으로 조사되었다. 그리고 *Phyllosticta citricarpa*에 의한 검은무늬병은 Vander(1973)가 *P. citricarpa*의 포자 크기는 $6\sim 13\times 5\sim 9\ \mu\text{m}$, 병자각은 $70\sim 330\ \mu\text{m}$, 부속사의 길이는 $5\sim 15\ \mu\text{m}$, spermatia는 $4\sim 10\times 0.5\sim 2\ \mu\text{m}$ 라고 보고한 결과와 유사하여 *P. citricarpa*로 동정하였는데, 일본에서는 原(1960)에 의해 *Phoma erratica*로 동정하여 보고되어 있다. *Phoma* 속 균의 특징은 병포자에 부속사가 없고, spermatia가 없는 것이 특징이다. 따라서 일본에서 보고한 *P. erratica*는 원래 그런 특징을 가진 균인지에 대해 확인할 수 없지만 재 동정이 이루어져야 할 것으로 판단되었다. 또한 *P. digitatum*에 의한 녹색곰팡이병과 *P. italicum*에 의한 푸

른곰팡이병에 대한 병원성을 검정한 결과, 상처 접종시 병징이 그대로 재현되었으며 무상처 접종시도 병원성이 발현되어 홍 등(1991)의 보고와 Barmore와 Brown(1982)가 녹색곰팡이병과 푸른곰팡이병에 걸린 과실과 접촉한 건전과실은 23℃에서 7일 후 82~87% 감염된다는 보고와 유사한 결과를 얻었다. 그러나 牧田(1998)가 무상처 접종시는 발병되지 않는다고 보고한 것과는 다른 결과였다. 하지만 실제 저장을 할 때 건전한 과실에서도 *Penicillium* spp.에 의한 곰팡이병이 발생하는 것으로 보아 무상처에서도 발병이 되는 것으로 추측된다.

저장병 발생에는 병원균의 침입과 동시에 과실의 저항력도 관계한다. 그러므로 재배관리를 잘 하여 건전하고 충실한 과실을 생산해야 하는 것은 물론, 수확 등의 관리작업에서 과피에 상처를 주지 않도록 주의하는 것이 저장병을 방제하는 기본이라고 알려져 있다(한과 권, 1994). 이번 시험에서도 같은 저장고 내에서 저장을 하여도 선별을 잘 한 과실인 경우는 농가가 관행적으로 저장한 것 보다 저장 90일 후 저장병 발생률이 7% 낮게 나타났다. 과실 자체가 저장에 적합하지 못할 때는 훌륭한 저장고나 면밀하고 철저한 저장관리를 하여도 저장효과가 떨어짐을 확인할 수 있었다. 그리고 저온 및 상온저장에서 저장병 종류별 발생률을 조사한 결과는 저온저장시는 8종이 상온저장고에서는 4~5종의 저장병이 발생되어 저장방법에 따라 저장병 발생양상이 달랐다. 중형의 과실을 선별저장한 경우 저장 90일째 저장병 누계 발생률은 저온, 상온저장시 검은색곰팡이병이 각각 7.3%, 14.3%로 대부분을 차지했지만, 상온저장고내 농가 관행저장구는 녹색곰팡이병이 16.1%이었고, 푸른곰팡이병과 검은색곰팡이병은 각각 11.2%의 비율을 차지하여 선별저장한 경우와 차이가 있었다. 즉 건전한 과실을 선별하여 상온저장한 경우는 검은색곰팡이병에 의한 저장병 발생이 많았고, 농가관행 상온저장시는 *Penicillium*속 균에 의한 저장병이 많이 발생하여, 같은 감귤원에서 수확한 과실이라도 저장과실에 따라 저장병 발생이 달라질 수 있다는 결론을 얻었다.

본 시험의 결과는 권(1980)이 온주밀감 상온저장 중 발생하는 저장병을 조사하여 그 발생빈도가 잿빛곰팡이병, 검은색곰팡이병, 푸른곰팡이병, 녹

색곰팡이병, 검은무늬병, 꼭지썩음병 순이었다는 보고와는 조금 차이가 있으나, 홍 등(1991)이 판매되고 있는 온주밀감 포장상자 내에서 저장병 발생률을 조사한 결과, 녹색곰팡이병이 37.7%로 가장 많았고, 그 다음은 푸른곰팡이병 18.1%, 검은썩음병 9.8%였다는 보고와 유사한 결과였다. 間佐古(2000)도 和歌山縣에는 과실부패병 가운데 가장 중요시되는 병해는 녹색곰팡이병이며, 10월 중순의 발생 예찰 순회조사 결과, 현 전역의 온주밀감원에서 1991, 1994, 1998년에 녹색곰팡이병이 많이 발생되었다고 했다. 만감류 중에서는 네블오렌지 품종에서 많이 발병되는데, 해에 따라 70% 전후의 발병률을 나타낸다고 보고하였다. 太田(2000)도 靜岡縣에서 발생되고 있는 감귤 부패병은 녹색곰팡이병, 푸른곰팡이병, 꼭지썩음병, 검은썩음병, 잿빛곰팡이병, 갈색썩음병 등이나 일반적으로 녹색곰팡이병 및 푸른곰팡이병이 많이 발생하며, 녹색곰팡이병 발생이 빠른 해에는 10월부터 나무에서 발생되어 푸른곰팡이병과 함께 주요 저장병이라고 했고, 그 다음으로는 꼭지썩음병, 검은썩음병이 많이 발생한다고 했다. 이외에 田代(2000), 長崎縣果樹試驗場(2000)도 감귤 저장병 가운데 가장 문제가 되는 것은 *Penicillium*속 균에 의한 부패병이라 보고하였다. 한편 고와 김(1996)은 저장 중 곰팡이병에 의한 병해의 발생은 *P. italicum* 25.8%, *A. citri* 18.0% 순이었고 감귤의 부패와 곰팡이의 펙틴 분해능간에는 연관성이 있음을 시사한 바 있다.

저장병 발생률은 저장과실 조건 외에 기상환경과 저장고 및 저장관리 등에 따라서도 차이가 나겠지만, *Penicillium*속 균에 의한 곰팡이병이 늘어나고 있는 것은 약제에 대한 저항성균 발생밀도가 늘어나고 있는 점을 시사하는 것이다.

미국, 스페인 등 다른 감귤산지에서도 감귤 녹색곰팡이병과 푸른곰팡이병은 감귤 저장병 중 가장 피해가 큰 것으로 보고되고 있다. 외국에서는 감귤 유통과정시 장기수송이나 장기저장이 불가피하므로 과실 부패방제는 주로 imazalil, OPP 등 저장병 방제 약제에 의존하고 있다(岩堀와 門屋, 1999). 그러나 살균제에 대한 저항성균이 출현하여 심각한 문제가 되고 있다. 일본에서는 저장병 방제 약제로 benomyl과 thiophanate

-methyl를 주로 사용해 왔는데 1974년에 감귤 녹색곰팡이병 방제 약제에 대한 저항성균 존재가 밝혀진 이래 최근에는 각 지역에서 약제 저항성균이 늘어나 감귤 부패병 발생의 증가 원인이 되고 있다(中畝, 2000).

우리나라에서도 최근에 곰팡이병이 문제가 되고 있는 실정이며, 특히 여러 가지 살균제에 대한 저항성균이 발생하고 있는 외국산 감귤류를 수입하고 있으므로 앞으로 부패병 발생이 늘어날 가능성이 높다. 일본에서는 수입감귤류 부패과실에서 thiophanate-methyl과 imazalil에 저항성을 가지고 있는 균도 많이 발생하고 있는 것으로 조사되었다(中畝, 2000). 이들 약제 저항성균들에 대한 기작은 아직 밝혀지지 않았다. 따라서 현재 사용하고 있는 약제를 지속적이고 효율적으로 사용하기 위해서는 약제 저항성의 기작을 해석하고 합리적인 대책을 강구하는 일이 중요하다. 그래서 *Penicillium*속 균에 대한 검토가 필요하다고 생각하여 시험을 실시하였다.

본 시험에서 8가지 감귤 저장병 중 최근 문제가 되고 있는 *Penicillium* spp.에 대하여 60개 균주를 수집하여 형태적, 배양적 특성을 분석해 본 결과, 새로운 *Penicillium* sp. 1종이 발견되었다. 새로운 *Penicillium* sp.는 *P. italicum* 및 *P. digitatum*보다 부패과의 병반조직이 매우 느리게 확산되는 특징이 있었고, 진녹색의 포자로 과실에 뒤덮이는 특징이 있었다. 분생포자도 기존의 *Penicillium*속 균은 타원형인 것과 다르게 원형이었고, 크기도 달랐다. 균 성장속도와 병원성은 기존의 *Penicillium*속 균보다 낮은 경향이었다. 또한 *Penicillium* 균주 60개를 RAPD하여 집괴분석한 결과 4그룹으로 나타났고, *P. italicum*간에는 80~100%, *P. digitatum*인 경우는 95%의 유사성을 가졌으며 이들과 다른 두 그룹과는 차이를 나타냈다. 이 네 그룹간의 유사성은 60%이하로 *Penicillium* sp.가 *P. digitatum* 및 *P. italicum*과는 다르다는 것을 입증할 수 있었다.

조사한 60 균주 중 농가에서 많이 사용하던 benomyl과 thiophanate-methyl에 대한 약제 저항성을 검토한 결과, *P. italicum* 균주(25개) 중에서는 52.0%, 48.0%, *P. digitatum* 균주(24개) 중에서는 95.8%,

91.7%가 약제 저항성을 갖는 균주가 있었다.

田代(2000)도 일본에서 녹색곰팡이병에 의한 과실부패는 thiophanate-methyl 및 benomyl에 대한 저항성균이 발생하여 문제가 되고 있으며, 1990년부터 1993년까지 녹색곰팡이병 발생면적을 조사한 결과, 18.3~38.2%였으나 1997년에는 45.1%, 1998년에는 45.7%로 증가했다고 보고했다. 또한 9월 상순~중순 극조생온주 과피에 상처를 내고 부패과실에서 분리한 녹색곰팡이병균을 접종하여 1993년부터 1995년까지 3년간 약제 감수성을 검정한 결과, thiophanate-methyl 및 benomyl에 대한 저항성균이 25~56% 존재하고 있어서 살포약제의 부패 방제효과 저하에 관여하고 있는 것으로 보고했다. 이외에도 최근 늘어나고 있는 감귤 곰팡이병의 원인으로 약제 저항성균의 관여하고 있다는 보고가 많다(古賀 등, 1999; 橘와 三好, 1991; 田代 등, 1995; 田代 등, 1996; 間佐古, 2000; 太田, 2000).

본 시험의 결과에서도 thiophanate-methyl 및 benomyl에 대한 약제 저항성균이 발생하고 있는 것으로 밝혀졌으며, *Penicillium spp.*간의 유전적 분화는 살균제 연용이나 그 밖의 어떤 요인에 의해서 임의적으로 일어난 변이인지 금후 정밀한 검토가 있어야 할 것이다.

현재 일본에는 감귤 저장병 방제약제로 thiophanate-methyl 및 benomyl, iminoctadine-triacetate가 등록되어 사용되고 있으나(静岡県 農作物病害蟲防除基準, 1996), 국내에서는 1987년 남과 권(1987)의 약제시험 결과에 의하여 수확 7~10일전에 thiophanate-methyl 700 mg/L 살포를 지도해 왔다(제주도농촌진흥원, 1996). 하지만 본 시험의 결과, thiophanate-methyl 및 benomyl에 대한 약제 저항성균이 발생하여 방제 효과가 떨어지고 있다는 것이 확인되었다.

온주밀감에 대한 새로운 저장병 약제를 선별하기 위해 28종의 살균제를 가지고 검토를 한 결과, 우리나라에 등록된 약제 중에서는 prochloraz manganese이 실내와 실외시험에서 효과가 높게 나타났다. 우리나라에 등록되지 않은 약제인 imazalil도 우수하였다. 하지만 진 등(1996)이 imazalil에 대한 농약 잔류량을 조사한 결과, 국내산 살균제에 비해 잔

유통기간이 길고 검출되는 양도 잔류허용 기준치 이하이지만 조금 높게 나타나 당장 이용은 곤란하다.

최근 농약 안전성 문제로 새로운 방제법이 요구되고 있어 칼슘제에 의한 저장병 방제효과를 검토한 결과, 칼슘제 단용 살포로 저장병을 방제할 수 있는 효과는 없었다. 그러나 칼슘제 살포는 부피과 방제, 세포 노화 방지 등에 의해 저장성을 향상시킬 수 있다는 보고(田中와 谷岡, 1995 ; Ben-yehoshua 등, 1987)가 있으므로 저장성 향상에 대한 검토가 계속 진행되어야 할 것이다.

본 시험의 결과를 종합하면 감귤의 저장병은 기존의 7종과 미동정된 *Rhizopus* sp.를 포함하여 8종으로 나타났으며, 저장시 가장 많은 영향을 끼치는 균으로는 *Penicillium* spp.와 *A. citri*였다. 수집된 *Penicillium* 속 균에서도 새로운 *Penicillium* sp. 1종을 발견하였으며, *Penicillium* 속 균들간의 유전적 변이를 살펴보고자 RAPD를 통한 집괴분석을 실시한 결과 4그룹으로 나타났고 이들간에 유사성은 60%이하였다.

그리고 농가에서 많이 사용하던 benomyl과 thiophanate-methyl에 대해 저항성을 나타내는 *Penicillium* spp. 균주가 존재하였고, 약제시험에서도 저장병 억제효과가 떨어지고 있음을 확인할 수 있었다.

새로운 약제로는 prochloraz manganese이 저장병 방제에 가장 우수한 것으로 나타났다.

VI. 적 요

온주밀감(*Citrus unshiu*) 저장 중 부패에 의한 손실을 최소화 할 수 있는 방안을 마련하기 위해서 興津早生과 宮川早生 과실을 공시하여 저온 저장 및 상온저장시 저장병 발생률과 시기별 저장병 발생종류를 조사하고 병원균을 동정하였다. 그리고 저장병을 일으키는 주요 병원균인 *Penicillium* spp.에 대한 배지내에서의 균총의 성장과 광학현미경하에서 균사를 비교 관찰하여 형태 및 배양적 특성 등을 조사하였다. 또한 부패된 과실에서 분리한 총 60개 *Penicillium* spp. 균주들에 대한 유전적 변이와 약제 저항성을 조사하였으며, 저장병을 줄일 수 있는 방제법에 대하여 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 온주밀감 저장병 발생률 조사

1) 농가에서 사용하는 저장병 방제약제는 iminoctadine-triacetate 가 40%로 가장 많았으며, benomyl을 사용하고 있는 농가에서 저장병 발생률이 높았다.

2) 노지 온주밀감을 4℃에서 저온저장 하는 경우 저장병 누계 발생률은 저장 60일째는 1%, 90일째는 9.7%, 135일째는 32.3%였다.

3) 노지 온주밀감을 상온저장하는 경우 저장병 누계 발생률은 저장 60일째는 9.2~13.3%, 저장 90일째는 21.2~28.3%였다.

4) 노지 은박봉지 피복 및 비가림 월동재배한 온주밀감을 저장하는 경우 재배 방식간에는 저장병 발생률 차이가 없었고, 저장온도에 따라 저장 30일째 저장병 발생률은 5℃ 저장구에서는 4%, 10℃ 저장구에서는 9%, 상온저장구에서는 24% 정도였으며, 저장 50일째에는 각각 9%, 16%, 44% 정도 발생하였다.

2. 온주밀감 저장병 종류 및 발생률

1) 온주밀감 저장시 발생하는 저장병을 일으키는 병원균을 순수 분리하여 종을 동정한 결과 *A. citri*, *B. cinerea*, *C. gloeosporioides*, *P. digitatum*, *P. italicum*, *P. citricarpa*, *P. citri* 등 7종과 아직 종이 밝혀지지 않은 *Rhizopus* sp.가 있었다.

2) 저온저장 135일째까지 발생한 병원균은 8종이었으며, 저장병 종류별 누계 발생률은 검은썩음병이 17.0%로 가장 많았고 그 다음은 꼭지썩음병 5.7%였으며, 나머지 6종은 3%이하로 상대적으로 적게 나타났다.

3) 상온저장시 발생하는 저장병은 4~5종이었으며 저장 90일째 저장병 누계 발생률은 검은썩음병이 14.3%로 가장 많았으며 그 다음은 꼭지썩음병 4.2%, 탄저병 2.3%, 녹색곰팡이병 2.0% 순이었다.

4) 농가에서 관행적으로 상온저장하는 경우 *Penicillium*속 균에 의한 저장병 발생률이 27.3%로 가장 많이 발생하였다.

3. 온주밀감 주요 저장병원균인 *Penicillium*의 특성 분석

1) *Penicillium* 60개 균주 중 아직 종이 밝혀지지 않은 *Penicillium* sp. 1종이 발견되었다.

2) *P. digitatum*, *P. italicum*의 분생포자는 타원형이지만, *Penicillium* sp.는 원형이었고, 포자색은 진녹색이었으며, 부패과의 병징 등에서 차이가 있었다.

3) *Penicillium* 2종과 미동정된 1종에 대해 온도별 생육을 비교한 결과 20~25℃에서 양호했으며, 미동정된 *Penicillium* sp.의 생육은 다른 균에 비해 불량하였다.

4) 배지별 균총의 생장은 CAY 배지에서는 *P. italicum*이, MEA 배지에서는 *P. digitatum*이, G25N 배지에서는 *Penicillium* sp.가 양호하였다.

5) *Penicillium*속 균의 병원성을 검정한 결과 *P. digitatum*과 *P. italicum*은 병원성이 강하지만 *Penicillium* sp.에 속하는 균주는 상대적으로 병원성이 낮은 특성을 보였다.

6) 60개의 *Penicillium* spp. 균주에 대한 benomyl과 thiophanate-methyl의 약제 저항성을 검토한 결과, *P. italicum* 25개 균주 중에서는 각각 52.0%, 48.0%가 *P. digitatum* 24개 균주 중에서는 각각 95.8%, 91.7%가, 병원성이 있는 *Penicillium* sp.(X) 6개 균주 중에서는 모두 83.3%가 저항성 균주였다.

7) *Penicillium* 균주 60개를 RAPD하여 집괴분석한 결과 4그룹으로 분류되었고, *P. italicum* 간에는 80~100%, *P. digitatum*인 경우는 95%의 유사성을 가졌으며, 4그룹간 유사성은 60%이하였다.

4. 온주밀감 저장병 방제시험

1) 살균제 28종에 대하여 배지 내에서 균사억제 효과를 조사한 결과, 우리나라에 등록된 약제 중에는 prochloraz manganese와 tebuconazole, propiconazole이 효과가 좋았으며, 외국에서 많이 사용하는 약제인 imazalil도 효과가 있었다.

2) 농가에서 사용을 많이 하던 benomyl과 thiophanate-methyl은 저장병 방제효과가 낮게 나타났다.

3) 저장병 방제약제로는 prochloraz manganese가 가장 우수하였다.

4) 칼슘제 단용처리는 저장병 방제 효과가 없었다.

VII. 참고문헌

- Audy, P., A. Laroche, G. Saindo, H.C. Huang and R. L. Gibertson. 1994. Detection of the bean common blight bacteria, *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* and *X. C. phaseoli* var. *fuscans*, using the polymerase chain reaction. *Phytopathology* 84 : 1185~1192.
- 백자훈. 1994. 과실생리학(감귤). 광문당. 제주. pp.278~339.
- Barmore, C. R. and G. E. Brown. 1982. Spread of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* during contact between citrus fruits. *Phytopathology* 72 : 116~120.
- Beck, J. J. and J. M. Ligon. 1995. Polymerase chain reaction assays for the detection of *Stagonospora nodorum* and *Septoria tritici* in wheat. *Phytopathology* 85 : 319~324.
- Ben-yehoshua, S., E. Barak and B. Shapiro. 1987. Postharvest curing at high temperature reduces decay of individually sealed lemons, pomelos and other citrus fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112 : 658~663.
- Cheour, F., C. Willemot, J. Arul, Y. Desjardins, J. Makhlof, P.M. Harest and A. Gosselin. 1990. Foliar application of calcium chloride delays postharvest ripening of strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115 : 789~792.
- Coit, J. E. and R. W. Hodgson. 1918. The Jun drop of Washington navel oranges. *Calif. Agr. Exp. Stnn. Bull.* 290 : 203~212.
- Conway, W. S.. 1987. The effects of postharvest infiltration of calcium, magnesium, or strontium on decay, firmness, respiration, and ethylene production in apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112 : 300~303.

- Conway, W. S., C. E. Sams, J. A. Abbott and B. D. Bruton. 1991. Postharvest calcium treatment of apple fruit to provide broad spectrum protection against postharvest pathogens. *Plant disease* 75 : 620~622.
- Crowhurst, R. N., B. T. Hawthorne, E. H. A. Rikkerink and M. D. Templeton. 1991. Differentiation of *Fusarium solani* f. sp. Cucurbitae races 1 and 2 by random amplification of polymorphic DNA. *Curr. Genet.* 20 : 391~396.
- Dice, L. R.. 1945. Measures of the amount of ecologic associations between species. *Journal of ecology.* Vol. 26.
- Ellis, M. B.. 1971. Dematiaceous Hyphomycetes. *Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, England.* 608pp.
- Farr, D. F., G. F. Bills, G. P. Chamuris and A. Y. Rossman. 1990. *Fungi on plants and plant products in the United States.* APS Press. The American Phytopathological Society. St. Paul. Minnesota, USA. 1252pp.
- Fawcett, H. S. and H. A. Lee. 1926. *Citrus diseases and there control.* McGraw-Hill Book Company. pp.173~176.
- Gerasopoulos, D., V. Chouliaras and S. lionakis. 1996. Effects of postharvest calcium chloride sprays on maturity and storability of hayward kiwi fruits. *Postharvest biol. and Technol.* 7 : 65~72.
- Grajal-Maritin, M. J., C. J. Simon and F. J. Muehlbauer. 1993. Use of random amplified polymorphic DNA(RAPD) to characterize race 2 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*. *Phytopathology* 83 : 612~614.

- Guthrie, P. A. I., E. W. Magill, R. A. Frederiksin and G. N. Obvody. 1992. Random amplified polymorphic DNA markers : A system for identifying and differentiating isolates of *Colletotrichum graminicola*. *Phytopathology* 82 : 832~835.
- 한해룡, 권오균. 1994. 감귤원예신서. 선진문화사. 서울. pp.466~528.
- 한국식물병리학회. 1998. 감귤(과수류). 한국식물병명목록 3 : 201~203.
- 原 攝裕. 1960. ミカン類のこくはん病. 日植病報 25(5) : 225.
- Helper, P. K. and R. O. Wayne. 1985. Calcium and plant development. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 36 : 397~739.
- 本間保男, 山田峻一. 1969. 칸킥트軸腐病의 感染ならびに發病の機作. I. 病原菌의 侵入經路. 園試報B 9 : 99~115.
- 홍순영, 김완규, 조원대, 이영희. 1991. 감귤 저장병해에 관여하는 진균. 농사시험연구논문집(작물보호편) 33(3) : 12~17.
- Hopfinger, J. A. and B. W. Poovaiah. 1979. Calcium and magnesium gradients in apples with bitter pit. *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.* 10 : 57~65.
- Huff, D. R., R. E. Bunting and K. A. Plumley. 1994. Use of random amplified polymorphic DNA markers for the detection of genetic variation in *Magnaporthe poae*. *Phytopathology* 84 : 1312~1316.
- 伊庭慶昭, 山田彬雄, 西浦昌男. 1974. ウンシュミカンの低温貯藏に関する研究. I. 貯藏温濕度が果實の腐敗におよぼす影響. 果樹試報B 1 : 59~84.
- 伊庭慶昭, 蔡雲鵬, 西浦昌男. 1972. 貯藏溫度가 綠かび病의 發病期間に およぼす影響. 園試興津年報(果·加) 昭46. pp.119~120.

- 池屋重吉. 1941. 柑橘黒腐病菌の柱頭接種について. 病蟲雜 28 : 40~45. 118~123.
- 磯田降晴, 山本 滋. 1978. 熊本縣におけるカンキツ貯藏病害のベノミル耐性菌の出現. 九州病害虫研究會報 24 : 58~60.
- 岩堀修一, 門屋一臣. 1999. 칸킷總論. 養賢堂. 東京. pp.529~601.
- 장태현, 조용진, 류종호, 김익열, 임태현, 김미영, 김민. 1990. 킷산 및 칼슘제의 엽면살포가 사과 “후지” 품질 및 저장에 미치는 영향. 논문 발표요지. 한국원예학회초록집. pp.631~632.
- 제주도감귤출하연합회. 2000. '99년산 감귤유통처리분석. 유림원색. 제주. p.25.
- 제주도. 2000. 제주도 감귤산업 발전계획. 감귤산업발전계획수립기획단. p.10.
- 제주도농업기술원. 1999. 농작물 병해충 방제 예찰 및 방제정보.
- 제주감귤시험장. 1998. 캐나다 수출감귤의 부패과 발생원인.
- 진석천, 홍순영, 좌창숙, 현승원, 정순경. 1996. 감귤저장병해의 분류동정 및 효과적인 방제 연구. 제주농업시험연구보고서. 제주도농촌진흥원. pp.459~463.
- 정희돈, 윤선주. 1995. CaCl₂ 엽면처리가 딸기 과실의 막 단백질조성 및 세포벽 구조에 미치는 영향. 한국원예학회지 36(4) : 486~492.
- 강성근. 2000. 온주밀감 월동수확재배. 농촌진흥청 표준영농교본. pp. 21~39.
- Kawase, K.. 1992. Studies on the commercial application of clefnon in fruit tree. J. Plant. Growth Regulation 26 : 386~392.

- 김창신, 김성학, 문재현, 오용비, 고정삼. 1995. 감귤 저온저장방법 및 온도가 품질에 미치는 영향. 제주농업시험연구보고서. 제주도농촌진흥원. pp.518~531.
- 김창신, 송창훈. 1992. 감귤저장고 이용실태 조사. 제주농업시험연구보고서. 제주도농촌진흥원. pp.235~239.
- 김창원. 1977. 감귤 저장 시설별 저장효과에 관한 시험. 제주시험장 시험연구보고서. pp.264~284.
- 김광호, 김영효, 강성근. 1999. 월동수확감귤재배 기술교육 교재. 제주도 농업기술원. 84pp.
- 기상청. 2000. 기상월보.
- 北川博敏. 1982. 柑橘の保存劑. 果實日本 35(12) : 12~13.
- 北島 博, 澤村建三. 1953. 温州蜜柑の腐敗病におよぼす温度の影響. 農および園 28 : 35.
- 김용호, 김창명. 1999. Ca제의 엽면살포가 하우스 온주밀감의 품질에 미치는 영향. 한국원예학회지 40(1) : 88~92.
- 고영진, 송장훈, 권혁모, 문덕영, 문두길, 한해룡. 1996. 우리나라 감귤 주요 병의 최근 발생 동향. 한국식물병리학회지 12(4) : 466~470.
- 고영진, 서정규, 이태선, 송장훈, 권혁모, 문덕영, 문두길, 한해룡. 1998. RADP 및 약제저항성을 이용한 감귤 검은점무늬병균의 유전적 다양성 분석. 한국식물병리학회지 14(2) : 171~176.
- 고영진, 이재균, 서정규, 문두길, 한해룡. 1998. 감귤 잿빛곰팡이병균의 살균제에 대한 저항성 및 유전적 다양성. 한국식물병리학회지 14(6) : 682~688.

- Koenraad, S. H. and A. L. Jones. 1992. The use of allelespecific oligonucleotide probes to characterize resistance to benomyl in field strains of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 82 : 1354~1358.
- 古賀敬一, 大石孝儀, 難波信行. 1999. 칸킥트果實腐敗의異常發生原因と防除藥劑의特性. 九州農業研究 61 : 80.
- 小笠原靜彦, 新田浩通. 1998. 칸킥트綠かび病菌의벤ズイミダゾール系劑に對する感受性調査ならび感受性低下菌의病原力調査. 廣島縣果樹試驗場試驗研究報告書. pp. 62~63.
- 고영환, 김세재. 1996. 온주밀감 부패 곰팡이의 분리 및 동정. 한국식품과학회지 28(6) : 1142~1245.
- 倉本 孟. 1981. 칸킥트靑かび病菌의藥劑耐性とその對應. 果樹試驗場報告B 8 : 69~138.
- 권혜령, 박권우, 강호민. 1999. 수확 후 열 및 칼슘처리가 오이 저장 중 품질에 미치는 영향. 한국원예학회지 42(2) : 183~187.
- 권혁모. 1991. 감귤 저장성 향상을 위한 병해충 방제. 제 11회 감귤축제 심포지엄 자료. pp.39~52.
- 권혁모. 1996. 감귤 검은점무늬병의 병원, 발생생태 및 약제방제에 관한 연구. 제주대학교 박사학위논문.
- 권오균. 1980. 감귤 저장병해에 관한 연구. 제주대학교 논문집 12 : 29.
- 牧田好高. 1998. ミカンの貯藏について. 静岡縣柑橘試驗場. 26pp.
- Manulis, S., Kogan, N., Reuven, M. and Y. Ben-Yephet. 1994. Use of the RAPD technique for identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* from carnation. *Phytopathology* 84 : 98~101.

- 間佐古浮則. 2000. 和歌山縣におけるカンキツ果實腐敗病の發生狀況と防除對策. 農林水産省果樹試驗場 常綠果樹試驗研究成績概要集(病害). 518~531.
- McMermott, F. M., Brandle, U., Dutly, F., Haemmerli, U. A., Keller, S., Muller, K. E. and M. S. Wolfe. 1994. Genetic variation in powdery mildew of barley : Development of RAPD, SCAR, and VNTR markers. *Phytopathology* 84 : 1316~1321.
- 宮本久美, 湯川良夫, 山本省二. 1983. 칸키ツ綠かび病菌・青かび病菌のチオファネートメチル耐性について. 和歌山縣果樹園藝試驗場研究報告 7 : 51~65.
- 南出降久, 上田悅範. 1987. 토마토果實の成熟に伴らカルシウムの存在形態の變化. *園學雜* 56(1) : 39~44.
- 문병우, 최종승. 1999. 굴 껍질로부터 추출한 칼슘화합물 처리에 의한 저장 중 사과 과실의 칼슘과 펙틴 및 에틸렌함량의 변화. *한국원예학회지* 40(2) : 217~220.
- 문병우, 최종승, 김기홍. 1999. 굴 껍질로부터 추출한 칼슘화합물 처리에 의한 저장 중 사과 과실의 세포벽 조성 및 세포벽분해효소 및 세포구조의 변화. *한국원예학회지* 40(3) : 345~349.
- 長崎縣果樹試驗場. 2000. 近年におけるカンキツ果實腐敗の發生狀況と防除對策. 農林水産省果樹試驗場 常綠果樹試驗研究成績概要集(病害編). pp.170~172.
- 中畝良二. 2000. 칸키ツ綠かび病菌의 藥劑耐性機構について. 農林水産省果樹試驗場 常綠果樹試驗研究成績概要集(病害編). pp.202~208.
- 남기웅, 권혁모. 1987. 온주밀감 저장성 향상에 관한 시험. *제주시험장 시험연구보고서*. pp.193~202.

- 농촌진흥청. 1997. 과수병해충. 표준영농교본. pp.192~197.
- 日本植物防疫協會. 1984. 칸킥츨類. 日本有用植物病目錄 3(2) : 1~12, 190.
- 農山漁村文化協會. 1985. 칸킥츨(貯藏管理). 農業技術大系(果樹編1). 東京. pp.353~370.
- 農山漁村文化協會. 1987. 原色果樹病害蟲百科(칸킥츨· 키우이). 東京. pp.71~96.
- 太田光輝. 2000. 靜岡縣における칸킥츨果實腐敗の發生狀況と防除對策. 農林水産省果樹試驗場 常綠果樹試驗研究成績概要集(病害編). pp.17~187.
- 박세원. 1999. 칼슘이 원예산물의 세포벽대사 및 숙성에 미치는 영향. 한국원예과학기술지 17(3) : 377~380.
- Poovaiah, B. W.. 1985. Role of calcium and calmodulin in plant growth and development. HortScience 20(3) : 347~351.
- Schafer, C. and J. Wostemeyer. 1992. Random primer dependent PCR differentiates aggressive from non-aggressive isolates of the oilseed rape Pathogen *Phoma lingam*(*Leptosphaeria amculans*). Phytopathology 136 : 124~136.
- 矢羽田第二郎, 大庭義材, 桑原 實. 1994(a). 完熟温州ミカンの長期貯藏 : 收穫時期及び貯藏溫度と障害果の發生. 1993年度 農林水産省果樹試驗場 常綠果樹試驗研究成績概要集. pp.807~808.
- 矢羽田第二郎, 大庭義材, 桑原 實. 1994(b). 完熟温州ミカンの長期貯藏 : 收穫時期及び貯藏溫度と果實品質. 1993年度 農林水産省果樹試驗場 常綠樹試驗研究成績概要集. pp.809~810.

白石雅也. 1987. ミカンの生育と診断. 農文協. pp.78~79.

静岡縣. 1996. 平成8年度 農作物病害蟲防除基準. 静岡縣農政部農業技術課.
pp.343~344.

静岡縣植物防疫協會. 1992. 寫真で見る農作物病害蟲診断ガイドブック.
星光社. 静岡. pp.196~200.

송장훈. 1997. 제주도 감귤병해 조사. 농작물 병해충조사사업 보고서.
농업과학기술원. pp.68~71.

橘 泰宣, 三好孝典. 1991. カンキツ緑かび病菌のチオファネートメチル剤に
對する感受成分布及びほ場における防除効果の確認. 愛媛縣立果樹試験場
試験成績書 : 112.

田中滿稔, 谷岡英明. 1987. Ca剤の撒布處理がユズの貯藏性に及ぼす影響,
常綠果樹試験研究成績概要集, pp.785~786.

田中彰一, 北島 博, 山田俊一, 岸 國平, 中島省二. 1954. 貯藏蜜柑の腐敗
防止に關する研究(第 5報) 貯藏蜜柑の腐敗に關する調査(2). 東海近畿農試
年報 4 : 37~43.

田代暢哉, 井下美加乃, 衛藤友紀. 1996. ベンズイミダゾール系藥劑高度
耐性カンキツ緑かび病菌の出現園における同系藥劑の防除効果の減退.
日本植物病理學會報 62 : 283.

田代暢哉, 納富麻子, 衛藤友紀. 1995. 早熟系早生温州等の緑かび病にお
けるベンズイミダゾール系藥劑耐性菌の出現. 九州農業研究 57 : 101.

田代暢哉. 2000. 緑かび病を主體としたカンキツ果實腐敗の多發生要因と
對策. 農林水産省果樹試験場 常綠果樹試験研究成績概要集(病害篇).
pp.179~187.

- Rohlf, F. J.. 1990. NTSYS-pc, numerical taxonomy and multivariate system. State Univ. of New York, Stony Book.
- 牛山鉞司. 1979. 칸킥트靑かび病菌・靑かび病菌의 초오휐네톨메틸, 베노밀劑耐性菌의 發生について. 神奈川縣園藝試驗場研究報告 26 : 1~6.
- Vander AA H. A.. 1973. Studies in phyllosticta I. 110 pp.
- Welsh, J. and M. McClelland. 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. Nucl. Acids Res. 18 : 7213~7218.
- Williams, J. G. K., A. R. Kubelik, K. J. Livak, J. A. Rafalski and S. V. Tingey. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Res. 18 : 6531~6535.
- Yoon, C. S.. 1992. Molecular systematics and population genetics of *Hypoxyton sensu* Miller using RAPD, Ph.D. Thesis. University of Illinois.
- 유화영, 이영희, 조원대, 김완규, 명인식, 진경식. 1993. 감귤나무 과수 병해 원색도감. 농업기술연구소. pp.129~147.

감사의 글

본 논문 연구와 대학원 과정 동안 세심한 조언과 지도를 해 주신 한해룡 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 바쁘신 가운데도 논문을 심사하고 교정하여 주신 제주대학교 백자훈 교수님, 문두길 교수님, 순천대학교 고영진 교수님, 제주농업시험장 권혁모 박사님, 항상 따뜻한 말씀으로 가르침을 주신 제주대학교 장전익 교수님, 박용봉 교수님, 소인섭 교수님, 강훈 교수님께도 감사를 드립니다.

또한 시험수행과 자료 제공 및 정리에 많은 도움을 주신 감귤시험장 현재욱 박사님, 제주도농업기술원 홍순영, 강종훈, 박영철, 이광주 선생님을 비롯한 직원 여러분 고맙습니다.

오늘에 이르기까지 물심양면으로 도와주시고 사랑과 믿음으로 항상 힘이 되어주는 가족들께도 감사를 드리며 이 영광을 함께 간직코자 합니다.