

## 대미 감귤 수출단지에서 감귤궤양병 역학 연구

강 익 범, 강 영 길\*

국립식물검역소 제주지소, 제주대학교 식물자원과학과\*

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

Ik Beom Kang, Young Kil Kang\*

Jeju Branch Office, National Plant Quarantine Service  
Dept. of Plant Resources Science, Cheju National University\*

**ABSTRACT** : To understand biology of canker disease, disease forecasting, control and relationship between disease occurrence and no. of bacteriophages in the designated mandarin (*Citrus unshiu*) groves for fruit export to USA, disease severity readings and detections of bacteriophage plaques at different growth stages of mandarin were taken. Effect of disease severity on the increase of bacteriophage population was also assessed. Disease severities on the overwintered leaves of mandarin were different among the areas, but were not different between chemical treatment and no chemical treatment fields due to drop of infected leaves during winter. Disease severity for *Citrus natsudaidai* was higher than for mandarin. Disease occurred from early July to early August on spring leaves of mandarin. In July, disease severities accounted for 1.5 to 1.8% in the chemical treatment fields, and 3.6 to 4.9% in no chemical treatment fields. In August, disease severities increased from 2.1% to 3.8% in chemical treatment field, and from 4.8% to 6.3% in the no chemical treatment fields. On summer leaves of mandarin, disease severities accounted for 6.4 to

7.4% in chemical treatment fields, and from 8.8 to 13.7% in the no chemical treatment fields. Bacteriophage plaques were detected on the overwintered and spring leaves in early June, and summer leaves in late August. Chemical treatment significantly decreased bacteriophage populations of spring and summer leaves. There were significant correlations between disease severity and bacteriophage population in most cases.

## 서 론

우리나라에 재배하고 있는 감귤은 주로 온주밀감으로 감귤류 전체 재배면적의 98%를 차지하고 있으며, 생산량은 1965년 생산량 1천 톤에 불과했으나 1968년부터 정부의 농가소득 증대 지원 육성에 따라 생산량이 계속 증가되어 1998년도에는 25,800ha에서 512천 톤이 생산되었고(제주도, 1961-1997 : 농림부, 1999) 제주농업 총생산액의 절반 이상을 차지하는 중요한 작목이 되었다(제주농협지역본부, 1990-1998). 그러나 감귤이 수요를 넘는 생산 구조로 성장함에 따라 과잉생산 등으로 가격폭락을 겪고 있어 소비시

장을 외국으로 확대하는 생산체제로의 전환이 불가피하게 되었다.

감귤 수출은 1989년까지 연간 10M/T 이내였으나 1990년 캐나다 등에 178M/T이 수출되어 해외에서 좋은 반응이 보임에 따라 대량 수출 가능성이 높은 작목으로 등장하게 되어 현재는 8개국에 연간 6.287M/T이 수출이 되고 있다(식검, 1999c).

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; Hooper, 1995) 궤양병 분포지역으로부터 기주식물 수입을 금지하고 있어 감귤을 미국으로 수출할 수가 없었다. 그러나 1995년부터 한국산 온주밀감에 대해서 궤양병 무병 생산단지 지정 및 완충지대 설정, bacteriophage test, 선과 후 선적까지의 안전조치 등의 조건으로 한·미 식물 검역 협정(식검, 1999a)이 이루어져서 현재 제주도 6개 지역(223ha)에 대미감귤 수출단지가 조성되어 280농가가 수출에 참여하여 1998년까지 1.674.4M/T이 미국으로 수출되었다.

대미감귤 수출단지에는 궤양병 발생이 없어야 하는데 일부 과수원에는 병이 발생되고 있어 방제대책 등 효과적인 관리 방안을 마련하는 것이 시급한 실정으로, 본 연구는 대미감귤 수출단지의 포장에서 시기별 궤양병 발생정도와 bacteriophage 밀도조사 및 감귤궤양병 발생과 bacteriophage 밀도와의 관계를 구명하여 감귤궤양병의 발생 생태를 이해하고 궤양병 발생 예찰 및 방제의 기초 자료로 활용하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 공시 배지 및 균주

공시배지는 Wakimoto potato semi-synthetic agar (WPSA)를 사용하였으며, 궤양병원균 및 bacteriophage

배양을 위한 배지조제는 2,000ml 삼각플라스크에 증류수 1,000ml와 감자 300g을 넣은 후 121°C의 고압살균기에서 20~30분간 끓여 1,000ml 매스실린더에서 여러 겹의 거어즈로 여과한 액에 증류수를 보충하여 1,000ml를 만든다. 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°C water bath에 정치하여 굳는 것을 방지하여 사용하였다.

*Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*(Xac)는 농촌진흥청 농업과학기술원에서 분양받았으며, 공시균주는 직경 9cm의 멸균 petridish에 미리 조제하여 만든 WPSA 배지에서 항온기(26±1°C)에 48시간 배양한 colony를 WPSB배지에 10<sup>8</sup> 정도 희석하여 사용하였다.

### 포장선정 및 궤양병 발생조사

시험지역 선정은 발병조사를 기초로 하여 발병률이 가장 높은 북제주군 애월읍 상가단지와 중간 정도인 제주시 해안단지, 발병률이 가장 낮은 남제주군 남원읍 의귀단지를 선정하였으며, 지역별 포장선정은 상가단지에서 10년생이하, 해안단지와 의귀단지에서 10~15년생을 대상으로 궤양병 무방제 포장, 궤양병 방제포장, 궤양병 무발생 포장을 지역별로 1개씩 선정하였으며 하귤에 대해서는 수출단지 주변의 나무를 대상으로 조사하였다.

온주밀감 및 하귤 궤양병 발생포장에서 온주밀감 월동앞에 대한 조사는 5월 상순(봄순발아기)에 새잎에 대해서는 7월 상순(봄순경화기)과 8월 상순(여름순신장기), 9월 상순(여름순정지기)에 각각 조사하였다. 발병조사는 수출단지내 온주밀감을 대상으로 이병주율을 조사하였고, 이병엽률은 선정된 포장에서 궤양병 이병주 5~10주를 선정하여 주당 4방향에서 200엽을 조사하였다.

감귤궤양병 방제구와 무발생구는 관행재배방법에 따라 약제살포를 실시하였으며, 살포시기와 살포농약

은 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 신장기이고 태풍 "올가" 내습후인 8월 상순(8.4~8.6)에 농용신수화제 1,000배액을 3개 수출단지 방제구별로 각각 3회 충분히 살포하였다. 그러나 케양병 무방제구와 하귤 시험구는 케양병 방제용 약제는 살포하지 않았으나 기타 병해·충에 대해서는 관행 방법에 의해 방제하였다.

**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 운반하였다. 실험실에서는 살균한 250ml 삼각플라스크에 증류수 50ml을 넣고 채취한 감귤잎 3g을 5~7등분으로 잘라 넣었다. 25°C의 진탕배양기(210~220rpm)에서 1시간 진탕한 다음, 시험관에 주사기로 세척액 10ml을 0.2µm membrane filter로 여과시켜 phage 액으로 사용하였다.

WPSSA 배지 9ml를 넣은 시험관에 파지액 1ml와 Xac 균주 배양액 0.2ml를 첨가하여 다시 WPSSA배지에 2ml씩 분주하고, 항온기(26±1°C)에서 18~20시간 배양 후 콜로니계수기에서 2ml당 bacteriophage plaque를 센 후 감귤잎 1g당 phage 수를 산출하였으

며, 9반복으로 시험을 실시하였다(명 등, 1995).

phage 밀도조사를 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 케양병 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(5.25~6.26), 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 완전 경화기인 9월 중순(9.15~9.17)에 9회 조사하였다.

**결 과**

**1. 케양병 발생조사**

실험포장으로 선정된 제주시 해안단지, 북제주군 상가단지 및 남제주군 의귀단지 포장에서 온주밀감 및 하귤의 월동잎에 발생한 감귤케양병 조사결과는

**Table 1.** Disease incidence and severity on overwintered citrus leaves at the designated fruit export fields of Haeon, Sangga and Uigwi areas in early May in 1999.

Species	Chemical treatment	Disease incidence (%) <sup>a</sup>			Disease severity (%) <sup>b</sup>		
		Haeon	Sangga	Uigwi	Haeon	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 natsudaidai</i>	No	100	100	100	5.8	13.8	8.4

<sup>a</sup> Disease incidence (%) =  $\frac{\text{No. of diseased trees}}{\text{No. of surveyed trees}} \times 100$

<sup>b</sup> Disease severity (%) =  $\frac{\text{No. of diseased leaves}}{\text{No. of surveyed leaves}} \times 100$

Table 1에서 보는 바와 같다. 이병주율은 하귤에서 3개 지역 모두 100%를 보였으나 온주밀감에서는 26.7~58.3%로 시험지역간의 차이는 많았으나 약제방제구와 무방제구와는 큰 차이가 없었다. 그러나 온주밀감의 이병엽률은 약제방제구에서 2.1~5.5%이었고, 약제무방제구에서 2.2~4.6%로 서로 비슷한 이병엽률을 보였으나 하귤에서는 5.8~13.8%로 온주밀감보다 높은 이병엽률을 보였다.

3개 지역의 실험포장에서 궤양병 발병조사는 봄순 앞에서는 온주밀감 및 하귤 모두 7월, 8월에 조사하였고 여름순의 경우 온주밀감에서는 9월에 한차례 하였으며, 하귤에서는 여름순 발생이 없어서 조사하지 못하였다(Table 2). 봄순에 대한 온주밀감의 궤양병 발생은 약제방제구에서 7월에 이병주율이 10.0~15.0%, 이병엽률은 1.5~1.8%였으나 8월에 이병주율은 13.3~20.0%이며, 이병엽률은 2.1~3.8%로서 발병이 많이 증가하였다. 그러나 약제무방제구에서 7월에 이병주율은 16.7~30.0%였고, 이병엽률은 3.6~4.9%였으며 또한 8월에 이병주율은 19.7~40.0%이고 이병엽률이 4.8~6.3%로서 약제방제구에 비하여 높은 발병률을 보였다. 그러나 하귤에서는 조사 3개 지역 모두에서 이병엽률이 온주밀감에 비하여 월등히 높았다. 여름순에 대한 궤양병 발생은 약제방제구에서 9월에 이병주율이 25.0~31.7%였고 이병엽률은 6.3~7.4%로서 봄순에 비하여 8월초 태풍 "올가"의 영향

으로 발병이 많이 증가되었다. 약제무방제구 또한 발병주율이 48.3~51.7%이며 이병엽률은 8.8~13.7%로서 약제방제구보다 병 발생이 아주 많았다.

## 2. bacteriophage 밀도조사

### 가. 무발생 월동요

5월 초순과 5월 하순에는 3개 지역의 모든 처리구에서 phage가 검출되지 않았으나 6월초에는 phage가 검출되었는데(Table 3). 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 7월 초 이후에는 phage 검출이 없었다.

### 나. 병발생 월동요

3개 지역 모두에서 5월초 및 5월 하순에는 phage 검출이 안되었다(Table 4). 6월초에 phage가 처음 검

**Table 2.** Disease incidence and severity 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 <sup>a</sup>	Disease incidence (%)			Disease severity (%)		
			Haeon	Sangga	Uigwi	Haeon	Sangga	Uigwi
<i>Citrus unshiu</i>	Yes	July	10.0	15.0	11.7	1.8	1.5	1.5
		August	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
		August	19.7	20.0	40.0	4.8	6.3	5.6
		Sept.	48.3	58.3	51.7	8.8	9.3	13.7
<i>Citrus natsudaidai</i> <sup>b</sup>	No	July	-	-	-	9.9	12.8	12.1
		August	-	-	-	10.9	14.6	12.9
		Sept.	-	-	-	-	-	-

<sup>a</sup> July and August, for spring leaves; September for summer leaves.

<sup>b</sup> Grown in the periphery of the designated fruit export groves.

출되었는데 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 10~100배 많았다. 또한 하귤잎에서도 phage 수가

472개에서 750개가 검출되어 온주밀감 포장의 무방제구와 같은 경향이었다. 그러나 6월하순에는 phage 검출이 급격히 떨어졌으며 하귤잎에서는 phage가 검출되지 않았다. 그리고 7월초에는 모든 처리구에서 phage가 검출되지 않았다.

다. 무발생 봄순잎

모든 조사지역의 봄에 발생한 잎에서 5월초와 5월하순에는 phage 검출이 되지 않았다(Table 5). 건전한

**Table 3.** The number of bacteriophage plaques on healthy overwintered 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 <sup>a</sup>	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 natsudaikai</i> <sup>b</sup>	Diseased	No	Haean	0	0	796b	0	0
			Sangga	0	0	292d	0	0
			Uigwi	0	0	870b	0	0

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

<sup>b</sup> Grown in the periphery of the designated fruit export fields.

**Table 4.** The number of bacteriophage plaques on diseased overwintered citrus leaves at the designated fruit export fields of three areas in 1999.

Species	Chemical treatment	Area	No. of plaques per 1g leaf				
			Early May	Late May	Early June	Late June	Early July
<i>Citrus unshiu</i>	Yes	Haean	0	0	75e <sup>a</sup>	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 natsudaikai</i>	No	Haean	0	0	750bc	0	0
		Sangga	0	0	472d	0	0
		Uigwi	0	0	703cd	0	0

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

포장에서 발생한 앞에서는 6월초부터 7월초까지 1g의 앞에서  $2.7 \sim 5.5 \times 10^1$ 개의 phage가 검출되었으나 7월말에는 phage 수가 급격히 떨어졌으며 8월초에는 태풍 "올가" 영향으로 증가하였으나 8월말에는 phage가 검출되지 않았고 9월중순에는 약간의 phage가 검출되었다. 또한 약제방제한 3개 조사지역의 발병포장에서

는 6월초와 6월하순에는  $1.1 \sim 4.7 \times 10^2$ 개의 phage가 검출되었지만 7월초, 7월하순 및 8월초에는  $1.8 \sim 10.1 \times 10^1$ 개로 줄어들었으며 8월하순에는 phage 검출이 없었다. 그리고 9월중순에는 phage 검출이 약간 증가하는 경향이였다. 건전포장 및 약제방제 포장에서의 phage 검출은 6월초 상가와 의귀를 제외하고는 모든

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

Field	Chemical treatment	Area	No. of plaques per 1g leaf							
			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 <sup>a</sup>	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 natsudaidai</i> <sup>o</sup>										
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

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

<sup>t</sup> Grown in the periphery of the designated fruit export fields.

**Table 6.** 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 leaf				
			Early July	Late July	Early Aug.	Late Aug.	Mid. Sept.
<i>Citrus unshiu</i>	Yes	Haean	194f <sup>a</sup>	157cd	240c	46c	46d
		Sangga	223f	129cd	277c	37c	55d
		Uigwi	223f	83d	305c	18c	55d
	No	Haean	750cd	389b	1055b	536b	138b-d
		Sangga	833bc	509ab	1305a	472b	296a
		Uigwi	556de	583a	1083b	171c	259a-c
<i>Citrus natsudaidai</i>	No	Haean	1027b	175cd	259c	194c	64d
		Sangga	1620a	250c	416c	962a	287ab
		Uigwi	453e	129cd	194c	120c	129cd

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

검출시기에 있어서 유의차가 없었다. 그러나 3개 지역의 감귤퀘양병 무방제구의 온주밀감과 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 유지되었다.

라. 병발생 봄순잎

봄순잎에서의 퀘양병은 7월 초부터 발생되기 시작하였고 phage 밀도는 잎 1g당  $1.9 \sim 16.2 \times 10^2$ 개이었는데(Table 6). 약제방제구에서 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 감귤퀘양병 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.

마. 무발생 여름순 잎

여름순잎에서의 phage 검출은 월동잎이나 봄순잎에 비하여 모든 처리구에서 월등히 많았는데(Table 7) 이것은 평년에 비하여 8월초에 태풍 "올가"의 영향과 여름철에 비가 많았기 때문으로 생각된다. 감귤 퀘양병 무발생포장의 여름순잎에서 8월하순부터 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 발생된 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.

바. 병발생 여름순 잎

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 phage수가 무병잎에 비하여 100배가 증가하였다(Table 8). 9월중순에는 방제구에서 phage 밀도가  $10^7$ 이었고 무방제구에서는

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

Species	Chemical treatment	Area	No. of plaques per 1g leaf		
			Late Aug.	Mid. Sept.	
<i>Citrus unshiu</i>	Healthy field	Haeon	546f <sup>a</sup>	148d	
		Sangga	805ef	888d	
		Uigwi	509f	388d	
	Yes	Haeon	1592d	13426cd	
		Sangga	1712d	21046c	
		Uigwi	1407de	13787cd	
		Haeon	5148b	139741b	
		No	Sangga	5898a	224907a
			Uigwi	3453c	133611b

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

<sup>b</sup> Summer leaves were not produced

10<sup>4</sup>개의 phage가 존재하고 있어 무병잎에 비하여 phage 밀도가 각각 1000배로 증가하였다.

3. 감귤궤양병 발생정도가 시기 및 엽위별 bacteriophage 검출에 미치는 영향

월동잎에 발생한 궤양병은 봄순 무병잎의 6월하순 및 7월초순, 이병잎의 7월초순 및 8월하순의 bacteriophage 밀도와 정의상관관계가 있었다(Table 9).

또한 7월에 조사한 봄순잎에서의 궤양병 발생정도는 7월초순 봄순 건전잎 및 이병잎, 8월하순과 9월중순 봄순 이병잎과 여름순 건전잎 및 이병잎에서 검출한 bacteriophage 밀도와도 정의상관관계가 인정되

었다(Table 10). 8월에 조사한 궤양병 발생정도는 8월하순과 9월중순 봄순 이병잎, 여름순 건전잎 및 이병잎에서 검출한 bacteriophage 밀도와도 정의상관관계가 있었다(Table 11).

여름순잎에 발생한 궤양병은 9월 중순의 봄순 이병잎, 여름순 건전잎 및 여름순 이병잎에서 검출한 bacteriophage 밀도와도 정의 상관관계가 있었다 (Table 12).

고 찰

월동잎에서의 감귤궤양병 발생은 온주밀감 포장의

Table 8. 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 leaf	
			Late Aug.	Mid. Sept.
<i>Citrus unshiu</i>	Yes	Haean	37444 d <sup>a</sup>	1.13 × 10 <sup>4</sup> c
		Sangga	67037 d	1.73 × 10 <sup>4</sup> c
		Uigwi	35231 d	1.79 × 10 <sup>4</sup> c
	No	Haean	120833 c	1.26 × 10 <sup>5</sup> b
		Sangga	732407 a	1.95 × 10 <sup>5</sup> a
		Uigwi	169074 b	1.41 × 10 <sup>5</sup> b

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

<sup>b</sup> Summer leaves were not produced for *Citrus natsudaidai*.

Table 9. Regression equations between disease severity on overwintered leaves and no. of bacteriophage plaques detected on different leaves at various sampling times in 1999.

Leaf condition	Sampling time	Regression equation	Significant level <sup>a</sup>
Healthy overwintered leaves	Early June	y = 406.7 + 6.0x	NS
Diseased overwintered 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

<sup>a</sup> NS : Not significant \* : Significant at 5% probability level. \*\*: Significant at 1% probability level

약제방제구에서는 상가단지가 이병엽률에 있어서 5.5%로 가장 높았고 해안단지가 2.1%로서 가장 낮았으며 약제무방제구에서도 비슷한 경향이었는데 그 원인은 상가단지포장에는 유목이 많았고, 주위의 방

풍림과 관계가 있는 것으로 사료된다(Table 3). 또한 약제방제구와 무방제구의 이병엽률 차이가 줄어든 것은 궤양병에 감염된 잎이 낙엽을 촉진시켰을 것으로 예측 되었는데, 감귤궤양병에 감염되었을 때에 그

**Table 10.** 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 <sup>a</sup>
Healthy 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.	$y = 54.5 + 13.4x$	*
Healthy summer leaves	Late Aug.	$y = 265.4 + 1013.4x$	**
	Mid. Sept.	$y = -7943 + 43793x$	**
Diseased summer leaves	Late Aug.	$y = -58064 + 97755x$	**
	Mid. Sept.	$y = -1.8 \times 10^7 + 3.9 \times 10^7 x$	**

<sup>a</sup> NS : Not significant \* : Significant at 5% probability level \*\* : Significant at 1% probability level

**Table 11.** 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 <sup>a</sup>
Healthy 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.	$y = 39.4 + 13.7x$	*
Healthy summer leaves	Late Aug.	$y = 210.3 + 698.8x$	**
	Mid. Sept.	$y = -4310.3 + 28097x$	*
Diseased summer leaves	Late Aug.	$y = -58932 + 65663x$	*
	Mid. Sept.	$y = -2.0 \times 10^7 + 2.7 \times 10^7 x$	**

<sup>a</sup> NS : Not significant \* : Significant at 5% probability level \*\* : Significant at 1% probability level

**Table 12.** 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 <sup>a</sup>
Diseased spring leaves	Mid. Sept.	$y = -6.6 + 15.5x$	**
Healthy summer leaves	Mid. Sept.	$y = 740 + 13066x$	*
Diseased summer leaves	Mid. Sept.	$y = -1.2 \times 10^7 + 1.2 \times 10^7 x$	*

<sup>a</sup> \* : Significant at 5% probability level \*\* : Significant at 1% probability level

피해는 조기 낙엽 및 낙과에 의한 피해뿐만 아니라 피해과실이 성숙기까지 남아 있어 상품성을 떨어뜨린다는 Stall(1989)의 보고와 일치 하였다.

온주밀감은 중도저항성으로 (Stall, 1989; Hayword 와 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, 1999b). 따라서 제주도 감귤의 미국 수출은 퀘양병 무병 생산단지를 지정하고 완충지대로 설정된 지역에는 이병성 감귤을 재배하지 않고 박테리오파지 테스트 등의 검사에 의해 적합한 과실만을 수출조건으로 하여 현재 수출 중에 있다. 그러나 현재 수출단지에는 퀘양병발생이 없어야 하지만 일부 과수원에서는 병이 발생되고 있다. 이병과수원에서 새로 발생하는 앞에서 퀘양병 발생양상을 조사한 결과, 7월초부터 병이 발생되기 시작하였으며 피해는 약제방제구에서 1.5~1.8% 이었고 무방제구는 3.6~4.9%로서 약제방제 효과가 인정되었다. 감귤퀘양균은 주로 상처나 기공을 통하여 잎이나 줄기가 자라기 시작한 6주 이내에 침입을 하며 그후에는 병원균에 감염되어도 병발생이 안되거나 아주 작은 돌기만 형성한다(Stall, 1989). 병원균이 침입하기 전에 약제방제를 함으로써 병원균 침입을 억제하거나 또는 병원균 증식을 저지시켜 병 발현을 억제하여 피해를 감소시킨 것으로 사료된다. 문 등(1995)은 봄순 앞에서 최초 병발생이 6월부터 시작되었고 과실에는 7월부터 시작되었다고 보고하였는데 대미수출단지는 일반 과수원에 비하여 관리 상태가 양호하여 최초 병발생이 늦은 것으로 생각되었다. 그리고 봄순 경화기인 8월 조사에서도 병발생이 무방제구에서 최고 6.3%로서 이 등(1998)이 보고한 병발생 정도에 비하여 적었다.

여름순앞에서 병발생은 8월초에 태풍 "올가"가 있었고 여름철 강수량도 전년도에 비하여 월등히 많아 퀘양병 발생에 좋은 조건이었지만 방제구에서 6.3~7.4%, 무방제구에서 8.8~13.7% 정도로 이 등(1998)이 보고에 비하면 적었다. 퀘양병 방제시험에서 발병

엽률이 무방제일 경우 73.7%이고 약제에 의해 방제를 하였을 때 농용신수화제 처리가 1.3%, 쿠퍼수화제처리가 8.3%로 발병률을 줄일 수는 있지만(이 등, 1999) 화학적 방제만으로는 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 하귤포장에서의 병발생은 온주밀감 포장에 비하여 발생정도가 크다고 하였는데 하귤이 이병성이라는 특성과 전염기주로서 중요하기 때문에 감귤수출 포장에서의 하귤 제거는 매우 중요하다고 생각된다.

모든 시험구에서 6월초부터 bacteriophage가 검출되기 시작하였는데, 이는 퀘양병 발생보다 약 1개월 전으로서 6월에 이미 퀘양균이 감귤잎에서 활동이 시작된 것을 알 수 있다. 베헤인잎마름병 발생은 논물 및 수로에서 bacteriophage가 검출되기 시작한 후 일정기간이 지난 후에 병이 발생된다고 Mizukami와 Wakimoto(1969)의 보고와 비슷하였다. 시험포장의 봄순에 퀘양병이 발생되기 이전 검출량에 차이를 보이는 것은 약제방제 여부에 따라 세균 활동에 차이가 있는 것으로 사료된다. 봄순앞에서 bacteriophage 검출정도를 보면 건전포장에서 약  $10^1$ , 약제방제구에서 약  $10^2$ , 무방제구 및 하귤포장에서 약  $10^3$  정도가 검출되었지만 병발생 후에는 무병앞에서 bacteriophage 밀도가 줄었으나 이병앞에서는 그 밀도가 계속 유지되었다. 이것은 세균의 활성정도가 시기별(엽령별)로 차이가 있지만 이병앞과 무병앞에서 세균밀도에 차이가 있음을 간접적으로 알 수 있었다. 또한 여름순앞에서의 bacteriophage 검출량이 봄순앞에서의 검출량보다 월등히 높은 것은 여름철 동안 많은 강수와 8월초 태풍 "올가"의 내습으로 감귤잎에 많은 상처를 주어 세균활동 및 증식이 촉진되었을 것으로 생

각되며 또한 세균밀도 증가에 따른 bacteriophage 밀도도 같이 증가한 것으로 사료된다.

본 실험에서 감귤퀘양병 발생과 bacteriophage 밀도와는 대부분 정의상관관계가 있었는데, 이는 bacteriophage 밀도와 병원세균량 및 병발생과의 관계가 높은 정의 상관이 있다는 Tagami(1959)의 보고와 일치하였다.

대미 수출용 온주밀감은 퀘양병이 발병되지 않도록 되어있으나 해마다 퀘양병이 다소 발생되고 있어 과실에 발병되지 않도록 철저한 방제가 요망된다. 퀘양병의 효과적인 방제시기는 감귤퀘양병균의 활성과 phage의 발생 및 그 밀도와 깊은 상관관계가 있으므로 phage 발생시기부터 약제방제를 시작하는 것이 효과적일 것 같다. 1995년부터 대미수출단지 감귤퀘양병검사에 사용하고 있는 bacteriophage법은 복잡하고 인력이 많이 소요되는데 Jin 등(2001)에 의해 보다 정확하고 간편한 ELISA법이 개발되어 있으므로 아마 몇 년 후에는 ELISA법에 의해 퀘양병검사가 이루어질 것으로 생각된다.

### 적 요

대미 감귤 수출단지에서 문제되는 감귤퀘양병의 발생생태, bacteriophage 검출량과의 관계를 이해하기 위하여 퀘양병 발생정도와 bacteriophage량을 검출하였고 퀘양병 발생률과 bacteriophage 밀도와의 관계를 조사 분석하였다.

온주밀감 월동잎에 대한 퀘양병 발생은 조사지역 간 병발생 차이는 많았으나 겨울철 이병잎의 낙엽에 의하여 약제 방제구와 무방제구 간의 차이는 없었다. 하귤에서의 퀘양병 발생은 온주밀감에서 보다 월등히 높았다. 온주밀감 봄순에서 퀘양병 발생은 7월초부터 시작되었으며 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 발병률이 낮았다. 9월에 여름순잎에서의 퀘양병 발생은 방제구에서 6.3~7.4%, 무방제구에서 8.8~

13.7% 이었다.

bacteriophage는 월동잎과 봄잎에서는 6월 상순, 여름잎에서는 8월하순에 검출되었고 phage 밀도는 무방제구에 비하여 방제구에서 현저히 줄어들었다. 과양병 발병정도와 phage 밀도와는 대부분의 경우 유의한 정의상관이 있었다.

### 사 사

이 연구를 수행하는데 여러 가지로 협력해 주신 국립식물검역소 진경식 박사과 제주지소 직원들에게 감사사를 드린다.

### 인용문헌

1. CABI and EPPO. 1992. Data sheets on quarantine pest *Xanthomonas campestris* pv. *citri*. In Quarantine pest for Europe pp. 801-807.
2. Commonwealth of Australia. 1984. Citrus canker *Xanthomonas campestris* pv. *citri*. Plant Quarantine Leaflet No.12. Commonwealth Dep. of health, Australia.
3. 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.
4. Hopper, B. E. 1995. NAPPO compendium of phytosanitary terms [국립식물검역소번역, 1995. 북미식물보호기구의 식물위생용어해설집]
5. Jin, K. S., I. B. Kang, K. I. Ko, E. S. Lee, J. Y. Heo, Y. K. Kang, and B. K. Kim. 2001. Detection of *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* on citrus fruits using enzyme-linked immunosorbent assay. Plant Pathol. J. 17(1):62-66.
6. Loucks, K. W. 1934. Citrus canker and its eradication in Florida. Fla. State Dept. Agric. Consum. Serv. Gainesville, FL.

7. Mizukami, T. and S. Wakimoto. 1969. Epidemiology and control of bacterial leaf blight of rice. *Annu. Rev. Phytopathol.* 7:51-72.
8. Schoulties, C. L., E. L. Civerolo, J. W. Miller, R. E. Stall and C. J. Krass. 1987. Citrus canker in Florida. *Plant Dis.* 71:388-395.
9. Stall, R. E. 1989. Canker. *Compendium of citrus disease.* pp. 6-7. APS press St. Paul. Minesota.
10. 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.
11. 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. Phytopath. Soc. Jpn.* 24:6.
12. 국립식물검역소. 1999a. 한국산 감귤생과실의 대미수출검역요건. *식물검역규정집.* pp. 300-314.
13. 국립식물검역소. 1999b. 미국 플로리다주 감귤궤양병 비상사태 선포. *식물검역정보.* 85:13.
14. 국립식물검역소. 1999c. 1998년도 식물검역연보.
15. 농림부. 1999. *농림통계연보 (1998).* pp. 86-107
16. 명인식, 이영희, 조용섭. 1995. 감귤궤양병균 (*Xanthomonas campestris* pv. *citri*) bacteriophage (CPK-P5)의 배양적 특성. *한국식물병리학회지.* 11:191(요지).
17. 문덕영, 권혁모, 김광식, 윤상태, 권오균. 1995. 수출감귤의 문제 병해충 방제를 위한 생태연구. *농진청 과수연구소 제주감귤연구소.* 85 pp.
18. 이성찬, 송장훈, 김대현. 1998. 감귤궤양병의 발생 생태 및 방제법 연구. 1997년도 농진청 원예연구소 제주감귤연구소 시험연구보고서. pp. 656-659.
19. 이성찬, 송장훈, 김대현. 1999. 감귤궤양병의 발생 생태 및 방제법 구명. 1998년도 농진청 원예시험장 시험연구보고서. pp. 303-318.
20. 제주농협지역본부. 1990-1998. 감귤유통처리실태 분석.
21. 제주도. 1961-1997. *제주통계연보.*
22. 조용섭, 박창석, 이순구, 이영근, 임춘근, 차재순, 최용철, 최재을, 허성기, 황인규. 1999. *식물세균병학.* 서울대학교 출판부. pp. 329-334.