

석사학위논문

대미 감귤 수출단지에서 감귤궤양병
역학 연구

Epidemiological Studies of Citrus Canker on
Designated Mandarin Groves for Fruit
Export to USA in Korea



제주대학교 대학원

농 학 과

강 의 범

1999년 12월

대미 감귤 수출단지에서 감귤궤양병 역학 연구

指導教授 姜 榮 吉

康 益 範

위 論文을 農學碩士學位 論文으로 提出함

1999年 12月



康益範의 農學碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ 印

委 員 _____ 印

委 員 _____ 印

濟州大學校 大學院

1999年 12月

Epidemiological Studies of Citrus Canker on
Designated Mandarin Groves for Fruit
Export to USA in Korea

Ig-Beom Kang

(Supervised by professor Young-Kil Kang)



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

DEPARTMENT OF AGRICULTURE
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1999. 12.

목 차

Summary -----	1
I. 서 언 -----	4
II. 연구사 -----	6
III. 재료 및 방법	
1. 공시배지 및 균주-----	11
2. 포장선정 및 궤양병 발생 조사 -----	11
3. Bacteriophage 검출방법 및 밀도조사-----	14
IV. 결 과	
1. 감귤궤양병 발생 조사 -----	15
2. 월동 감귤잎에서 bacteriophage 검출 -----	18
3. 봄에 발생한 감귤잎에서 bacteriophage 검출 -----	20
4. 여름에 발생한 감귤잎에서 bacteriophage 검출 -----	23
V. 고 찰 -----	25
VI. 적 요 -----	31
참고문헌 -----	33
Appendix(1~10) -----	41

Summary

To understand biology of citrus canker(*Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*(Hasse) Vauterin et al.) and relationship between disease occurrence and the number of bacteriophages on the designated mandarin groves for fruit export to USA, disease severities and detections of bacteriophage plaques at different stages in the three designated export areas were determined. The results obtained are as follows:

1 There were differences in disease severities on the overwintering leaves of *Citrus unshiu* among the designated export areas, but, no difference between chemical treatment and no chemical treatment due to drop of infected leaves during winter. Disease severity on the *Citrus natsudaidai* was much higher than on *Citrus unshiu*.

2 Disease occurred from early July to early August on the newly produced spring leaves of *Citrus unshiu*. In July, disease severities ranged from 1.5% to 1.8% on the chemical treatment, and 3.6% to 4.9% on no chemical treatment fields. However, in August, disease severities were increased from 2.1% to 3.8% on chemical treatment, and from 48% to 63% on the no chemical treatment fields. On summer leaves of *Citrus unshiu*, disease severities ranged from 6.4% to 7.4% on chemical treatment, and from 6.3% to 13.7% on the no chemical treatment fields. Disease severities on *Citrus natsudaidai* which ranged from 10.9% to 14.6% were higher than those of *Citrus unshiu*.

3. Bacteriophage plaques could detected on the overwintering leaves in early June. Populations of bacteriophage per 1g of leaves were counted 10^1 plaques on the healthy and diseased leaves from the healthy and chemical treatment fields. However, bacteriophage plaques were populated 10^2 to 10^3 on the leaves from

no chemical treatment and *Citrus natsudaidai* fields which were as much as 10 to 100 folds of bacteriophage populations from the leaves chemical treatment field. Detections of bacteriophage population greatly decreased on the overwintering leaves from late June.

4. Populations of bacteriophage on the spring leaves in June were detected 10^1 , 10^2 and 10^3 plaques at the fields of healthy, chemical treatment and no chemical treatment and *Citrus natsudaidai*, respectively. However, in early July, populations of bacteriophage on the healthy leaves at healthy and chemical treatment fields were counted 10^1 plaques, and counted 10^2 on the leaves at chemical treatment and *Citrus natsudaidai* fields. They were rapidly decreased from late July. On the diseased leaves, bacteriophage plaques were detected 10^3 at all fields which were maintained until September due to the typhoon in early August.

5. At the healthy field, bacteriophage plaques were populated 10^2 on summer leaves. Bacteriophage plaques were detected 10^3 in August, and detected 10^4 and 10^5 at September on the healthy leaves at chemical treatment and no chemical treatment fields, respectively. But, on the diseased leaves bacteriophage plaques were increased 10^4 and 10^5 in August at chemical treatment and no chemical treatment fields, respectively. They were also detected 10^7 and 10^8 plaques in September.

6. Disease severities on the overwintering leaves were significantly related to bacteriophage populations on the spring leaves in June which had no canker disease yet, and high significantly related to bacteriophage populations on the diseased spring leaves in July.

7. Disease severities on the spring leaves in July were significantly related to

bacteriophage population on the healthy and diseased spring leaves in early July, and high significantly related on the healthy and diseased summer leaves in August and September.

8. Disease severities on the spring leaves in August were only significantly related to bacteriophage populations on the diseased spring leaves in August and september. But, disease severities were significantly related to all detections of bacteriophage plaques on the summer leaves.

9 Disease severities on the summer leaves at September were also significantly related to detections of the diseased and healthy spring leaves and the diseased summer leaves in September.



I. 서 언

상록과수인 감귤류는 운향과(*Rutaceae*)에 속하고 크게 만다린류(온주밀감), 오렌지류, 레몬류, 라임류, 그레이프후르트, 기타 감귤류로 구분할 수 있으며 이 중 우리나라에 재배하고 있는 감귤은 주로 만다린류에 속하는 온주밀감으로 감귤류 전체 재배면적의 98%를 차지하고 있다

우리나라의 감귤은 1965년 생산량 1천톤에 불과했으나 1968년부터 정부의 농가소득 증대 지원 육성에 따라 생산량이 계속 증가되어 1998년도에는 25,800ha에서 512천톤이 생산되었고 (제주도, 1965~1997; 농림부, 1999) 우리나라의 대표 과수로 자리잡게 되었으며 제주농업 총생산액의 절반 이상을 차지하는 중요한 기간작목이 되었다(제주농협지역본부, 1998).

그러나 감귤이 수요를 넘는 생산 구조로 성장함에 따라 해거리에 따른 과잉생산 등으로 주기적인 가격폭락을 겪고 있어 가격안정이 중요한 문제로 대두되고 있다.

감귤 수출은 1989년까지 연간 10M/T이내 였으나 1990년 캐나다 등에 178M/T이 수출되어 해외에서 좋은 반응이 보임에 따라 대량 수출 가능성이 높은 작목으로 등장하게 되어 현재는 8개국에 연간 6,287M/T이 수출되고 있다(식검, 1999)

WTO/SPS 협정 등 국제 검역 기준에 따라 감귤이 비생산국인 캐나다와 동남아 등으로의 수출은 검역상 별문제가 없으나 궤양병에 약한 감귤을 생산하고 있는 미국 등에서는 자국의 감귤산업을 보호하기 위하여 궤양병을 검역병해충(Quarantine pest)으로 지정하여(CABI와 EPPO, 1992; NAPPO, 1995) 궤양병 분포지역인 우리나라, 일본, 동남아, 남미 등으로부터 기주식물인 운향과에 속하는 모든 과실류의 수입을 금지하고 있어 감귤을 미국으로 수출할 수가 없었다. 그러나 1995년부터 한국산 온주밀감에 대해서 궤양병 무병 생산단지 지정 및 완충지대 설정, bacteriophage test, 선과후 선적까지의 안전 조치 등의 조건으로 한·미 식물 검역 협정(식검, 1999)이 이루어져서 현재 제주도 6개 지역(223ha)에 대미 감귤 수출단지가 조성되어 280농가가 수출에 참여하여 1998년까지 1,674.4M/T이 미국으로 수출되었다

대미 감귤 수출단지에는 궤양병 발생이 없어야 하지만 일부 과수원에는 병이 발생되고 있어 방제대책 등 효과적인 관리 방안을 마련하는 것이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구는 대미 감귤 수출단지의 포장에서 시기별 궤양병 발생 정도와 bacteriophage 밀도조사 및 감귤궤양병 발생과 bacteriophage 밀도와의 관계를 구명하여 감귤궤양병의 발생 생태를 이해하고 궤양병 발생 예찰 및 방제의 기초 자료로 활용하고자 수행하였다.



II. 연구사

감귤궤양병은 Hasse(1915)에 의해서 최초로 미국 플로리다의 오렌지류에 발생한 세균병을 citrus canker로 명명하였으며 병원세균을 분리 동정하여 *Pseudomonas citri* Hasse로 보고되었다. 또한 Berger 등(1914)은 플로리다에 발생한 감귤궤양병은 대목으로 사용하기 위하여 수입된 *Poncirus trifoliata*(탱자나무)의 묘목을 일본으로부터 수입함으로써 전파되었다고 하였다. Fawcett와 Jenkins(1933)가 1823년에 인도에서 수집한 감귤류 식물표본에서 감귤궤양병을 발견하였고 Fawcett(1936)는 30여개국에서의 발생을 보고하였으며 그 기원을 동남아시아 지역으로 추정하였다. 그 후 많은 학자들에 의하여 학명이 바뀌어 불려지고 있는데 Doidge(1916)는 *Bacterium citri*, Holland(1920)는 *Bacillus citri*, Bergey 등(1923)은 *Phytomonas citri*로 명명한 바 있다. Dowson(1939)은 기주-병원균 반응의 개념을 근거로 *Xanthomonas citri* (Hasse) Dowson로 재명명하여 70년대까지 사용되어왔다 Dye 등(1978)은 병원균의 기본 생리적 특성에 의하여 재분류하고 병원성의 차이는 병원형(pathovar)의 개념을 도입하여 *Xanthomonas* 속의 병원균을 재분류하였는데 감귤궤양병균은 *X. campestris* (Pammel) Dowson pv. *citri* (Hasse) Dye로 명명하였다.

그 후 감귤궤양병균은 기주범위, 발생지역, 혈청반응, phage type 등을 근거로 이 병원균을 pathotype A(Asiatic citrus canker or canker A), pathotype B(Cancrosis B or canker B), pathotype C(Mexican lime cancrrosis or canker C)와 pathotype D(Bacteriosis or canker D)의 4가지의 pathotype(Carrera, 1933; Civerolo, 1984; Civerolo와 Fan, 1982; Namekata와 Oliveira, 1972; Rodriguez 등, 1985, Stall과 Seymour, 1983)과 미국 플로리다 지역의 오렌지 유묘에 세균성 반점병을 일으키는 병원균을 pathotype E(canker E) 또는 *X. c. pv. citrumelo*로 최근까지 불려져 왔다 (Permer와 Gottwald, 1989). Vauterin 등(1995)은 기본적인 생리적 반응만으로서 많은 *X. campestris* pv 종 세균들을 1개의 종으로 분류되는 불합리성을 DNA-DNA 상동성과 biolog automated system 내의 영양원 이용양상 등을 근거로 *X. c. pv.* 종의 세균을 20개의 종으로 재분류하였는데 그 중 *X. c. pv. citri*의 pathotype A는 *X. axonopodis* pv. *citri*로 pathotype B, C, D는 *X. a. pv. aurantifolii*로 pathotype E(*X. c. pv. citrumelo*)는 *X. a. pv. citrumelo*로 분류되어 현재까지 사용되고 있다.

동남아시아 지역의 원산지로 추정되는 pathotype A에 의한 감귤궤양병은 주로 잎에 발생하지만 심할 경우에는 과실이나 어린 가지에도 발생하고, 감염은 잎과 줄기가 자라기 시작한 6주 이내에 이루어지며, 그 후에는 병원균에 감염되어도 병발생이 안되거나 아주 작은 돌기(inconspicuous pustule)만이 형성된다. 병징은 작은 반점(pinpoint spot)으로 시작되어 2~10mm의 원형반점이 되며 병징이 융합에 의해 불규칙하게 되기도 한다. 병이 심하게 발생된 포장에서는 낙엽이나 낙과도 되지만, 주로 이병과는 수확기까지 남아 있어 상품가치를 떨어뜨리고 또한 다른 지역으로 병원균을 전파시킬 수 있다고 하였다(Stall, 1989). Carrera(1933)는 아르헨티나에서 pathotype A와 비슷한 병징을 보고하였다. 그러나 Fawcett(1936)는 포장에서 레몬은 이병성을 보였으나 그레이프후르트와 스위트오렌지는 병발생이 적게 나타난 것으로 보아 canker A와는 다르다고 하였고 후에 Bittancourt(1957)는 이 병원균을 cancrrosis B라고 하였다. 또한 Namekata와 Oliveira(1972)는 브라질에서 Mexican lime에만 궤양병이 발생하는 것을 보고하였고 이 병원균은 형태적 생리적으로는 canker A와 같으나 병원성에 있어서 다르고 bacteriophage에 대한 반응도 canker A와 달라서 canker C라고 하였다. 그리고 1981년 멕시코에서도 Mexican lime에 canker A와 비슷한 병징이 발견되었는데, 이 균은 잎에만 병징이 발생하고 과실에는 병발생이 안되었으며 인근 다른 품종에는 병발생이 아주 적어 이 병원균은 canker D라 명명되었다(Rodriquez 등, 1985, Schoulties 등, 1987).

감귤궤양병(pathotype A)에 이병성인 품종에는 그레이프후르트, 키 라임, 탕자, 레몬, 스위트오렌지(Stall, 1989; Hayward와 Waterston, 1964)가 있으며 제주도에 재배되고 있는 온주밀감류(만다린)는 중도 저항성으로 알려져 있다. 그러나 문 등(1995)은 온주밀감의 잎에는 6월부터 병이 발생되어 최고 이병엽율 2.5%이었으며 과실에도 7월부터 발생하여 1.4%까지 발병되었다고 하였다. 또한 오렌지와 만감류에서의 병 발생은 온주밀감보다 월등히 높아 이병엽율이 오렌지류에서 12.2%, 하귤에서 15.6%까지 발병되었고 이병과율에 있어서도 오렌지류에서 12.2%, 그레이프후르트에서 11.1%의 이병과율을 보였다고 하였다 또한 이 등(1998)은 궤양병 무방제 시 온주밀감과 오렌지 각각에서 15%와 70%까지 높은 이병율을 보고하였다

이병성 품종인 오렌지류, 레몬, 그레이프후르트 등을 재배하고 있는 미국 등 서구 지역에서는 궤양병에 의한 피해가 보고되었는데, 미국에서는 1912년에 일본으로 부

터 대목용 탱자나무 묘목에 의해 옮겨져 플로리다에서 발생되었으며(Berger 등, 1914), 주변 5개주로 전파되었는데 1933년까지 플로리다에서는 수백만불의 비용을 들여 27만 그루의 성목 그리고 3백만 그루의 묘목을 소각함으로써 이 병이 박멸된 바 있고 다른 지역에서도 1947년까지 많은 비용과 시간을 들여 미국 전역에서 박멸 하였다(Loucks, 1934; Schoulties 등, 1987). 또한 1984년에 플로리다 지역에서 재발생되어 박멸하는데 1986년까지 25백만불이 소요 되었다는 보고가 있다(Stall과 Civerolo, 1991; CABI와 EPPO, 1992). 그 후 1992년과 1995년에도 발생 되어 플로리다 여러 지역으로 확산되었으며 80억불 상당의 감귤산업에 피해가 예상되자 현재 막대한 비용을 들여 공식적으로 박멸활동 중이다(식검, 1999). 그 이외의 호주, 뉴질랜드, 남아공, 모잠비크, 우루과이에서도 궤양병이 발생되어 많은 비용과 시간을 소비하여 박멸한 바 있다(Stall과 Civerolo, 1991; CABI와 EPPO, 1992; Commonwealth of Australia, 1984). *X. a. pv. citri*균이 분포하고 있는 아시아지역의 감귤류 재배 지역에서는 궤양병에 약한 오렌지, 레몬, 자몽 등 경제적 가치를 갖는 감귤류 뿐만 아니라 궤양병균의 기주인 여러 가지 감귤류들이 자생되고 있어 상업적으로 재배되는 감귤류에 심각한 경제적 손실을 일으키기 때문에(Civerolo, 1984; Stall과 Seymour, 1983) *X. a. pv. citri*는 국제적 검역병해충(Quarantine pest)으로 지정되어 있다(CABI와 EPPO, 1992).

식물 병원세균을 직접 검출하는 방법으로는 일반적으로 사용하는 선택배지를 이용하여 병원균을 분리하는 방법이 과거에 많이 사용되었는데 이는 많은 시간과 노력이 필요하고 사용범위에도 제한되어 특히 병징이 없이 존재하는 병원균들(epiphytics)에는 어려움이 있다(Schaad와 Forster, 1985). 간접적으로 병원세균을 검출하는 방법으로는 여러 가지 방법이 있는데 여기에는 혈청학적인 방법을 이용하여 콩 불마름병원균인 *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicolar* 검출에 많이 이용하는 agglutination tests(Guthrie 등, 1965), *X. c. pv. phaseoli*에 많이 이용하는 agar diffusion 방법, 십자화과 작물에 흑부병원균인 *X. c. pv. campestris*에 많이 이용하는 immunofluorescence(IF) 방법(Schaad와 Donaldson, 1980)과 많은 병원세균에 이용되는 ELISA 검정방법(van Vuurde 등, 1983) 등이 있고, DNA probe를 이용하여 여러 가지 세균들에 대한 간접 검출 방법(Schaad 등, 1986)이 주로 이용되고 있으며 특히 병원체 검출에 제한되고 있는 세균의 정체를 추적하는 방법도 새롭

게 개발되고 있다(Gitaitis 등, 1989) Bacteriophage도 여러 가지 병원세균 검출에 이용되고 있는데 여기에는 고추 궤양병균, 더넝이병균(Ercolani, 1968), 콩 불마름병균(Sutton과 Katznelson, 1953)과 벼 흰잎마름병균(Webster 등, 1983) 등에서 병원균 검출에 이용한 보고가 있다. 그러나 bacteriophage를 이용하여 병원균 검출에는 같은 병원균이라 할지라도 균주에 따라서 그 반응(sensitivity)이 다른 경우가 있어 잘못 검출 할 수가 있다 그러나 이런 방법들은 실질적인 증명과 결과 해석에 어려움이 있으나 빠르고 비용이 적게들며 대량검출이 가능하기 때문에 많이 사용되고 있다(Saettler 등, 1989) 또한 Hartung(1992)과 Alvarez 등(1991)과 Civerolo(1984)는 다른 병원세균에 사용하는 방법들을 이용하여 *X. a. pv. citri*도 검출하거나 진단하는 방법을 개발하여 왔다.

Bacteriophage를 이용하여 세균 연구를 시작한 것은 1918년 D'Herelle 이었으며 그는 또한 bacteriophage의 역할까지 구명하였다. 그 당시 연구는 주로 동물병원세균을 대상으로 연구되었고 식물병원세균은 사과·배 화상병균(*Erwinia amylovora*)과 각종 채소류에 연부병을 일으키는 *E. carotovora* subsp. *carotovora*와 *E. c.* subsp. *atroseptica*을 대상으로 연구되었다(Coons와 Cotila, 1925). 그 후 일본에서는 1950년대 초에 벼흰잎마름병균(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*)에 bacteriophage를 이용하여 병발생, 예찰, 병원균 월동 및 phage의 group을 분류하고 병방제에 이용하려는 연구가 주로 이루어 졌고(Goto, 1965), Tagami(1959)는 벼 재배 논에서 세균병 발생이 bacteriophage 검출량과 밀접한 관계가 있다는 것을 밝혔다.

감귤궤양병균에 대한 bacteriophage 연구는 1933년 인도에서 Uppal에 의하여 처음 분리 보고하였으며 일본에서는 Matsumoto와 Okabe(1937)에 의하여 이병된 감귤잎과 토양에서 처음 분리 한 바 있고, Wakimoto(1960)에 의해 구주지방에서 분리하여 CP₁ phage라 명명하였다 벼흰잎마름병균 bacteriophage 연구기술이 감귤궤양병균에 적용되면서 1960년대 감귤궤양병균에 대한 bacteriophage 연구가 다양하게 이루어 졌는데 Wakimoto(1967)는 41균주의 감귤궤양병균과 분리지역이 다른 42개의 phage에 대한 특성구명을 하여 phage는 2개(CP₁, CP₂)의 group으로 나누고 궤양병균은 3개의 lysotype으로 구별하였다. 또한 bacteriophage에 의해서 궤양병균의 colony 형태 변화, 병원성 차이, 세포기질의 변화 등 병원균 유전자를 전위시키는 vector로서의 역할까지 하고 있음을 보고하였다(Wu, 1972a, 1972b; Goto와 Starr, 1972b).

Bacteriophage를 이용하여 일본의 감귤 수출지역에 대한 병원균 strain의 분포 (Obata, 1974), 병원균이 잡초, 토양 및 감귤뿌리의 표면에서 부생적 생존(Goto 등, 1975), *Xanthomonas*속 균에서 다른 병원균들과의 기주관계 등의 연구가 이루어졌다(Goto와 Starr, 1972a) 우리나라에서는 명 등(1995b)이 제주도 감귤재배지역의 phagetype을 조사하였으며 또한 부생적으로 감귤 잎이나 과실에 존재하는 감귤퀘양병균을 검출할 수 있는 phage(CPK-P5)를 선발 보고하여(명 등, 1995a), 1995년부터 대미 수출용 감귤과실에 존재하는 퀘양병균 유, 무를 판정하는 방법으로 사용되고 있으며 미국도 이를 인정 현재 수출검사에 활용하고 있다.



Ⅲ. 재료 및 방법

1. 공시 배지 및 균주

공시배지로 반합성배지인 Wakimoto potato semi-synthetic agar(WPSA)를 사용하였으며 궤양병원균 및 과지배양을 위한 배지조제는 2,000ml 삼각플라스크에 증류수 1,000ml와 감자 300g을 넣은 후 121℃의 고압살균기에서 20~30분간 끓여 1,000 ml 매스실린더에서 여러 겹의 거어즈로 여과한 액에 증류수를 보충하여 1,000ml를 만들었다 여기에 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 2.0g, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.5g, Peptone 5.0g, Sugar 20.0g을 각각 넣어 배지액을 pH 6.5로 조정하였다. WPSA배지(basal medium)는 bacto agar 15.0g, WPSSA배지(soft agar)는 bacto agar 7.5g 넣었으며, WPSB배지(broth)는 bacto agar를 빼고 조제하였다. WPSSA배지는 48~50℃ water bath에 정치하여 굳는 것을 방지하여 사용하였다.

공시 균주 *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*는 농촌진흥청 농업과학기술원에서 분양받은 XCK 9367 균주를 직경 9cm의 멸균 petridish에 미리 조제하여 만든 WPSA 배지에서 항온기($26 \pm 1^\circ\text{C}$)에 48시간동안 배양한 colony를 WPSB배지에 10^8 정도 희석하여 사용하였다.

2. 포장선정 및 궤양병 발생조사

조사지역은 1997년까지 대미 감귤 수출단지로 지정된 제주시 해안동, 서귀포시 상예동, 북제주군 한경면 청수리 및 애월읍 상가리, 남제주군 대정읍 안성리 및 남원읍 의귀리를 대상으로 1998년에 궤양병 발병 유·무를 조사하였고 또한 이병주율은 포장별, 나무수령별로 조사하였다. 하귤은 수출단지 주변의 나무를 대상으로 조사하였다(표1, 표2) 시험지역 선정은 발병조사를 기초로 하여 발병율이 가장 높은 북제주군 애월읍 상가리와 중간 정도인 제주시 해안동, 발병율이 가장 낮은 남제주군 남원읍 의귀리를 선정하였으며, 지역별 포장선정은 상가수출단지에서 10년생이하, 해안수출단지와 의귀수출단지에서 10~15년생을 대상으로 궤양병 무방제 포장, 궤양병 방제포장, 궤양병 무발생 포장을 지역별로 1개씩 선정하였으며 하귤에 대해서는

'98년도 조사한 나무를 실험 대상으로 선정하였다.

'98년도의 궤양병 조사는 「한국산 감귤 생과실의 대미수출 검역 요건」에 의한 낙화후 재배지 검사시기인 7월에 수행하였다. '99년도에 온주밀감 및 하귤의 궤양병 발생포장에서 온주밀감 월동잎에 대한 조사는 5월 상순(봄순발아기)에 새잎에 대해서는 7월 상순(경화기)과 8월 상순(여름순 신장기), 9월 상순(정지기)에 각각 조사하였다. 발병조사는 수출단지내 온주밀감을 대상으로 이병주율을 조사하였고, 이병엽율은 선정된 포장에서 궤양병 이병주 5~10주를 선정하여 주당 4방향에서 200엽씩 조사하였다.

Table 1. The number of diseased fields of the designated fields at six areas in Cheju for citrus fruit export to USA in 1998

Area	No. of diseased fields/no. of surveyed fields			Total
	<10 years old	10~15 years old	>15 years old	
Cheju Haean	1/8	2/8	1/8	4/24
Sogwipo Sangyae	0/8	0/8	0/8	0/24
Bugcheju Chongsu	1/4	2/4	1/11	4/19
Bugcheju Sangga	3/8	2/8	1/8	6/24
Namcheju Ansong	0/8	0/8	0/8	0/24
Namcheju Uigwi	0/4	2/10	0/10	2/24

Table 2. Disease incidence of *Citrus unshiu* of the designated fruit export fields of six areas in Cheju in 1998

Area	No. of diseased trees/no. of surveyed trees				
	<i>Citrus unshiu</i>				<i>Citrus natsudaidai</i> ^a
	<10years old	10~15years old	>15years old	Total	
Cheju Haean	4/160	8/160	6/160	18/480	14/20
Sogwipo Sangyae	0/160	0/160	0/160	0/480	18/24
Bugcheju Chongsu	9/ 80	10/240	1/ 80	20/400	20/24
Bugcheju Sangga	6/160	5/160	3/160	15/480	24/24
Namcheju Ansung	0/160	0/160	0/160	0/480	16/21
Namcheju Uigwi	0/200	8/200	0/ 80	8/480	16/24

^a Grown in the periphery of the designated fruit export fields

감귤퀘양병 방제구와 무발생구는 관행재배방법에 따라 약제살포를 실시하였으며, 살포시기와 살포농약은 봄순 발아기인 4월 중순(4.11~4.13)에 석회보르도액 5-5식, 봄순 생육 최성기인 6월 중순(6.13~6.15)에 농용신수화제 1,000배액, 여름순 신장기 이고 태풍 "올가" 내습후인 8월 상순(8.4~8.6)에 농용신수화제 1,000배액을 3개 수 출단지 방제구별로 각각 3회 충분히 살포하였다. 그러나 퀘양병 무방제구와 하귤 시험구는 퀘양병 방제용 약제는 살포하지 않았으나 기타 병해·충에 대해서는 관행 방법에 의해 방제하였다.

3. Bacteriophage 검출방법 및 밀도조사

Bacteriophage 검출은 실험 포장내의 조사대상 나무를 기준으로 하여 대각선 방향으로 각 나무에서 3~5잎을 채취하여 골고루 섞은 다음 밀폐된 비닐봉지에 포장하여 아이스박스에 넣어서 실험실로 냉장 운반하였다. 실험실에서는 살균한 250ml 삼각플라스크에 증류수 50ml을 넣고 채취한 감귤잎 3g을 5~7등분으로 잘라 넣었다. 25℃의 진탕배양기 (210~220rpm)에서 1시간 동안 진탕한 다음, 시험관에 주사기로 세척액 10ml을 0.2 μ m membrane filter로 여과시켜 파지액으로 사용하였다.

WPSSA 배지 9ml를 넣은 시험관에 파지액 1ml와 XCK 9367균주 배양액 0.2ml를 첨가하여 다시 WPSA배지에 2ml씩 분주하고, 항온기(26 \pm 1℃)에서 18~20시간 배양 후 콜로니계수기에서 2ml당 bacteriophage plaque를 계수한 후 감귤잎 1g당 파지수를 산출하였으며, 9반복으로 시험을 실시하였다(명 등, 1995a).

파지밀도조사를 위해 감귤나무에서 그늘진 곳에 가까운 잎을 지상으로부터 온주밀감은 1m 정도, 하귤은 2m 정도의 높이에서 잎을 채취하였다. 온주밀감 월동잎의 이병잎과 무병잎, 봄순의 이병잎과 무병잎, 여름순의 이병잎과 무병잎으로 구분하여 각각 조사하였고, 온주밀감의 궤양병 무발생 포장에서는 병반이 없는 월동잎과 봄순잎, 여름순잎을 조사하였다. 하귤에서는 월동잎과 봄순잎에서만 조사하였는데 여름순은 발생하지 않아서 조사하지 않았다.

조사시기는 봄순 발아신장기인 5월 상순(5.8~5.12), 봄순 신장기인 5월 하순(5.25~5.26), 봄순 신장최성기인 6월 상순(6.5~6.10), 봄순 신장정지 및 경화기인 6월 하순(6.22~6.24), 봄순 완전 경화기인 7월 상순(7.6~7.7), 여름순 발아기인 7월 하순(7.23~7.25), 여름순 발아신장기인 8월 상순(8.3~8.5), 여름순 신장 정지기인 8월 하순(8.28~8.31), 여름순 완전경화기인 9월 중순(9.15~9.17)에 9회 조사하였다.

Data 분석은 Gomez and Gomez(1984)의 농업연구를 위한 분석방법에 의하여 수행하였으며, 각 시기별로 조사된 bacteriophage 수의 ANOVA 및 던칸다중검정(DMRT)을 위하여 농촌진흥청 컴퓨터의 SAS program을 이용하였다. 또한 각 시기별 병발생이 bacteriophage 수에 미치는 영향은 회귀분석(regression analysis)방법에 의해 분석하였으며 유의차 검정은 각 변수간에 ANOVA 분석을 하여 F 검정으로 유의차 수준을 결정하였다.

IV. 결 과

1. 감귤궤양병 발생조사

가. 월동잎에 대한 감귤궤양병 조사

'98년도 대미 감귤 수출단지에 대한 감귤궤양병 조사결과(표 1, 표 2)에 의해 실험 포장으로 선정된 제주시 해안동, 북제주군 애월읍 상가리 및 남제주군 남원읍 의귀리의 포장에서 온주밀감 및 하귤의 월동잎에 발생한 감귤궤양병(그림 1A) 조사 결과는 표 3에서 보는 바와 같다. 이병엽율은 하귤에서 3개 지역 모두 100%를 보였으나 온주밀감에서는 26.7~58.3%로 시험지역간의 차이는 많았으나 약제방제구와 무방제구와는 큰 차이가 없었다. 그러나 온주밀감의 이병엽율은 약제방제구에서 2.1~5.5%이었고, 약제무방제구에서 2.2~4.6%로 서로 비슷한 이병엽율을 보였으나 하귤에서는 5.8~13.8%로 온주밀감보다 높은 이병엽율을 보였다.

Table 3. Disease incidences and severities on overwintering citrus leaves at the designated fruit export fields of Haean, Sangga and Uigwi areas in early May in 1999

Species	Chemical treatment	Disease incidence(%) ^a			Disease severity(%) ^b		
		Haean	Sangga	Uigwi	Haean	Sangga	Uigwi
<i>Citrus unshiu</i>	Yes	28.3	58.3	26.7	2.1	5.5	2.6
	No	35.0	51.7	30.0	2.2	4.6	2.3
<i>Citrus natsudaikai</i>	No	100	100	100	5.8	13.8	8.4

^a $\frac{\text{No. of diseased trees}}{\text{No. of surveyed trees}} \times 100$

^b $\frac{\text{No. of diseased leaves}}{\text{No. of surveyed leaves}} \times 100$

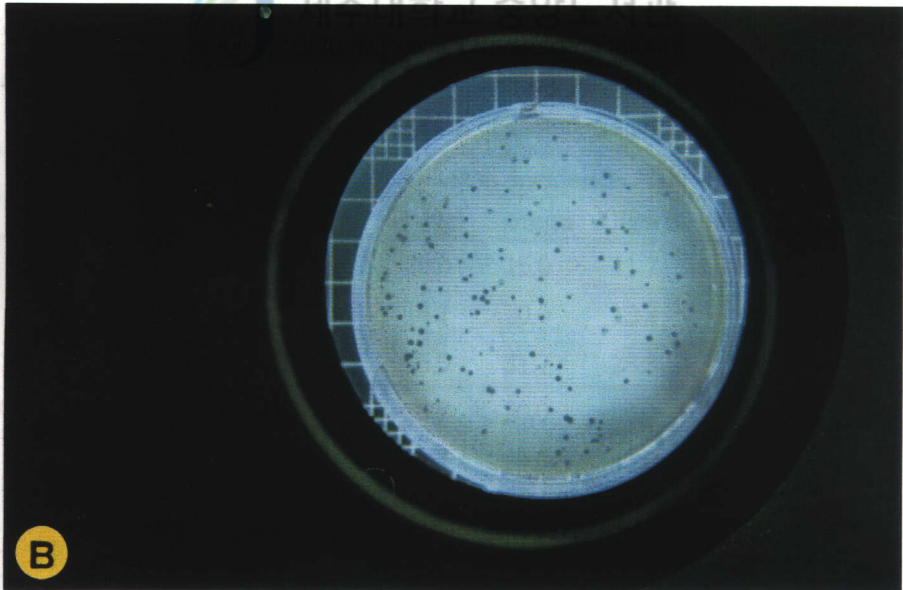


Figure 1. Disease symptoms of citrus canker (A) and Bacteriophage plaques(B)

나. '99년 발생일에 대한 감귤케양병 조사

3개 지역의 실험포장에서 봄순잎에 대한 케양병 발병조사는 온주밀감 및 하귤 모두 7월, 8월에 조사하였다. 여름순에 대한 케양병 발병조사는 온주밀감에서는 9월에 한차례 하였으며, 조사결과는 표 4에서 보는 바와 같다. 하귤에서는 여름순 발생이 없어서 조사하지 못하였다.

봄순에 대한 온주밀감의 케양병 발생은 약제방제구에서 7월에 이병주율이 10.0~15.0%, 이병엽율은 1.5~1.8%였으나 8월에 이병주율은 13.3~20.0%이며, 이병엽율은 2.1~3.8%로서 발병이 많이 증가하였다. 그러나 약제무방제구에서 7월에 이병주율은 16.7~30.0%였고, 이병엽율은 3.6~4.9%였으며 또한 8월에 이병주율은 19.7~40.0%이고 이병엽율이 4.8~6.3%로서 약제방제구에 비하여 높은 발병율을 보였다. 그러나 하귤에서는 조사 3개 지역 모두에서 이병엽율이 온주밀감에 비하여 월등히 높았다. 여름순에 대한 케양병 발생은 약제방제구에서 9월에 이병주율이 25.0~31.7%였고 이병엽율은 6.3~7.4%로서 봄순에 비하여 8월초 태풍 "올가"(부표 4, 9)의 영향으로 발병이 많이 증가되었다. 약제무방제구 또한 발병주율이 48.3~51.7%이며 이병엽율은 8.8~13.7%로서 약제방제구보다 병 발생이 아주 많았다.

Table 4. Disease incidences and severities on newly produced citrus leaves at the designated fruit export fields of Haeon, Sangga and Uigwi areas in 1999

Species	Chemical treatment	Date of survey ^a	Disease incidence(%)			Disease severity(%)		
			Haeon	Sangga	Uigwi	Haeon	Sangga	Uigwi
<i>Citrus unshiu</i>		July	10.0	15.0	11.7	1.8	1.5	1.5
	Yes	Aug.	16.7	20.0	13.3	2.1	3.2	3.8
		Sept	25.0	31.7	28.3	6.5	6.3	7.4
	No	July	16.7	20.0	30.0	3.6	4.9	4.0
		Aug.	19.7	20.0	40.0	4.8	6.3	5.6
<i>Citrus natsudaidai</i> ^b		Sept.	48.3	58.3	51.7	8.8	9.3	13.7
		July	-	-	-	9.9	12.8	12.1
	No	Aug.	-	-	-	10.9	14.6	12.9
		Sept.	-	-	-	-	-	-

^a July and August . Disease scored on newly produced spring leaves
September . Disease scored on newly produced summer leaves.

^b Grown in the periphery of the designated fruit export fields

2. 월동 감귤잎에서 bacteriophage 검출

가. 무발생 월동잎에서 bacteriophage 검출

3개 조사지역의 건전포장, 약제처리한 발병포장, 무방제 발병포장 및 하귤포장의 월동한 건전잎에서 bacteriophage를 명 등(1995a)의 방법에 의하여 검출한 결과(그림 1B), 5월초순과 5월하순에는 3개 지역의 모든 처리구에서 phage가 검출되지 않았다(표 5). 그러나 6월초에는 phage가 검출되었는데 건전포장에서는 1g의 잎에서 최고 37개로 낮은 수의 phage가 검출되었으며, 방제구의 발병포장에서는 평균 46~83개의 phage가 검출되었고 무방제구에서는 472~2,453개가 검출되었으며 하귤에서도 292~870개의 phage가 검출되어 방제구에 비하여 증가하는 경향이였다. 이상의 검출 결과는 건전구와 약제방제구에서는 지역간에 유의차를 보이지 않았지만 무방제구와 하귤포장에서는 지역간에 차이가 있었다. 6월말에 건전포장과 하귤포장에서는 phage가 검출되지 않았으나 온주밀감의 발병포장에서는 0~55개의 적은 수의 phage가 검출되었고 7월초 이 후에는 phage 검출이 없었다.

Table 5. The number of bacteriophage plaques on healthy overwintering citrus leaves at the designated fruit export fields of three areas in 1999

Species	Field	Chemical treatment	Area	No. of plaques per 1g leaves				
				Early May	Late May	Early June	Late June	Early July
<i>Citrus unshiu</i>	Healthy	Yes	Haean	0	0	27e ^d	0	0
			Sangga	0	0	9e	0	0
			Uigwi	0	0	37e	0	0
	Diseased	Yes	Haean	0	0	83e	27	0
			Sangga	0	0	46e	27	0
			Uigwi	0	0	46e	55	0
		No	Haean	0	0	791b	27	0
			Sangga	0	0	472c	55	0
			Uigwi	0	0	2,453a	0	0
<i>Citrus natsudaoidai</i> ^b	Diseased	No	Haean	0	0	796b	0	0
			Sangga	0	0	292d	0	0
			Uigwi	0	0	870b	0	0

^a Means followed by the same letters in each column are not significantly different ($P=0.01$) by Duncan's multiple range test

^b Grown in the periphery of the designated fruit export fields

나. 병발생 월동잎에서 bacteriophage 검출

3개 지역의 조사포장에서 온주밀감과 하귤의 병발생된 월동잎에서 bacteriophage 검출을 5월초부터 7월초까지 조사한 결과 3개 지역 모두에서 5월초 및 5월 하순에는 phage 검출이 안되었다(표 6). 6월초에 phage가 처음 검출되었는데 약제방제구에서는 상가에서 잎 1g당 18개의 phage가 검출되어 가장 적었고 의귀에서 73개의 phage가 검출되어 가장 많았지만 지역간 차이는 보이지 않았으며 건전 잎에서의 phage 수와 비슷하였다. 그러나 무방제구에서는 해안에서 1g의 잎에서 509개의 phage가 검출되어 가장 적었고 의귀에서 1,815개의 phage가 검출되어 가장 많았으며 지역간 phage 수에 유의차가 있었고 약제방제구에 비하여 적게는 10배에서 많게는 100배에 이르는 것이다. 또한 하귤잎에서도 phage 수가 472개에서 750개가 검출되어 온주밀감 포장의 무방제구와 같은 경향이였다. 그러나 6월하순에는 phage 검출이 급격히 떨어졌으며 하귤잎에서는 phage가 검출되지 않았다. 그리고 7월초에는 모든 처리구에서 phage가 검출되지 않았다.

Table 6. The number of bacteriophage plaques on diseased overwintering citrus leaves at the designated fruit export fields of three areas in 1999

Species	Chemical treatment	Area	No. of plaques per 1g leaves				
			Early May	Late May	Early June	Late June	Early July
<i>Citrus unshiu</i>	Yes	Haean	0	0	75e ^a	55	0
		Sangga	0	0	18e	27	0
		Uigwi	0	0	73e	27	0
	No	Haean	0	0	509d	0	0
		Sangga	0	0	953b	27	0
		Uigwi	0	0	1,815a	55	0
<i>Citrus natsudaidai</i> ^b	No	Haean	0	0	750bc	0	0
		Sangga	0	0	472d	0	0
		Uigwi	0	0	703cd	0	0

^a Means followed by the same letters in each column are not significantly different ($P=0.01$) by Duncan's multiple range test

^b Grown in the periphery of the designated fruit export fields.

3. 봄에 발생한 감귤잎에서 bacteriophage 검출

가. 무발생 봄순잎에서 bacteriophage 검출

3개 조사지역의 건전포장, 발병포장의 약제방제구와 무방제구 및 하귤포장 봄순의 궤양병 무병잎에서 bacteriophage 검출은 표 7과 같다. 모든 조사지역의 봄에 발생한 잎에서 5월초와 5월하순에는 phage 검출이 되지 않았다. 건전한 포장에서 발생한 잎에서는 6월초부터 7월초까지 1g의 잎에서 $2.7\sim 5.5\times 10^1$ 개의 phage가 검출되었으나 7월말에는 phage 수가 급격히 떨어졌으며 8월초에는 태풍 "올가" 영향으로 증가 하였으나 8월말에는 phage가 검출되지 않았고 9월중순에는 약간의 phage가 검출되었다. 또한 약제방제한 3개 조사지역의 발병포장에서는 6월초와 6월하순에는 $1.1\sim 4.7\times 10^2$ 개의 phage가 검출되었지만 7월초, 7월하순 및 8월초에는 $18\sim 10.1\times 10^1$ 개로 줄어들었으며 8월하순에는 phage 검출이 없었다. 그리고 9월중순에는 phage 검출이 약간 증가하는 경향이였다. 건전포장 및 약제방제 포장에서의 phage 검출은 6월초 상가와 의귀를 제외하고는 모든 검출시기에 있어서 유의차가 없었다. 그러나 3개 지역의 감귤궤양병 무방제구의 은주밀감과 하귤에서 phage 검출은 6월초와 6월하순에 $1.2\sim 8.4\times 10^3$ 개로서 약제 방제구에 비하여 10배이상이었고 7월초, 7월하순 및 8월초순에도 $0.4\sim 3.1\times 10^2$ 개로서 phage 밀도가 약제방제구에 비하여 10배정도 유지되었다. 그러나 8월하순 이후에는 phage 밀도가 55개 이하로 낮게 유지되었으며 모든 검출시기에 있어서 지역간에 유의차가 컸었다.

Table 7. The number of bacteriophage plaques on newly produced healthy spring citrus leaves at the designated fruit export fields of three areas in 1999

Species	Field	Chemical treatment	Area	No. of plaques per 1g leaves								
				Late May	Early June	Late June	Early July	Late July	Early Aug.	Late Aug.	Mid Sept.	
<i>Citrus unshiu</i>	Healthy	Yes	Haean	0	27e ^a	18g	55de	9d	101b-d	0	9ab	
			Sangga	0	46e	27g	27e	0d	83cd	0	9ab	
			Uigwi	0	46e	27g	27e	0d	111b-d	0	0b	
	Diseased	Yes	Haean	0	125e	138g	55e	64cd	101b-d	0	9ab	
			Sangga	0	472d	111g	27e	36d	83cd	0	18ab	
			Uigwi	0	425d	167g	27e	18d	46d	0	18ab	
		No	Haean	0	1,759b	5,676d	278ab	167ab	222a	9	27ab	
			Sangga	0	1,287c	6,481c	167cd	111bc	194ab	18	55a	
			Uigwi	0	3,314a	1,564f	314a	208a	250a	9	37ab	
	<i>Citrus natsudaiddai</i> ^b	Diseased	No	Haean	0	1,342c	7,768b	223bc	73cd	166a-c	9	0b
				Sangga	0	1,314c	8,400a	250a-c	55cd	101b-d	33	0b
				Uigwi	0	1,842b	3,240e	167cd	46cd	74cd	9	0b

^a Means followed by the same letters in each column are not significantly different ($P=0.01$) by Duncan's multiple range test.

^b Grown in the periphery of the designated fruit export fields.

나. 병발생 봄순잎에서 bacteriophage 검출

봄순잎에서의 궤양병 발생은 7월 초부터 발생되기 시작하였기 때문에 6월까지의 봄순잎에서의 bacteriophage는 조사할 수가 없었다. 3개 지역의 궤양병 발생 온주밀감 포장에서 약제방제구와 무방제구 그리고 하귤 포장의 궤양병 발생 봄순잎에서 bacteriophage 검출결과 표 8과 같다. 모든 조사 포장에서 7월초에 $1.9 \sim 16.2 \times 10^2$ 개로 phage 검출이 많았고 약제방제구에서는 약간 낮은 경향이였다. 7월하순까지도 10^2 개 정도의 phage 밀도가 유지되었으며 온주밀감 포장의 약제무방제구가 약제방제구와 하귤포장에 비하여 높은 phage 밀도를 유지하였다. 이와 같은 phage 밀도는 감귤궤양병 무발생잎에 비하여 phage 검출이 월등히 높았다 8월초에는 phage 검출이 태풍 "올가"의 영향으로 증가하였으나 8월하순부터 phage 밀도가 약간 감소하였다 9월중순까지 그 밀도가 유지되는 경향을 보였으나 약제방제구에서는 낮은 phage 검출을 보였다. 건전잎에서와 마찬가지로 약제방제구에 있어서도 지역간에 차이가 없었으나 무방제구 및 하귤에서는 지역간에 유의차가 크게 나타났다.

Table 8. The number of bacteriophage plaques on newly produced diseased spring citrus leaves at the designated fruit export fields of three areas in 1999

Species	Chemical treatment	Area	No of plaques per 1g leaves				
			Early July	Late July	Early Aug.	Late Aug.	Mid Sept
<i>Citrus unshiu</i>	Yes	Haean	194f ^a	157cd	240c	46c	46d
		Sangga	223f	129cd	277c	37c	55d
		Uigwi	223f	83d	305c	18c	55d
	No	Haean	750cd	389b	1,055b	536b	138b-d
		Sangga	833bc	509ab	1,305a	472b	296a
		Uigwi	556de	583a	1,083b	171c	259a-c
<i>Citrus natsudaidai</i> ^b	No	Haean	1,027b	175cd	259c	194c	64d
		Sangga	1,620a	250c	416c	962a	287ab
		Uigwi	453e	129cd	194c	120c	129cd

^a Means followed by the same letters in each column are not significantly different ($P=0.01$) by Duncan's multiple range test.

^b Grown in the periphery of the designated fruit export fields.

4. 여름에 발생한 감귤잎에서 bacteriophage 검출

가. 무발생 여름순 잎에서 bacteriophage 검출

조사지역의 포장에서 여름에 발생한 건전잎에서의 bacteriophage 검출은 표 9와 같다. 여름순잎에서의 phage 검출은 월동잎이나 봄순잎에 비하여 모든 처리구에서 월등히 많았는데 이것은 평년에 비하여 8월초에 태풍 "올가"의 영향과 여름철에 비가 많았기 때문으로 생각된다(부표 1~10). 감귤궤양병 무발생포장의 여름순잎에서 8월 하순부터 잎 1g당 $5.0\sim 8.0\times 10^2$ 개의 phage가 검출되었고, 9월중순에도 $1.4\sim 8.8\times 10^2$ 개의 phage가 검출되어 비슷한 밀도를 유지하였다. 그러나 병이 발생한 포장에서는 8월 하순에 방제구에서는 $1.4\sim 1.7\times 10^3$ 개, 무방제구에서는 $3.4\sim 5.8\times 10^3$ 개의 phage가 검출되어 건전포장에 비하여 10배정도 높았다. 또한 9월중순에는 방제구에서 $1.3\sim 2.1\times 10^4$ 개로 phage가 증가하였고 무방제구에서는 $1.3\sim 2.2\times 10^5$ 개로 급격히 증가하여 방제구에 비하여 10배 정도의 phage가 검출되었다. 하귤에서는 여름순 발생이 없어 phage 검출을 할 수 없었다.

Table 9. The number of bacteriophage plaques on newly produced healthy summer citrus leaves at the designated fruit export fields of three areas in 1999

Species	Field	Chemical treatment	Area	No. of plaques per 1g leaves	
				Late Aug.	Mid Sept.
<i>Citrus unshiu</i>	Healthy	Yes	Haean	546f ^a	148d
			Sangga	805ef	888d
			Uigwi	509f	388d
			Haean	1,592d	13,426cd
			Sangga	1,712d	21,046c
			Uigwi	1,407de	13,787cd
	Diseased	No	Haean	5,148b	139,741b
			Sangga	5,898a	224,907a
			Uigwi	3,453c	133,611b
			Haean	-	-
			Sangga	-	-
			Uigwi	-	-
<i>Citrus natsudaidai</i> ^b	Diseased	No	Haean	-	-
			Sangga	-	-
			Uigwi	-	-

^a Means followed by the same letters in each column are not significantly different ($P=0.01$) by Duncan's multiple range test.

^b Summer leaves were not produced. Grown in the periphery of the designated fruit export fields.

나. 병발생 여름순 앞에서 bacteriophage 검출

조사지역의 포장에서 여름에 발생한 이병잎에서의 bacteriophage 검출은 8월하순에 약제방제구 이병잎 1g당 $3.5\sim 6.7\times 10^4$ 개의 phage가 검출되었는데 이는 무병잎에 비하여 10배가 많은 것이며 무방제구의 이병잎에서도 $1.2\sim 7.3\times 10^5$ 개로서 phage 수가 무병잎에 비하여 100배가 증가하였다(표 10). 9월중순에는 방제구에서 phage 밀도가 10^7 이었고 무방제구에서는 10^8 개의 phage가 존재하고 있어 무병잎에 비하여 phage 밀도가 각각 1000배로 증가하였다.

Table 10. The number of bacteriophage plaques on newly produced diseased summer citrus leaves at the designated fruit export fields of three areas in 1999

Species	Chemical treatment	Area	No. of plaques per 1g leaves	
			Late Aug	Mid Sept.
<i>Citrus unshiu</i>	Yes	Haean	37,444d ^a	1.13×10^6 c
		Sangga	67,037d	1.73×10^6 c
		Uigwi	35,231d	1.79×10^6 c
	No	Haean	120,833c	1.26×10^6 b
		Sangga	732,407a	1.95×10^6 a
		Uigwi	169,074b	1.41×10^6 b
<i>Citrus natsudaikai</i> ^b	No	Haean	-	-
		Sangga	-	-
		Uigwi	-	-

^a Means followed by the same letters in each column are not significantly different ($P=0.01$) by Duncan's multiple range test.

^b Summer leaves were not produced. Grown in the periphery of the designated fruit export fields

V. 고 찰

월동잎에서의 감귤퀘양병 발생은 온주밀감 포장의 약제방제구에서 상가단지는 이병엽율이 5.5%로 가장 높았고 해안단지가 2.1%로서 가장 낮았으며 약제무방제구에서도 비슷한 경향이었는데 그 원인은 상가단지에는 어린나무가 많았고, 주위의 방풍림과 관계가 있는 것으로 사료된다(표 3). 또한 약제방제구와 무방제구의 이병엽율 차이가 줄어든 것은 퀘양병에 감염된 잎이 낙엽을 촉진시켰기 때문으로 예측되었는데, 이것은 감귤퀘양병에 감염되었을 때에 그 피해는 조기 낙엽 및 낙과에 의한 피해뿐만 아니라 피해과실이 성숙기까지 남아있어 상품성을 떨어뜨린다는 Stall(1989)의 보고와 일치 하였다

제주도에 재배하고 있는 온주밀감류(만다린)는 중도저항성으로 (Stall, 1989; Hayward와 Waterson, 1964) 다른 이병성 감귤보다는 그 피해가 적다. 이병성 감귤을 많이 재배하고 있는 미국이나 서구에서는 감귤퀘양병을 박멸하기 위하여 많은 비용이 소요되고 있으며(Stall과 Civerolo, 1991, CABI와 EPPO, 1992) 계속 많은 비용을 투입하고 있다(식검, 1999) 따라서 제주도 감귤의 미국 수출은 퀘양병 무병 생산단지를 지정하고 완충지대로 설정된 지역에는 이병성 감귤을 재배하지 않고 bacteriophage test 등의 검사에 의해 적합한 과실만을 수출조건으로 하여 현재 수출 중에 있다 그러나 현재 수출단지에는 퀘양병발생이 없어야 하지만 일부 과수원에서는 병이 발생되고 있다 이처럼 병 발생 과수원의 새로 발생하는 잎에서 퀘양병 발생양상을 조사한 결과, 7월초부터 병이 발생되기 시작하였으며 피해는 약제방제구에서 1.5~18% 이었고 무방제구는 3.6~49%로서 약제방제 효과가 인정되었다(표 4). Stall(1989)은 감귤퀘양병균이 주로 상처나 기공을 통하여 잎이나 줄기가 자라기 시작한 6주 이내에 침입을 하며 그 후에는 병원균에 감염되어도 병발생이 안되거나 아주 작은 돌기만 형성한다고 하였는데 본 시험의 포장에서도 병원균이 침입하기 전에 약제방제를 함으로써 병원균 침입을 억제하거나 또는 병원균 증식을 저지시켜 병 발현을 억제하여 피해를 감소시킨 것으로 사료된다. 문 등(1995)은 봄순 잎에서 최초 병발생이 6월부터 시작되었고 과실에는 7월부터 시작되었다고 보고하였는데 대미 수출단지는 일반 과수원에 비하여 관리 상태가 양호하여 최초 병발생이 다소 늦은 것으로 생각되었다. 그리고 봄순 경화기인 8월 조사에서도 병발생이

무방제구에서 최고 6.3%로서 이 등(1998)이 보고한 병발생 정도에 비하여 적었다.

여름순잎에서 병발생은 8월초에 태풍 "올가"의 내습과 여름철 강수량이 전년도에 비하여 월등히 많아(부표 1~10) 궤양병 발생에 좋은 조건이었지만 방제구에서 6.3~7.4%, 무방제구에서 8.8~13.7% 정도로 이 등(1998)이 보고에 비하면 적었다. 이 등(1999)은 궤양병 방제시험에서 발병엽율이 무방제일 경우 73.7%이고 약제에 의해 방제를 하였을 때 농용신수화제 처리가 1.3%, 쿠파수화제처리가 8.3%라고 하였는데 이는 화학적 방제 한가지 만으로는 발병율을 줄일 수는 있지만 완전 방제가 되지 않으므로 가장 성공적인 박멸은 미국, 뉴질랜드, 호주 등에서 시행하는 것과 같이 (Loucks, 1934; Schoulties 등, 1987; Stall과 Civerolo, 1991, CABI와 EPPO, 1992, Commonwealth of Australia, 1984) 병원세균의 생존과 그 증식이 병환부에 의하므로 이병된 기주를 완전 제거 해주는 것이 병 박멸을 위하여 다른 무엇보다도 중요하다고 강조하고 있기 때문에 (조 등, 1999) 우리도 그것에 병행하여야 가장 효과적인 방제를 할 수 있다고 사료된다. 그리고 문 등(1995)이 보고에서도 하귤포장에서 병발생은 온주밀감 포장에 비하여 발생정도가 크다고 하였는데 하귤이 이병성 품종이라는 특성과 전엽기주로서 중요하기 때문에 수출 감귤 포장에서의 하귤 제거는 매우 중요하다고 생각된다.

5월초부터 건전포장, 이병포장의 약제방제구와 무방제구 및 하귤포장에서 bacteriophage 검출을 시기별로 수행한 결과 모든 시험구에서 6월초부터 bacteriophage가 검출되기 시작하였으며(표 5~8) 이는 궤양병 발생보다 약 1개월 전으로서 6월에 이미 궤양병균이 감귤잎에서 활동이 시작된 것을 알 수 있는데 Mizukami와 Wakimoto(1969)가 벼흰잎마름병 발생은 논물 및 수로에서 bacteriophage가 검출되기 시작한 후 일정기간이 지난 후에 병이 발생된다고 보고한 결과와 일치하였다. 시험포장에서 봄순에 궤양병이 발생되기 이전 검출량에 차이를 보이는 것은 약제 방제 여부에 따라 세균의 활동성에 차이가 있는 것으로 사료된다. 봄순잎에서 bacteriophage 검출정도를 보면 건전포장에서 약 10^1 , 약제방제구에서 약 10^2 , 무방제구 및 하귤포장에서 약 10^3 정도가 검출되었고 병발생 후에는 이병잎에서 phage 밀도가 계속 유지되었지만 무병잎에서는 그 밀도가 점차 감소하였다. 이것은 세균의 활성정도가 시기별(엽령별)로 약간의 차이가 있지만 이병잎과 무병잎에서 세균밀도에 차이가 있음을 간접적으로 알 수 있었다. 또한 여름순잎에서의 bacteriophage

검출량이 봄순잎에서의 검출량보다 월등히 높은 것은 (표 9, 10) 여름철 동안 많은 강우와 8월초 태풍 "올가"의 내습으로 감귤잎에 많은 상처를 주어 세균활동 및 증식이 촉진되었을 것으로 생각되었고 또한 세균밀도 증가에 따른 bacteriophage 밀도도 같이 증가한 것으로 사료된다.

감귤케이양병 발생정도가 각 시기별 및 엽위별로 bacteriophage 검출에 미치는 영향을 분석한 결과는 표 11~14와 같다.

월동잎에 발생한 케이양병은 봄순 무병잎의 6월하순 및 7월초순, 이병잎의 7월초순 및 8월하순의 phage 검출량과 정의 상관관계가 있었다(표 11).

Table 11. Regression equations between disease severity on overwintering leaves and no. of bacteriophage plaques detected on different leaves at various sampling times in 1999

Leaf condition	Sampling time	Regression equation	Significant level ^a
Healthy overwintering leaves	Early June	$y=406.7+6.0x$	NS
Diseased overwintering leaves	Early June	$y=343.8+29.5x$	NS
Healthy spring leaves	Early June	$y=664.5+88.9x$	NS
	Late June	$y=571.3+568x$	*
	Early July	$y=50.1+14.9x$	*
	Late July	$y=60.4+1.0x$	NS
	Early Aug.	$y=134.9-1.7x$	NS
Diseased spring leaves	Early July	$y=121.2+93.5x$	**
	Late July	$y=159.4+10.2x$	NS
	Early Aug	$y=428+6.1x$	NS
	Late Aug.	$y=12.3+46.9x$	*
	Mid Sept.	$y=49.3+16.1x$	NS

^a NS : Not significant *: Significant at 5% probability level **: Significant at 1% probability level

또한, 표 12와 같이 7월에 조사한 봄순잎에서의 궤양병 발생정도는 7월초순 봄순 건전잎 및 이병잎, 8월하순과 9월중순 봄순 이병잎과 여름순 건전잎 및 이병잎에서 검출한 phage양과도 정의 상관관계가 인정되었다.

그리고 8월에 조사한 궤양병 발생정도는 8월하순과 9월중순 봄순 이병잎, 여름순 건전잎 및 이병잎에서 검출한 phage양과도 정의 상관관계가 있었다(표 13).

Table 12. Regression equations between disease severity on spring leaves scored in July and no. of bacteriophage plaques detected on different leaves at various sampling times in 1999

Leaf condition	Sampling time	Regression equation	Significant level ^a
Healty spring leaves	Early July	$y=42.0+15.4x$	**
	Late July	$y=52.6+2.7x$	NS
	Early Aug.	$y=122.6+1.3x$	NS
Diseased spring leaves	Early July	$y=138.5+80.9x$	**
	Late July	$y=149.9+11.5x$	NS
	Early Aug	$y=408.3+10.3x$	NS
	Late Aug	$y=40.8+36.0x$	*
	Mid Sept	$y=54.5+13.4x$	*
Healty summer leaves	Late Aug	$y=265.4+1013.4x$	**
	Mid Sept	$y=-7943+43793x$	**
Diseaed summer leaves	Late Aug.	$y=-58064+97755x$	**
	Mid Sept.	$y=-1.8 \times 10^7 + 3.9 \times 10^7 x$	**

^a NS : Not significant *: Significant at 5% probability level **: Significant at 1% probability level.

Table 13. Regression equations between disease severity on spring leaves scored in Aug. and no. of bacteriophage plaques detected on different leaves at various sampling times in 1999

Leaf condition	Sampling time	Regression equation	Significant level ^a
Healty spring leaves	Early Aug.	$y=120.7+1.3x$	NS
Diseased spring leaves	Early Aug.	$y=371.0+15.3x$	NS
	Late Aug	$y=8.8+35.2x$	*
	Mid Sept.	$y=39.4+13.7x$	*
Healty summer leaves	Late Aug.	$y=210.3+698.8x$	**
	Mid Sept.	$y=-4310.3+28097x$	*
Diseaed summer leaves	Late Aug.	$y=-58932+65663x$	*
	Mid Sept.	$y=-2.0 \times 10^7 + 2.7 \times 10^7 x$	**

^a NS : Not significant *: Significant at 5% probability level **: Significant at 1% probability level

여름순잎에 발생한 궤양병은 9월중순의 봄순 이병잎, 여름순 건전잎 및 여름순 이병잎에서 검출한 phage양과도 정의 상관관계가 인정되었다(표 14)

Table 14. Regression equations between disease severity on summer leaves and no of bacteriophage plaques detected on different leaves at various sampling times in 1999

Leaf condition	Sampling time	Regression equation	Significant level ^a
Diseased spring leaves	Mid Sept.	$y=-6.6+15.5x$	**
Healty summer leaves	Mid Sept.	$y=740+13066x$	*
Diseaed summer leaves	Mid Sept.	$y=-1.2 \times 10^7 + 1.2 \times 10^7 x$	*

^a *. Significant at 5% probability level ** Significant at 1% probability level.

이와 같이 본 실험에서 감귤퀘양병 발생과 bacteriophage 검출량과는 대부분 정의 상관관계가 인정되었는데(표 11~14) 이는 bacteriophage 검출량과 병원세균량 및 병 발생과의 관계에 높은 정의 상관성이 있다는 Tagami(1959)의 보고와 일치하는 결과였다

대미 수출용 온주밀감은 퀘양병이 발병되지 않도록 되어있으나 해마다 퀘양병이 다소 발생되고 있어 과실에 발병되지 않도록 철저한 방제가 요망된다. 퀘양병의 효과적인 방제시기는 감귤퀘양병균의 활성화와 phage의 발생 및 그 밀도와 깊은 상관관계가 있으므로 phage 발생시기부터 약제방제를 시작하는 것이 효과적일것으로 생각된다. 그러나 phage의 밀도와 병 발생과의 관계는 발생지역의 기후 및 주변 환경조건에 따라 다소 차이를 보이므로 이와 관련된 보다 구체적인 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.



VI. 적 요

대미 온주밀감 수출에 있어서 문제되는 감귤퀘양병의 발생생태, 병발생과 bacteriophage 검출량과의 관계를 구명하기 위하여 3곳의 수출단지내 포장에서 퀘양병 발생정도와 bacteriophage량을 검출하였고 퀘양병 발생율과 bacteriophage 밀도와의 관계를 조사 분석하였다.

1. 온주밀감 월동잎에 대한 퀘양병 발생은 조사지역간 병발생 차이는 많았으나 겨울철 이병잎의 낙엽에 의하여 약제방제구와 무방제구 간의 차이는 없었다. 하귤에서의 퀘양병 발생은 온주밀감에 비하여 월등히 높았다.

2. 온주밀감 봄순에서 퀘양병 발생은 7월초부터 시작되어 8월초까지 진전되었는데, 7월은 병발생이 약제방제구에서 1.5~1.8%이었고 무방제구에서 3.6~4.9%이었고, 8월에는 방제구에서 2.1~3.8%, 무방제구에서 4.8~6.3%로서 무방제구에 비하여 발병율이 낮았다 9월에 여름순잎에서의 퀘양병 발생은 방제구에서 6.3~7.4%, 무방제구에서 8.8~13.7% 이었다.

3. Bacteriophage는 6월초부터 검출할 수 있었다. 월동잎에서의 잎 1g당 phage 밀도는 건전포장과 약제방제구에서 10^1 이었으나 무방제구와 하귤포장에서는 $10^2 \sim 10^3$ 으로서 방제구에 비하여 10~100배의 높은 phage 검출량이었다. 6월 하순부터는 phage 검출이 급격히 줄어들었다.

4 봄순잎에서의 6월초에 bacteriophage 밀도는 건전포장에서는 10^1 , 방제구에서는 10^2 , 그리고 무방제구와 하귤포장에서는 10^3 의 밀도를 나타내었다 그러나 병이 발생하기 시작한 7월초의 건전한 잎에서는 건전포장과 방제구에서 10^1 , 무방제구와 하귤포장에서 10^2 이었고 이병잎에서는 모든 포장에서 10^3 의 밀도를 보였다 7월하순부터 건전잎에서의 phage 밀도는 급격히 줄어들었으나 이병잎에서의 phage 밀도는 9월까지 10^3 정도 유지되었다.

5. 여름순잎에서의 bacteriophage 밀도는 건전포장에서 8월과 9월중순에 10^2 의 밀도였고, 발병포장의 8월하순에 건전잎에서는 10^3 , 9월중순에 방제구가 10^4 , 무방제구가 10^5 으로 phage 밀도가 증가하였다. 이병잎에서는 8월말에 방제구가 10^4 , 무방제구가 10^5 이었으며, 9월중순에는 방제구가 10^7 , 무방제구가 10^8 으로 phage 밀도가 급격히 증가하였다.

6. 궤양병 발생과 bacteriophage 밀도와의 관계에 있어서는 월동잎에 발생한 궤양병이 봄순잎에 병발생하기 전인 6월의 phage 검출량과 정의 상관관계가 인정되었으며 병발생 후인 7월 이후에는 7월초 이병잎에서의 phage 검출량과도 고도의 정의 상관이 인정되었다.

7. 7월 봄순잎에 발생한 궤양병은 7월초의 무병잎 및 이병잎에서 bacteriophage 검출량과 높은 정의 상관이 인정되었으며, 여름순이병잎 및 무병잎에서 8월과 9월 모든 조사시기의 phage 검출량에 높은 정의 상관이 인정되었다.

8. 8월 봄순잎에 발생한 궤양병은 8월하순 및 9월 중순의 이병잎의 bacteriophage 검출에만 상관이 인정되었으나, 여름순잎의 phage 검출과는 모두 정의 상관이 있었다.

9. 여름순잎에 발생한 궤양병은 9월의 봄순 이병잎, 여름순 이병잎과 무병잎의 bacteriophage 검출 모두에 정의 상관이 있었다.

참 고 문 헌

- Alvarez, A. M., A. A. Benedict, C. Y. Mizumoto, L. W. Pollard, and E. L. Civerolo. 1991. Analysis of *Xanthomonas campestris* pv. *citri* and *X. a.* pv. *citrumelo* with monoclonal antibodies. *Phytopathology* 81:857-865.
- Berger, E. W., H. E. Stervens and F. Silver. 1914. Citrus canker II. *Fla. Agric. Exp. Sta. Bull.* 124. 53pp.
- Bergey, D. H., F. C. Harrison, R. S. Breed, B. W. Hammer and F. M. Muntoon. 1923. *Bergey's manual of determinative bacteriology*. 1st ed. Williams and Wilkins. Baltimore.
- Bittancourt, A. A. 1957 O cancro citrico, *O Biologico* 23:101-111.
- Bruce E. Hopper NAPPO secretariat. 1995. NAPPO compendium of phytosanitary terms. 국립식물검역소. 제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY
- CABI and EPPO 1992. Data sheets on quarantine pest *Xanthomonas campestris* pv. *citri*. In *Quarantine pest for Europe*. pp. 801-807
- Carrera, C. 1933. Informe preliminar sobre una enfermedad nueva comprobada en los citrus de Bella Vista(Corrientes). *Bol. Mens. Min. Agri. Nac. Buenos Aires* 34:275-80
- 제주도. 1961~1997. 제주통계연보(각년도).
- 조용섭, 박창석, 이순구, 이영근, 임춘근, 차재순, 최용철, 최재울, 허성기, 황인규. 1999. 식물세균병학. 서울대학교 출판부. pp. 329-334.
- Civerolo, E. L. 1984. Bacterial canker disease of citrus. *J. Rio. Grande Valley Hort. Soc.* 37:127-146.

- Civerolo, E. L. and F. Fan. 1982. *Xanthomonas campestris* pv. *citri* detection and identification by enzyme linked immunosorbent assay. Plant Dis. 66: 231-236.
- Commonwealth of Australia. 1984. Citrus canker *Xanthomonas campestris* pv. *citri*. Plant Quarantine Leaflet No.12. Commonwealth Dep. of health, Australia.
- Coons, G. M. and J. E. Kotila. 1925. The transmissible lytic principle (bacteriophage) in relation to plant pathogens. Phytopathology 15:357-376.
- Dowson, W. J. 1939. On the systematic position and generic names of the gram negative bacterial plant pathogens. Zentrabl. Bacteriol. Parasitenk. infektionskr. Hyg. Abt. II 100:177-193.
- Dye, D. W. 1978. Genus IX *Xanthomonas* Dowson 1939. In J. M. Young., D. W. Dye, J. F. Bradbury, C. G. Panagopoulos and C. F. Robbs. A proposed nomenclature and classification for plant pathogenic bacteria, N. Z. J. Agr. Res. 21:153-177.
- Ercolani, G. L. 1968. Effettività e misura della trasmissione di *Xanthomonas vesicatoria* e di *Corynebacterium michiganense* attraverso il seme del pomodoro. Industria Conserve 43:15-22.
- Fawcett, H. S. 1936. Citrus diseases and their control. McGraw-hill book Co..
- Fawcett, M. S. and H. E. Jenkins. 1933. Records of Citrus canker From herbarium specimens of genus citrus in England and The United States. Phytopathology 23:820-824.

- Gitaitis, R. D., R. W. Beaver and B. N. Dhanvantari. 1989. Detection of *Clavibacter michiganense* subsp. *michiganense* in tomato transplants. In: Detection of bacteria in seed and other planting material. (eds) Saettler et al.. APS press. St. Paul, Minnesota.
- Gomez, K. A. and A. A. Gomez. 1984. Statistical procedures for agricultural research 2nd ed. A. Wiley-Interscience Publication.
- Goto, M 1965 Phage-typing of the causal bacteria of bacterial leaf blight (*Xanthomonas oryzae*) and bacterial leaf streak(*X. translucence* f. sp. *oryzae*) of rice. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 30:253-257.
- Goto, M., K Ohata and N. Okabe 1975. Studies on saprophytic survival of *Xanthomonas citri*(Hasse) Dowson. 2. Longevity and survival density of the bacterium on artificially infested weeds, plant residues and soils. Ann. Phytopathol Soc. Japan 41:141-147
- Goto, M. and M. P. Starr. 1972a. Phage-host relationships of *Xanthomonas citri* compared with those of other *Xanthomonas*. Ann. Phytopathol Soc. Japan 38:226-248
- Goto, M. and M. P. Starr 1972b. Lysogenization of *Xanthomonas phaseoli* and *Xanthomonas begoniae* by temperate *X citri* bacteriophage : Effect on virulence, phage sensitivity, and other bacteriological properties. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 38:267-274.
- Guthrie, J. W., D. M. Huber and H. S. Fenwick. 1965. Serological detection of halo blight Plant Dis. Rep. 49:297-299.

- Hartung, J. S. 1992 Plasmid based hybridization probes for detection and identification of *Xanthomonas campestris* pv. *citri*. Plant Dis. 76:889-893.
- Hasse, C. H. 1915. *Pseudomonas citri*, the cause of citri canker. J. Agric. Res. 4:97-100.
- Hayward, A. C. and J. M. Waterson. 1964. C.M.I Description of pathogenic fungi and bacteria No.11. *Xanthomonas citri*. CAB. Ferry lane, Kew, Surrey, England.
- Holland, D F. 1920. V. Generic index of the commoner forms of bacteria. In C. E. A. Winslow, J. Broadhurst, R E. Buchanan, C. Krumwiede, Jr., L A. Rogers and G. H. Smith The families and genera of the bacteria, J. Bacteriol. 5:191-229.
- 국립식물검역소. 1999. 한국산 감귤 생과실의 대미 수출검역요건. 식물검역규정집. pp. 300-314
- 국립식물검역소. 1999. 미국 플로리다주 감귤궤양병 비상사태 선포. 식물검역정보 p. 85.
- 국립식물검역소. 1999. 식물검역연보(1998).
- 이성찬, 송장훈, 김대현. 1998. 감귤궤양병의 발생생태 및 방제법 연구. 원예연구소 제주감귤연구소 시험연구보고서. pp 656-659.
- 이성찬, 송장훈, 김대현. 1999. 감귤궤양병의 발생생태 및 방제법 구명. 농촌진흥청 원예시험장 98 원예시험연구보고서
- Loucks, K. W. 1934. Citrus canker and its eradication in Florida. Fla. State Dept. Agric Consum. Serv. Gainesville, Fl
- Mizukami, T. and S. Wakimoto 1969. Epidemiology and control of bacterial leaf blight of rice Annu Rev. Phytopathol. 7:51-72

- 명인식, 이영희, 조용섭. 1995a. 감귤퀘양병균(*Xanthomonas campestris* pv. *citri*) bacteriophage(CPK-P5)의 배양적 특성. 한국식물병리학회지 11:191(요지).
- 명인식, 이영희, 조용섭, 이은종. 1995b. 국내 감귤퀘양병균(*Xanthomonas campestris* pv. *citri*) 의 phage type 조사. 한국식물병리학회지 11:190-191(요지).
- 문덕영, 권혁모, 김광식, 권오균, 강영길, 김택조. 1995. 수출 감귤의 문제 병해충 방제를 위한 생태연구. 농촌진흥청과수연구소 제주감귤연구소.
- Namekata, T. and A. R. de. Oliveira. 1972. Comparative serological studies between *Xanthomonas citri* and a bacterium causing canker on Mexican lime. pp.151-52. Proc. Int. Conf. Plant Pathog. Bact., 3rd. Wageningen, The Netherlands.
- 농협 제주지역 본부. 1990~1998. 감귤 유통처리 실태분석(각년도).
- 농림부. 1999. 농림통계연보(1998). pp. 86-107
- Obata, t 1974. Distribution of *Xanthomonas citri* strain in relation to the sensitivity to phage CP1 and CP2. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 40:6-13.
- Pammel, L. H. 1895. Bacteriosis of rutabaga, (*Bacillus campestris* n. sp.). Iowa state Coll. Agr Exp. Sta. Bull 27:130-134.
- Permer, T. A. and T R Gottwald, 1989. Specific recognition of a *Xanthomonas campestris*. Florida citrus nursery strain by a monoclonal antibody probe in a microfiltration enzyme immunoassay. Phytopathology 79:780-783.

- Rodriguez G. S., J. G. Garza-lopez, J. J. Stapleton and E. L. Civerolo. 1985. Citrus bacteriosis in Mexico. *Plant Dis.* 69:808-810.
- Saettler, A. W. 1989. The need for detection assay. In: *Detection of bacteria in seed and other material.* (eds). Saettler et al. APS press. St. Paul, Minesota.
- Saettler, A. W., N. W. Schaad and D. A. Roth. 1989. Detection of bacteria in seed and other planting material. APS press. St. Paul, Minnesota.
- Schaad, N. W. and R. C. Donaldson. 1980. Comparison of two methods for detection of *Xanthomonas campestris* in infected crucifer seeds. *Seed Sci. Technol.* 8:383-392.
- Schaad, N. W. and R. L. Forster. 1985. A semiselective agar medium for isolation *Xanthomonas campestris* pv. *translucens* from wheat seeds. *Phytopathology* 75:260-263.
- Schaad, N. W., W. R. Sitterly and H. Hymaydan 1980. Relationship of incidence of seedborne *Xanthomonas campestris* to black rot of crucifers. *Plant Dis.* 64:91-92.
- Schaad, N. W., H. Azad, R. C. Peet and N. J. Panopoulos 1986 Cloned phaseolotoxin gene as a hybridization probe for identification of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. (Abstr.) *Phytopathology* 76:846.
- Schoulties, C. L., E L Civerolo, J. W. Miller, R. E. Stall and C. J. Krass. 1987 Citrus canker in Florida *Plant Dis.* 71:388-95.
- Stall, R. E. 1989. Canker. In. *Compendium of citrus disease.* pp 6-7. APS press St. Paul. Minesota.

- Stall, R. E. and E. L. Civerolo. 1991. Research relating to the recent outbreak of citrus canker in Florida. *Annu. Rev. Phytopathol.* 29:399-420.
- Stall, R. E. and C. P. Seymour. 1983. Canker, a treated to citrus in the gulfcoast states. *Plant Dis.* 67:581-583.
- Sutton, M. D. and H. Katznelson. 1953. Isolation of bacteriophage for the detection and identification of some seed-borne pathogenic bacteria. *Can. J. Bot.* 31:201-205.
- Tagami, Y. 1959. Quantity of bacteriophage in the water of the seedbed in relation to the occurrence of the disease in the rice field. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 24:6.
- Van Vuurde, J. W. L., G. W. van den Bovenkamp and Y. Birnbaum. 1983. Immunofluorescence microscopy and enzyme-linked immunosorbent assay as potential routine tests for the detection of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* and *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* in bean seed. *Seed Sci. Technol* 11:547-559.
- Vauterin, L., B. Hoste, K. Kersters and J. Swings. 1995. Reclassification of *Xanthomonas*. *Int. J. Sys Bact.* 45:472-489.
- Vidaver, A. K. 1976. Prospects for control of phytopathogenic bacteria by bacteriophages and bacteriocins. *Annu Rev. Phytopathol.* 14:451-465.
- Wakimoto, S. 1954. The determination of the presence of *Xanthomonas oryzae* by phage technique. *Sci. Bull. Fac. Agric. Kyushu Univ.* 14:495-498.

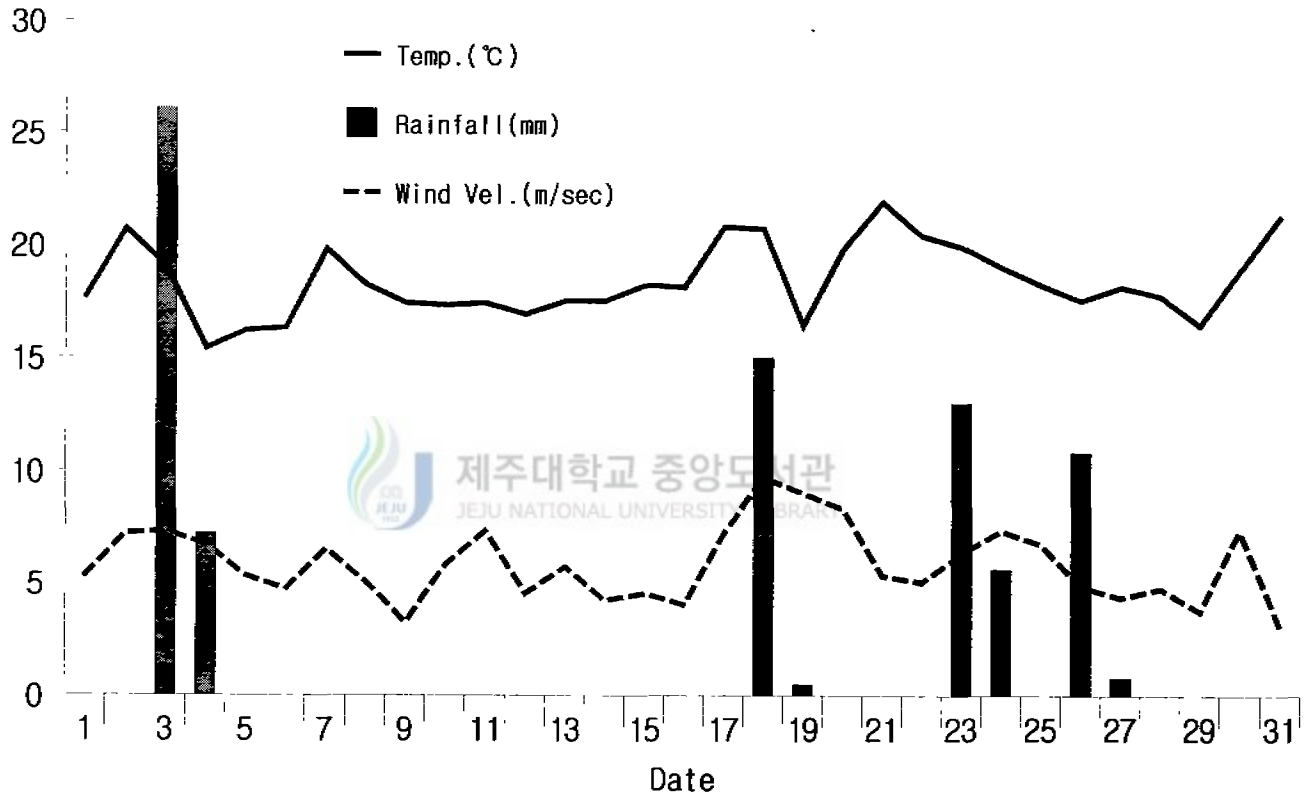
Wakimoto, S. 1960. An antibacterial serum method for the purification of phages which attack phytopathogenic bacteria. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 25:205-208.

Wakimoto, S. 1967. Some characteristics of citrus canker bacteria, *Xanthomonas citri*(Hasse) Dowson, and the related phages isolated from Japan. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 33:301-310.

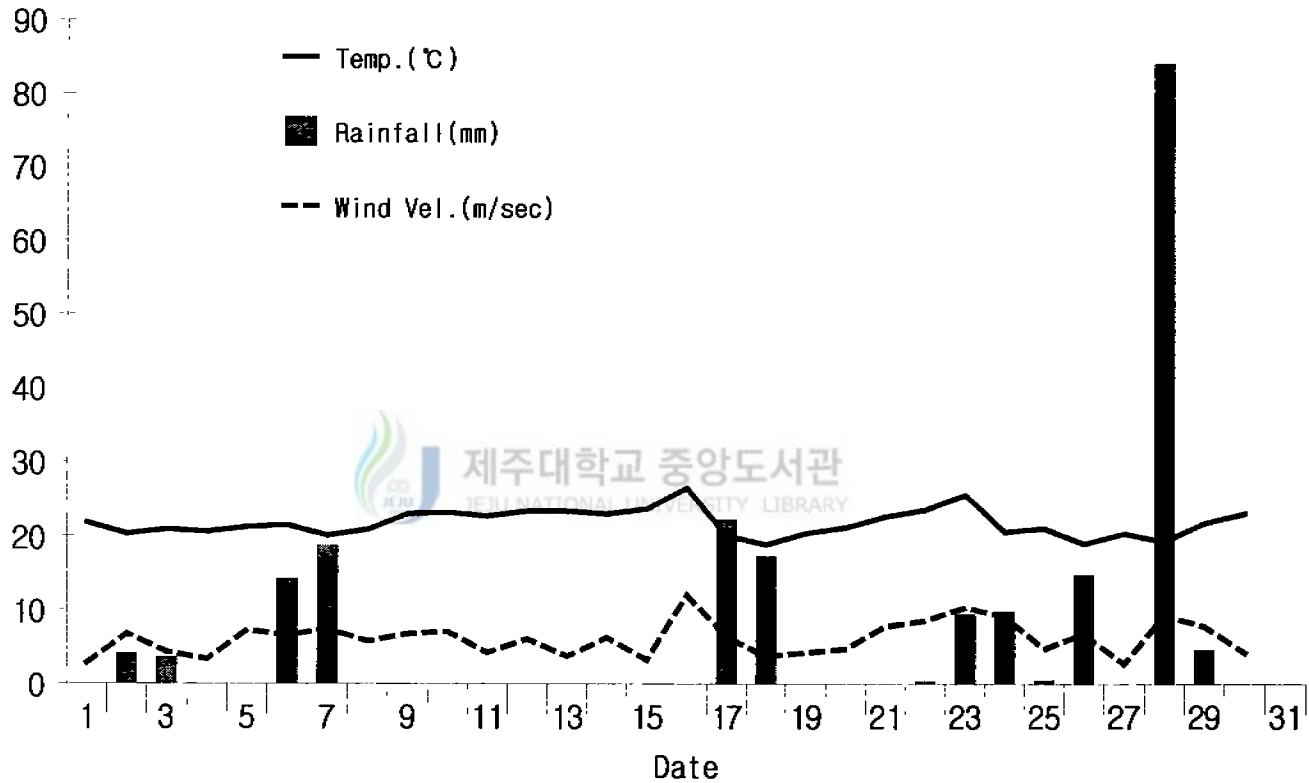
Wu, W. C. 1972a. Phage-induced alteration of colony type in *Xanthomonas citri*. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 38:146-155.

Wu, W. C. 1972b. Phage-induced alteration of cell disposition, phage adsorption and sensitivity and virulence in *Xanthomonas citri*. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 38:333-341.

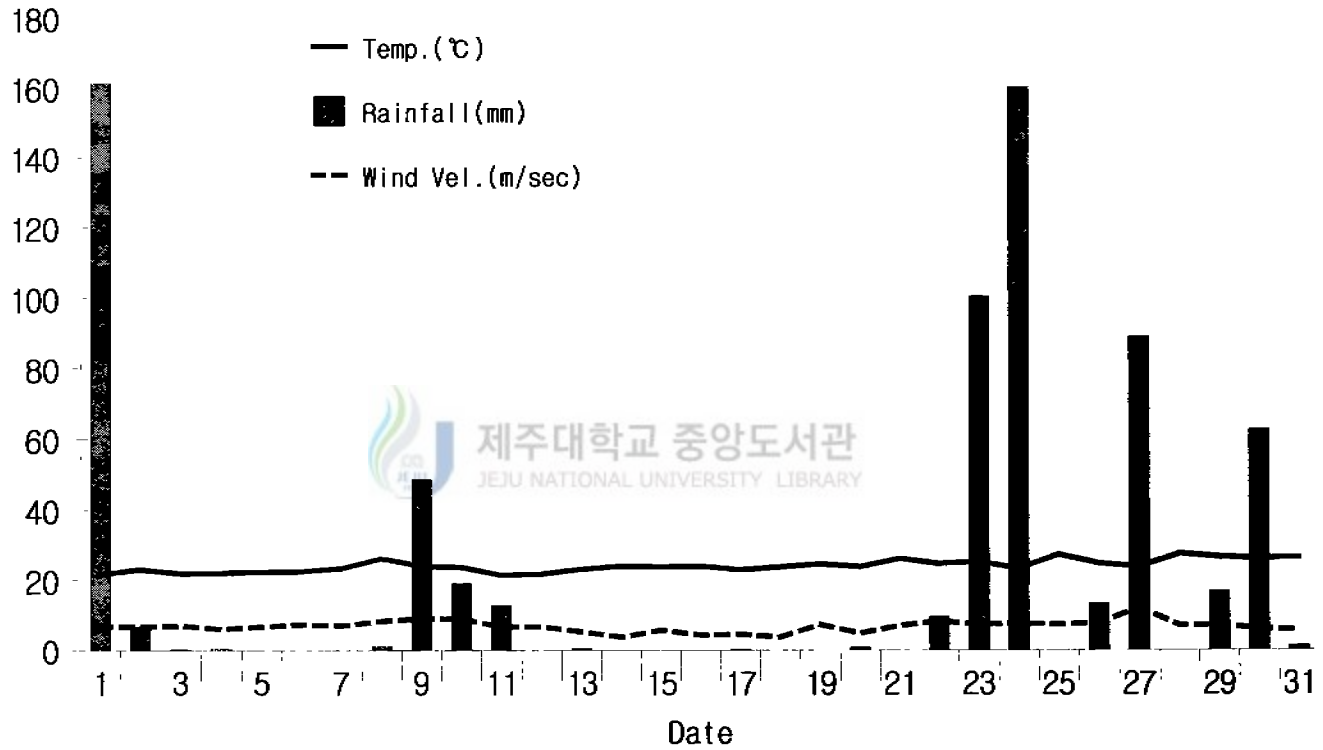




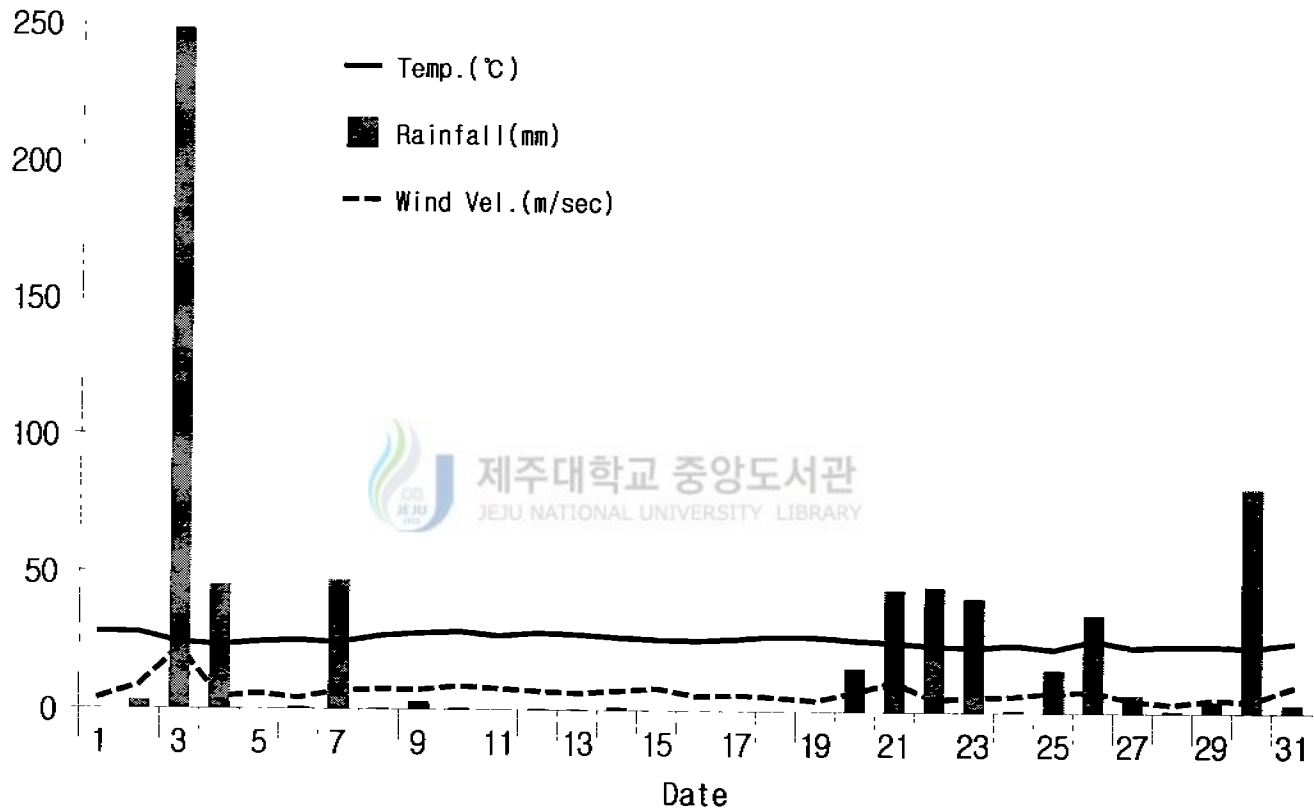
Appendix 1. Weather condition of May at Cheju



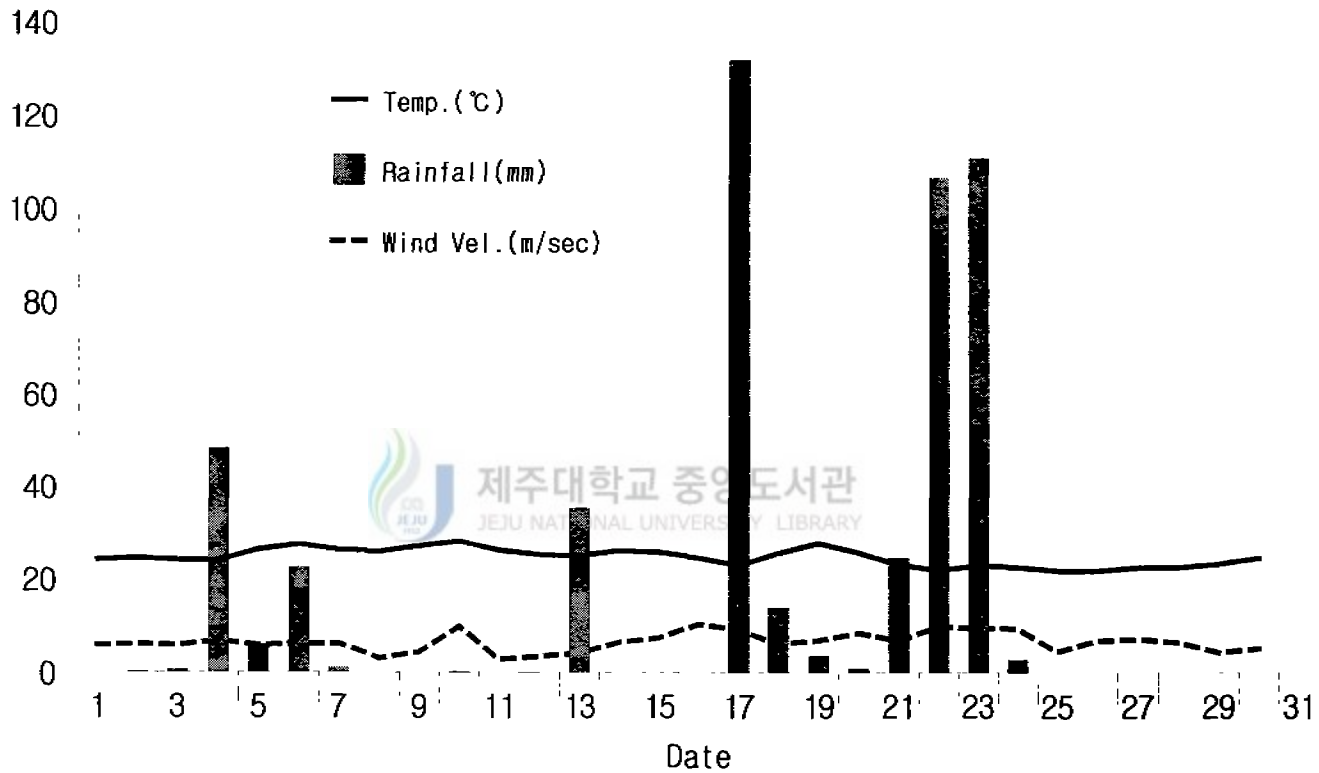
Appendix 2. Weather condition of June at Cheju



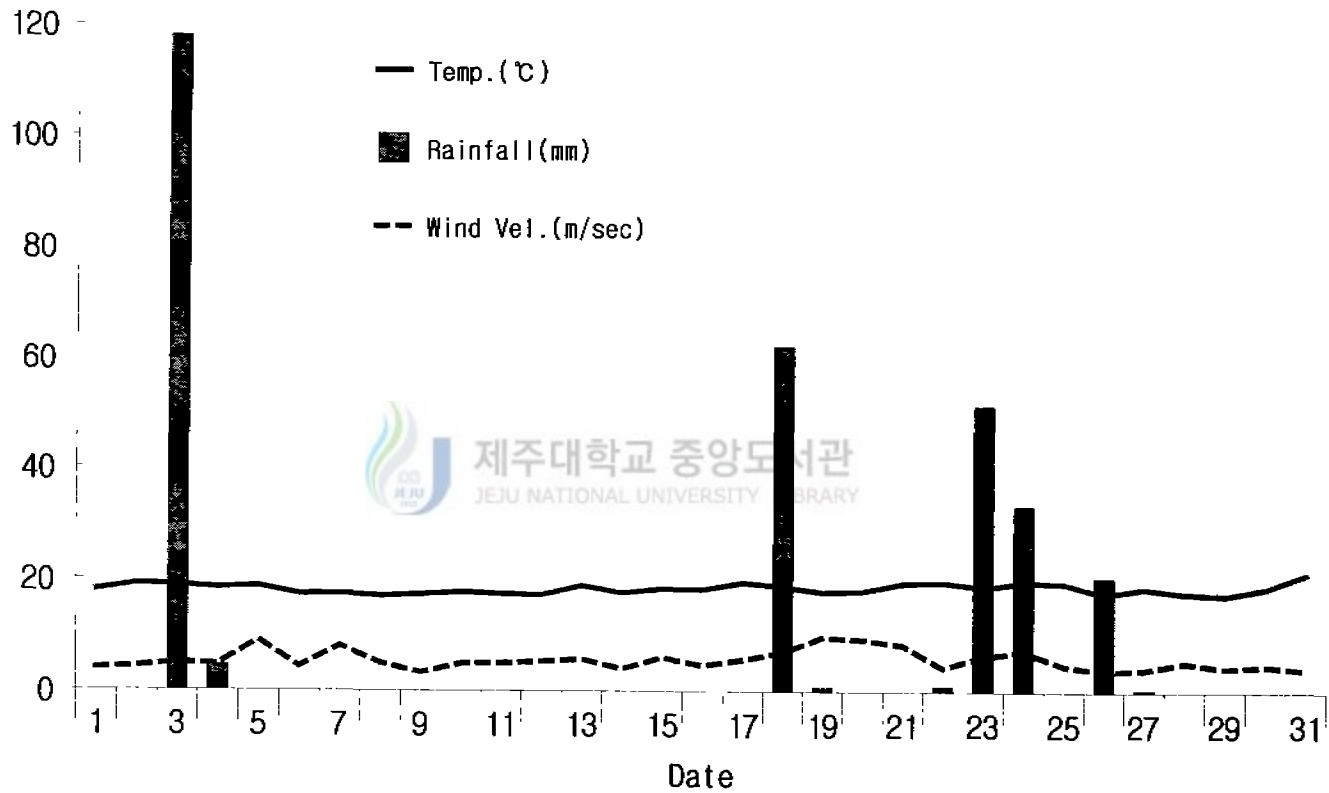
Appendix 3. Weather condition of July at Cheju



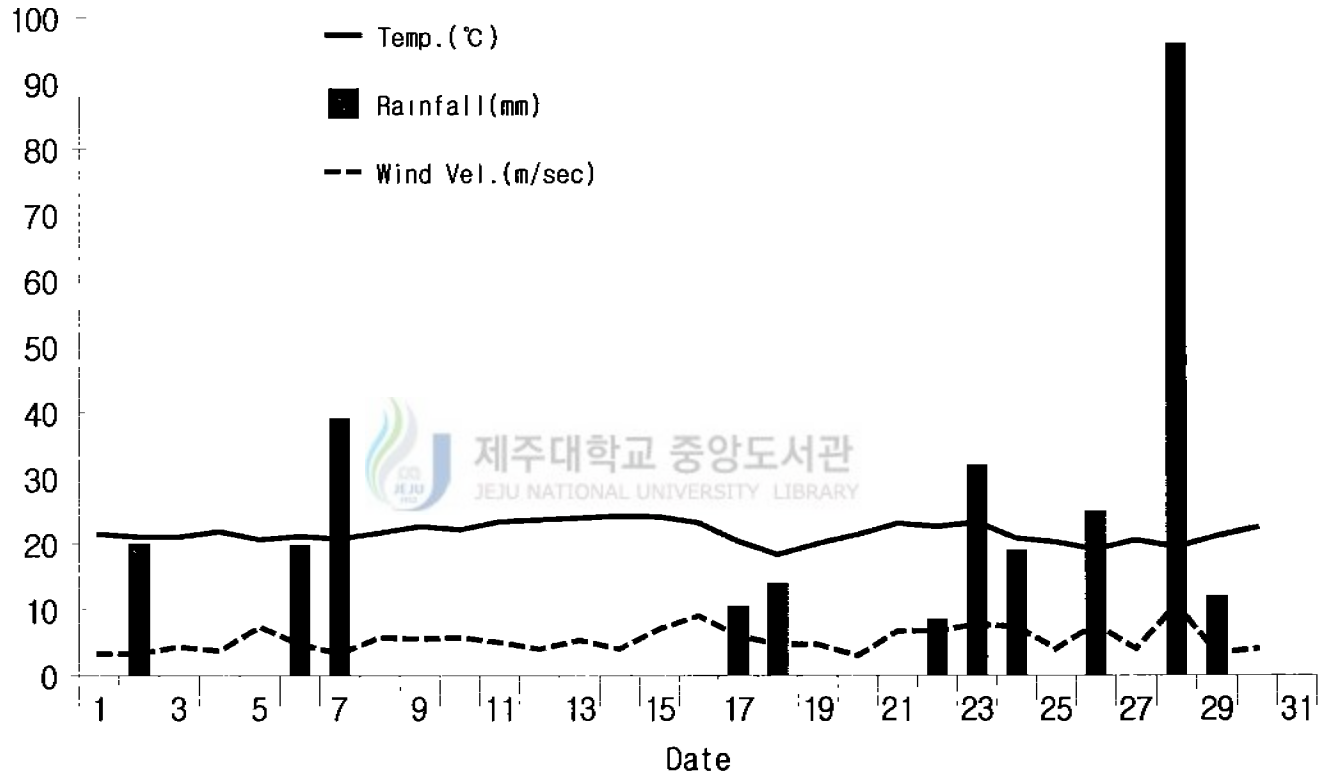
Appendix 4. Weather condition of August at Cheju



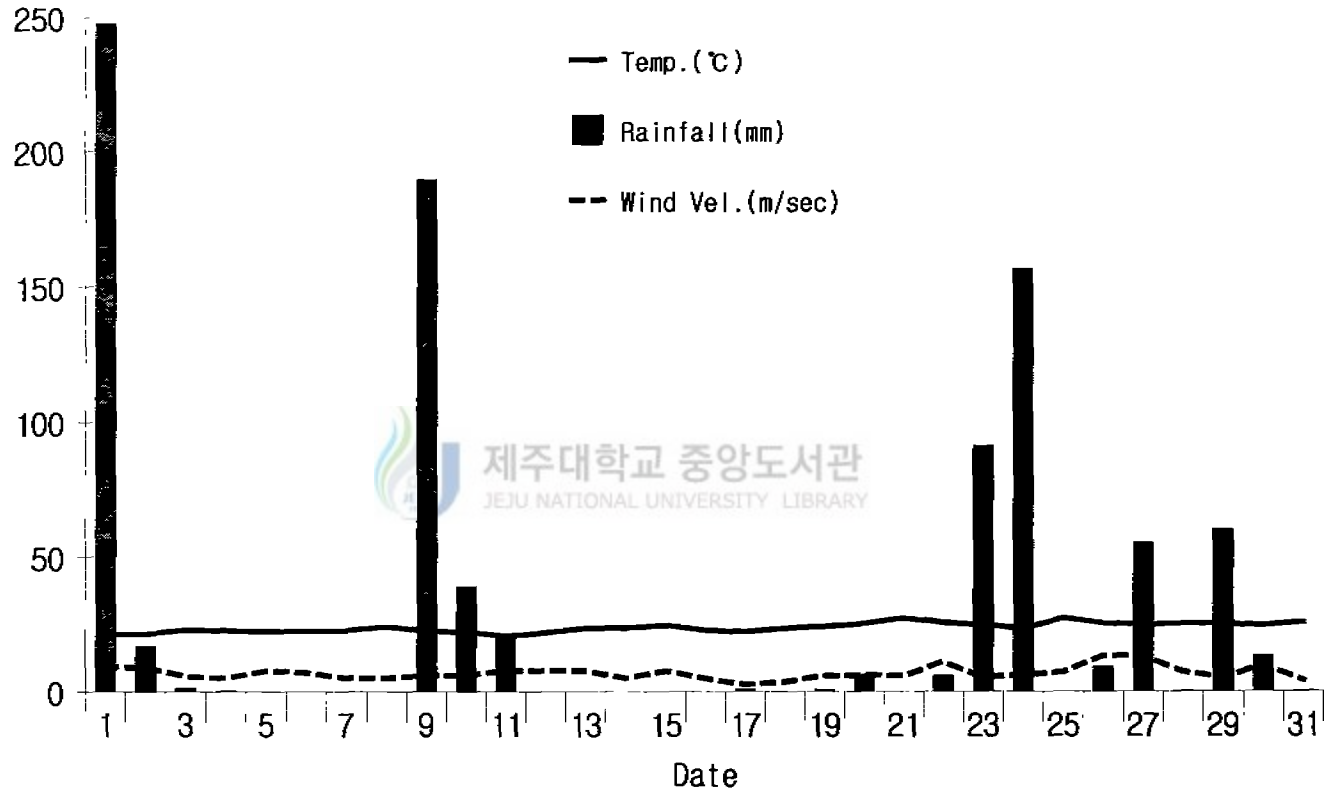
Appendix 5. Weather condition of September at Cheju



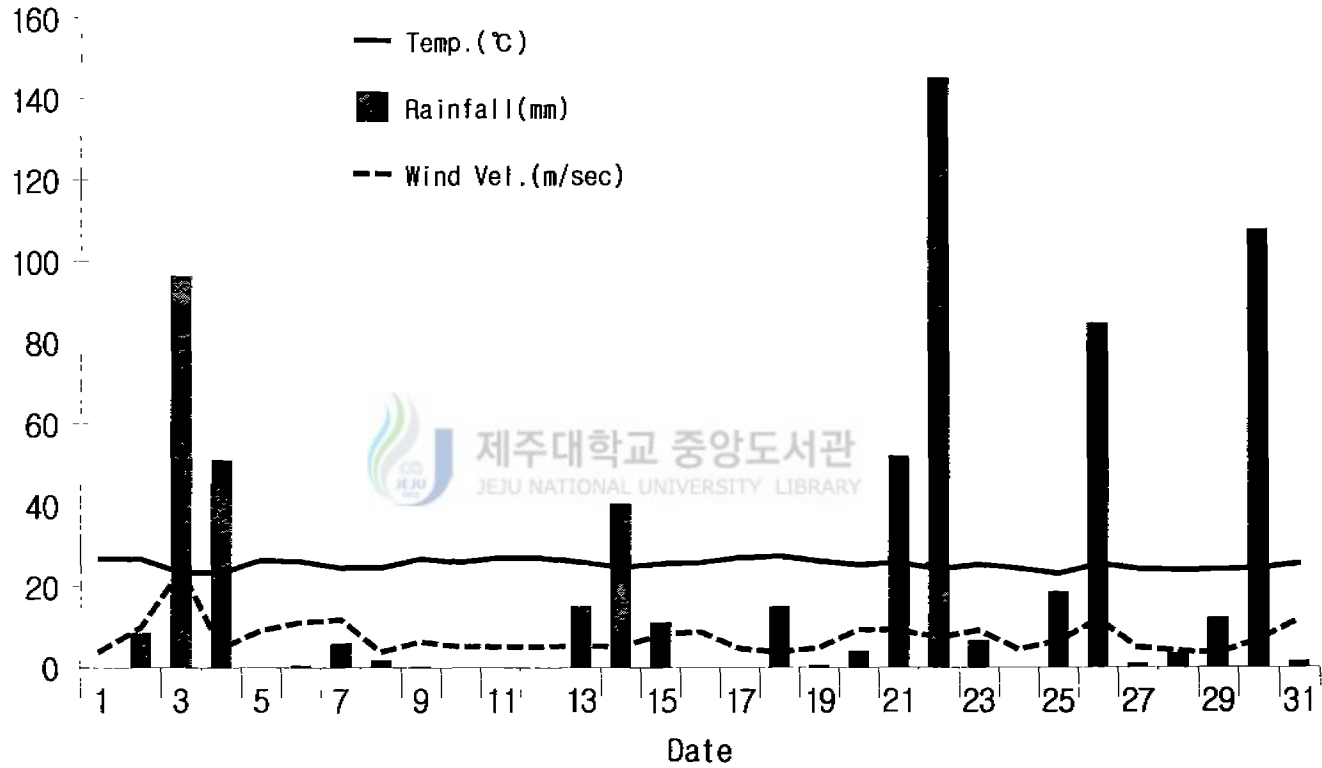
Appendix 6. Weather condition of May at Sogwipo



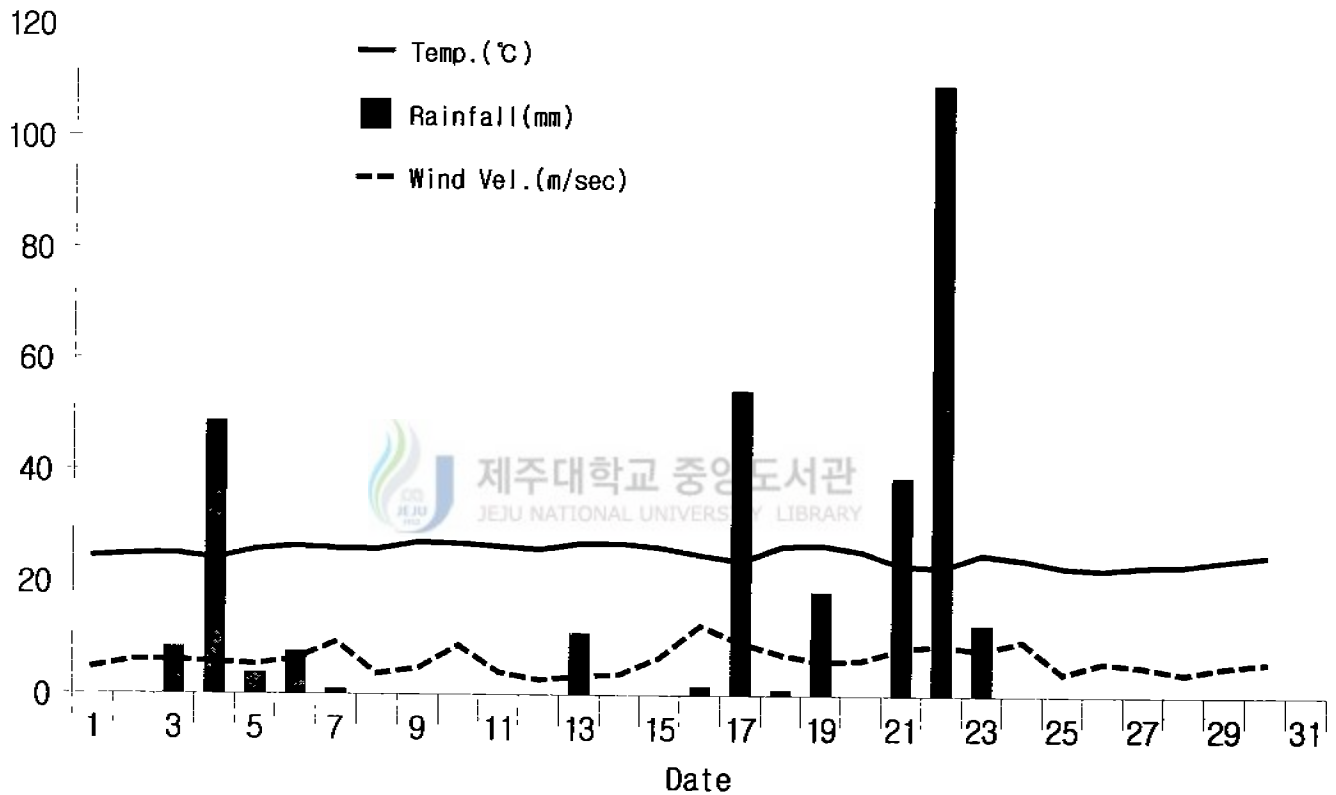
Appendix 7. Weather condition of June at Sogwipo



Appendix 8. Weather condition of July at Sogwipo



Appendix 9. Weather condition of August at Sogwipo



Appendix 10. Weather condition of September at Sogwipo

감사의 글

20세기의 한 시대를 마무리하고 새천년 새로운 세기로 새롭게 도약하는 2000년을 눈앞에 두고 이 논문을 완성하게 되어 매우 뜻 깊게 생각합니다.

먼저 본 논문이 완성되기까지 부족한 제자를 아낌없는 격려와 보살핌으로 지도하여 주신 강영길 교수님께 마음 깊이 감사를 드립니다.

아울러 바쁘신 중에도 논문 심사에 수고하여 주신 권오균 교수님, 오현도 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 항상 조언과 깊은 가르침을 주신 박양문 교수님, 김한림 교수님, 조남기 교수님, 고영우 교수님, 송창길 교수님께도 머리 숙여 감사를 드립니다.

또한 본 연구를 수행하는데 여러모로 조언과 격려를 아끼지 않으시고 논문을 다듬어 주신 진경식 박사님께 각별한 고마움의 뜻을 전합니다.

그리고 학업을 원만하게 마칠 수 있도록 뒷받침 해주신 국립식물검역소제주 지소장님과 동료 직원님들께 깊은 감사를 드립니다.

오늘이 있기까지 나의 결을 지켜 주시고 육남매를 훌륭히 키워주신 어머니, 항상 형제 우애를 먼저 생각하는 익상, 익성, 정화, 윤실, 윤숙 내외분과 조카들에게 고마움을 느끼고 그동안 묵묵히 정성을 다하여 내조해 준 아내 최현주와 이제까지 나의 일에만 열중하고 보살핌이 부족함에도 건강하고 착하게 자라준 사랑하는 은정, 은삼, 문정이와 이 영광을 나누고 싶습니다.

끝으로 아버지 영전에 이 논문을 바칩니다.