

고랭지배추 바이러스병의 발생 및 피해요인 분석

최준근* · 이재홍 · 이세원 · 함영일¹ · 안재훈¹ · 최장경²
강원도농업기술원, ¹고령지농업시험장, ²강원대학교 농생물학과

Occurrence of Virus Disease of Chinese Cabbage and Its Influence on Cabbage Production in Alpine Area

Jun Keun Choi*, Jae Hong Lee, Se Weon Lee, Yong Il Hahm¹,
Jae Hoon Ahn¹ and Jang Kyung Choi²

Kangwon-do Agricultural Research and Extension Service, Chuncheon, 200-150, Korea

¹National Alpine Agricultural Experiment Station, RDA, Pyoungchang, 232-950, Korea

²Department of Agricultural Biology, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea

ABSTRACT: The studies on the ecology of virus disease on Chinese cabbage (*Brassica campestris* subsp. *pekinensis*) cultivated in alpine area of Kangwon province during summer season to analyse its influence on damage and develop a prediction model were performed from 1993 to 1997. Virus disease on Chinese cabbage occurring in the alpine area showed various symptom types and among there, necrotic spots and dwarf were mainly detected. The disease was increased from early August and continued mid September in every year. The occurrence of virus disease was the highest in 1994 with 20.5%, and the number of aphid vectors were also the highest during the same period. The number of aphids in the alpine areas showed twice peaks every year. For the analysis of damage by virus infection, turnip mosaic virus(TuMV) was inoculated to the Chinese cabbage at 10 days interval. In this experiment, the infection and injured ratio of all treatments were more than 90% and 80%, respectively. The most important factor for the occurrence of virus disease on Chinese cabbage was temperature. Factors influencing the development of the viral disease in the alpine area were maximum temperature and number of aphid vectors.

Key words: aphid, Chinese cabbage, turnip mosaic virus (TuMV), virus disease.

우리나라에서 재배되고 있는 배추(*Brassica campestris* subsp. *pekinensis*)는 대부분 70일 전후의 재배기간이 소요되는 결구형 배추이다. 배추는 생육적온이 20°C 전후의 서늘한 기후를 좋아하는 저온성작물이기 때문에(20), 여름철 고온기에는 산간 고랭지대에서 단경기로 재배된다. 그러나 우리나라 고랭지의 배추 재배지역은 대부분 해발 600 m를 전후한 준 고랭지로서, 해에 따라 배추의 생육시기인 7, 8월에 고온이 되어 생육이 극히 불량해지고 특히, 환경조건의 변화에 따라서 바이러스병 등 병해충의 발생이 빈발하는 여러가지 문제점을 안고 있다(5, 8). 배추에 바이러스병을 일으키는 주요 병원바이러스는 순무 모자이크 바이러스(turnip mosaic virus, TuMV)로 상처를 통한 즙액전염도 하지만, 자연상태에서는 복숭아혹진딧물 등 40여종의 매개진딧물에 의한 충매전염이 이루어지기 때문에 병 발생 및 진전은 진딧물의 밀도와 밀접한 관계가 있다(10, 12, 24, 27). 또한 식물체의 성장정도는 바이러

스병의 발생과 관련이 깊어 어릴수록 감염되기 쉬우며, 재배 당시의 기상환경에 의한 배추의 생육상태에 따라 바이러스병의 발현 및 진전정도가 다르게 나타난다(18, 19, 21, 22, 26). 이와 같이 배추 바이러스병의 발생 및 진전은 진딧물의 밀도와 기상환경에 의한 배추의 생육상태 등 여러 조건에 의하여 영향을 받는다. 바이러스병 발생예찰에 있어서는 McLean 등(17)이 sugar beet yellows virus 병 발생에 대한 모니터링, 모델링 및 발생예측을 통한 방제방법이 제시 되었으나(9, 11), TuMV에 의한 배추 바이러스병의 피해분석이나 발생예찰은 보고된 바 없다.

본 연구는 고랭지배추 바이러스병의 발생예찰을 위한 기초자료를 얻기 위하여 여름배추의 주요 생산지인 강원도 고랭지지역을 대상으로 1993년부터 1997년까지 시기별로 바이러스병의 발생과 병징별 분포상황을 조사하고 바이러스병 발생에 영향을 미치는 환경요인을 분석하였다. 또한, 배추의 생육단계에 따른 바이러스 감염시기별 피해분석을 실시하였으며, 조사지역의 기상과 진딧물 비례 상황에 따른 배추 바이러스병의 발생에 영향을 주는 요

*Corresponding author

인을 분석하였다.

재료 및 방법

배추 바이러스병의 발생 및 피해실태 조사. 1993년부터 1997년까지 5년간 고랭지배추의 재배기간인 6월부터 9월에 걸쳐 강원도 평창군, 홍천군, 횡성군 등 고랭지배추 주산단지에서 10일 간격으로 바이러스병의 발생상황을 조사하였다. 배추 바이러스병의 발생조사는 재배 시기에 따라 결구기를 전후한 포장에서 지역별, 재배 면적별로 실시하였다. 즉, 조사포장마다 면적을 감안하여 100~300주를 무작위로 선정한 다음, 바이러스병의 발생상황을 배추에 나타나는 병징에 의해 발병주율로 조사하고, 이를 분석하여 시기별 평균발병율, 최저 및 최고발병율로 나타냈다. 또한 배추에 나타난 바이러스병의 병징을 유형별로 조사하여 이에 대한 비율을 계산하였다. 한편, 평지에서 배추 바이러스병의 피해상황을 조사하기 위하여 1995년 춘천의 강원도농업기술원 시험포장에서 고냉지여름배추를 공시품종으로 4월부터 9월까지 1개월 단위로 종자를 파종하여 육묘한 다음 표준경종법에 준하여 포장에 정식하였다. 병 발생상황 조사는 5월 중순부터 10월 하순까지 10일 간격으로 300포기를 선정하여 평균 발병율로 나타냈다.

배추 바이러스병의 감염시기에 따른 피해분석은 강원도농업기술원 시험포장에서 고냉지여름배추를 공시하여 다음과 같이 시험을 실시하였다. 1995년 8월 6일에 25공연결포트에 시판용 상토를 사용하여 파종, 육묘한 후 8월 26일에 70×40 cm의 간격으로 정식하였으며 기타 재배 방법은 표준경종법에 준하였다. 공시 바이러스로는 배추에서 분리 증식한 TuMV-cqs(2,3)를 사용하여 배추 파종 후 10, 20, 30일 간격으로 각각 1회 접종하였다. 바이러스 발병조사는 배추 정식후 9월 9일, 9월 21일, 10월 4일 3회에 걸쳐 바이러스의 감염여부와 병이 진전됨에 따라 나타나는 배추의 피해정도를 상품성을 기준으로 0~4의 5단계로 구분하고 개체별로 가중치를 주어 피해율로 환산하였다.

기상 및 진딧물 비래상황 조사. 배추 바이러스병의 발생에 영향을 주는 환경요인을 분석하기 위한 기상자료는 1993년부터 1997년까지 고랭지배추의 재배면적이 가장 넓게 분포하는 해발 600 m에 위치한 강원도 평창군 진부면 간평리 소재 작물시험장 진부출장소에서 조사한 자료를 이용하였다. 사용한 기상요소로는 평균기온을 비롯한 최고기온, 최저기온, 강수량 및 일조시수 등 작물의 재배 환경에 영향을 주는 5개 요소를 취하였다. 배추 바이러스병의 매개충인 진딧물의 비래상황 조사는 강원도 평창군 도암면 횡계리 소재 해발 800 m에 위치한 고령지농업시험장에서 조사하였다. 고령지농업시험장 구내에 40×50

cm 크기의 황색수반을 1개 설치하고 매일 오전 10:00시를 전후하여 황색수반에 유인된 비래진딧물을 수집하여 해부현미경하에서 비래한 총 진딧물 수와 바이러스 매개진딧물(16)의 수를 구분하여 조사하였다.

배추 바이러스병의 발생요인 분석. 연차별로 조사한 고랭지배추의 바이러스병 발생상황 자료를 이용하여 바이러스병 최대 발생년도인 1994년의 시기별 발생율과 같은 시기의 평창군 진부면 지역의 기상과 대관령에 비래해 온 진딧물 밀도와의 관계를 Excel program을 사용하여 도표로 나타냈다. 배추 바이러스병의 발생예찰을 위한 발병요인 분석에 이용된 통계자료는 1993년부터 1997년까지 5년에 걸쳐서 강원도 고랭지배추 주산단지를 시기별로 조사한 고랭지배추 바이러스병 발생조사 자료를 기초로 하였으며, 아울러 기상 및 비래진딧물 자료는 위의 항에서 조사한 결과를 이용하였다. 통계모형 작성방법은 연차별, 시기별로 조사한 고랭지배추 바이러스병의 발생정도를 종속변수로 하고, 당해년도의 기상환경요소와 진딧물 밀도를 독립변수로 하여 작성하였다. 통계적 모형의 최적회귀를 위한 통계분석은 변량증감법(stepwise method)(13)을 사용하였는데, 기상자료 및 진딧물 밀도는 10일 이후의 발병에 영향을 미치지 때문에(2,5), 조사당일에 대해서 10일 이전의 자료를 이용하였다. 통계처리는 SAS program package를 이용하였다.

결 과

배추 바이러스병의 피해실태. 1993년부터 1997년까지 강원도 일원 고랭지배추 재배지의 바이러스병 발병율을 조사한 결과, 조사가 시작된 6월 중순부터 9월 하순까지 전 기간에 걸쳐 연도별, 시기별로 큰 변동폭을 보였다(Table 1). 즉, 평균 발병율이 20.5%로 가장 높게 나타난 1994년은 병 진전속도가 빠르고 포장에 따라서는 100%까지 이병되었던 반면, 발병율이 4.9%로 가장 낮았던 1993년에도 포장에 따라서는 53.0%의 이병율을 나타낸 경우도 있었다. 시기별로 조사한 병 발생상황은 매년 6월 하순까지 병의 발생이 낮았고 8월 상~중순의 발병율이 높게 나타나는 경향을 보였다.

고랭지배추에 발생하는 바이러스병의 병징은 다양하게 나타났으며 조사년도에 따라 차이를 보였다(Fig. 1, Table 2). 가장 일반적으로 관찰되는 배추 바이러스병의 병징 유형은 생육초기~중기에는 잎에 흑갈색의 매우 작은 반점이 생기고 주로 신초의 생장이 억제되면서 위축되는 증상이 나타났고, 생육중기 이후에는 속잎에 원형의 괴사반점을 형성하는 병징이 많았다. 특히 괴사반점증상은 주로 잎의 주맥을 중심으로 반엽 정도 형성되면서 심하면 속잎까지 번지는 특성을 보였다(Fig. 1). Table 2는 1993년부터 1997년까지 고랭지배추에 나타난 바이

Table 1. Occurrence of virus disease on Chinese cabbage in alpine area of Kangwon province from 1993 to 1997

Year	P ^a	Jun.		Jul.			Aug.			Sep.			Mean
		M ^b	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	
1993	Mean	4.7	0.8	0.6	3.3	0.8	3.0	6.4	18.0	4.8	3.6	-	4.0
	Min.	0.7	0	0	0	0	0	0	2.0	0	0	-	
	Max.	12.0	3.5	2.0	11.0	2.5	15.0	53.0	48.0	26.0	11.0	-	
1994	Mean	0.6	0.9	6.6	2.8	1.1	39.0	48.1	42.3	26.0	21.0	-	20.5
	Min.	0	0	0	2.0	0	0	8.0	1.0	4.0	4.0	-	
	Max.	2.0	4.0	17.0	4.0	4.0	92.0	100	100	100	28.5	-	
1995	Mean	0.4	2.0	3.6	1.8	1.5	4.5	5.2	19.9	25.7	9.4	6.5	7.0
	Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Max.	1.5	4.0	24.0	9.0	4.5	14.5	19.0	45.0	70.0	30.5	11.5	
1996	Mean	0.8	0	3.1	0.8	0.9	35.2	17.6	18.4	23.0	18.3	5.1	12.1
	Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Max.	3.5	0	11.5	2.5	7.0	91.0	90.0	55.0	74.0	66.0	12.0	
1997	Mean	3.4	3.7	10.8	7.6	2.0	0.6	13.1	6.8	7.9	6.7	-	6.1
	Min.	0	0	1.0	0	0	0	0	0	0	0	-	
	Max.	10.5	10.0	27.5	16.5	4.0	2.0	22.5	13.0	15.5	27.0	-	

^aPercentage of Chinese cabbage infected by virus disease at each investigated fields.

^bE, M and L indicate surveyed periods at 10 days intervals.

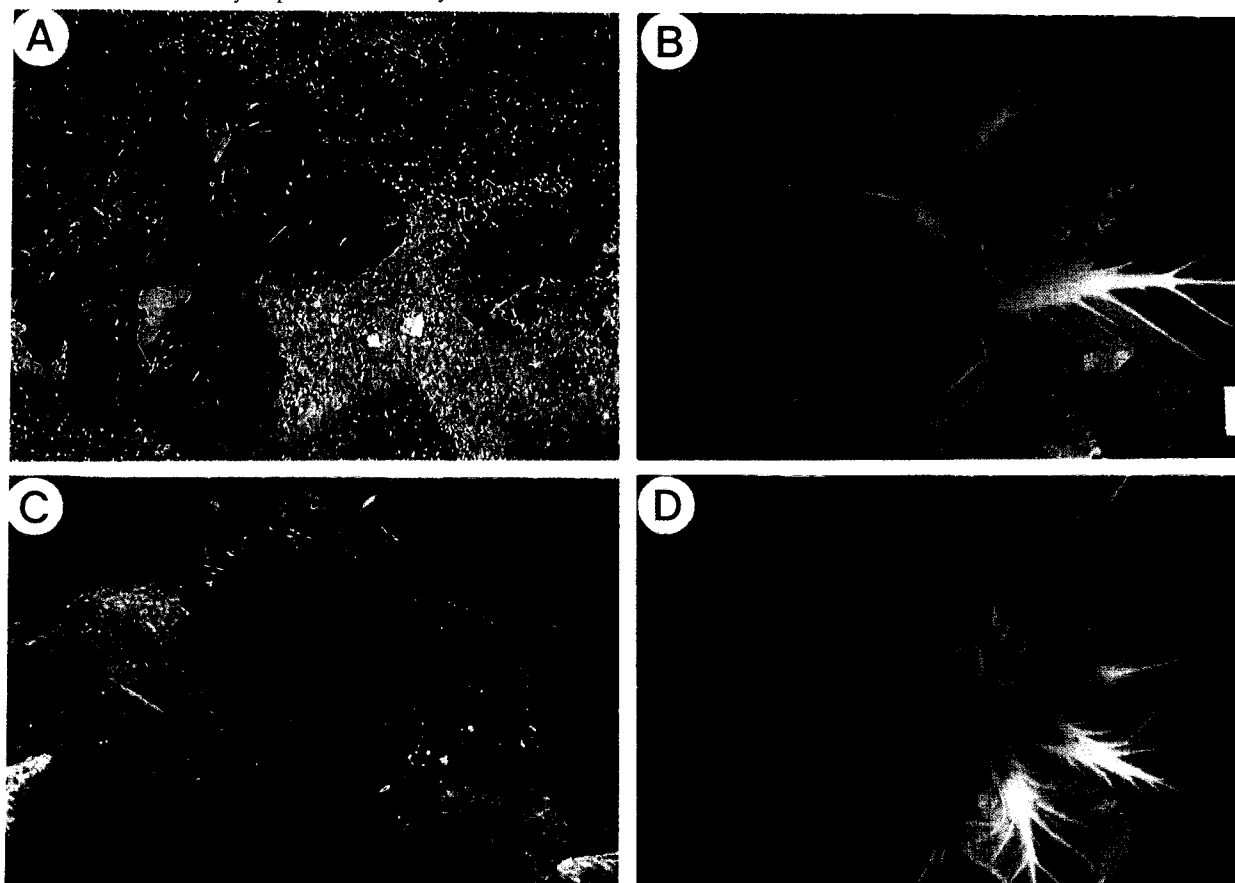


Fig. 1. Viral symptoms on Chinese cabbage naturally infected in fields. A: Healthy(left plant) and malformation(right plant). B, C and D: Necrotic spots, mosaic and yellow mosaic symptoms, respectively.

러스병의 병징별 유형을 나타낸 것이다. 이들 병징의 5년간 발생양상을 보면 괴사반점증상이 51.0%로서 가장 많

았고, 그 다음은 위축증상(24.9%)으로 나타났다. 특이한 점은 바이러스의 발생이 심했던 1994년에는 괴사반점과

Table 2. Symptoms and distribution of virus disease on Chinese cabbage in alpine area from 1993 to 1997

Viral symptoms ^a	Incidence ratio of viral symptom(%)					
	1993	1994	1995	1996	1997	Mean
NS	90.3	30.1	49.4	39.7	49.8	51.0
Mal	4.1	3.7	36.0	39.9	40.9	24.9
M	0	19.0	3.1	15.1	2.6	7.9
YM	0	0.2	0	0.7	0	0.2
NS+Mal	2.8	8.0	3.3	0.4	1.5	3.3
NS+YM	2.8	0	0	0.7	0	0.7
NS+M	0	37.6	4.8	0.6	1.6	8.9
Others	0	1.4	3.4	2.9	3.6	2.2
Incidence ratio of virus	4.0	20.5	7.0	12.1	6.1	9.9

^aNS: necrotic spot, Mal: malformation, M: mosaic, YM: yellow mosaic.

모자이크의 복합증상이 많이 나타나 바이러스병 격발시에는 배추의 생육이 정지되었으나, 상대적으로 바이러스병의 발생이 적었던 1993년에는 생육후기에 대부분 피사 반점증상으로 발현되어 배추의 생육에 큰 지장을 주지 않았다.

한편, 평지인 춘천에서의 배추 바이러스병은 5월 하순부터 발생되어 배추의 생육한계 시기인 10월 하순까지 시기별 발병율의 변동폭을 보이면서 지속되었다(Table 3). 바이러스 발병 최성기는 7월 하순과 8월 상순이었으며, 이후 10월 하순까지 높은 발병율이 지속되었다. 특히 발병최성기를 전후하여 발병된 배추는 대부분 심한 위축 증상과 많은 소립반점이 형성되는 병징을 나타내 생육이 정지되는 현상이 고랭지보다 심하게 나타났다.

피해분석. 바이러스병 감염에 따른 피해정도를 분석하기 위하여 배추의 생육단계별로 바이러스 접종한 다음 배추에 나타난 이병율과 바이러스 발병정도에 따른 피해

율을 조사하였다. 파종 10일 후, 20일 후(정식기) 그리고 30일 후(정식 후 10일)의 접종구로 구분하여 TuMV-cqs를 접종한 결과, 배추의 생육 중기인 9월 9일에는 각각 36.4, 76.3 및 11.7%의 감염율을 나타냈다. 그러나, 최종 조사시기인 10월 4일에는 파종 20일 및 30일 후 접종구에서는 모두 100% 감염되었으며, 파종 10일 후 바이러스 접종구와 무처리구에서도 90% 이상의 감염율을 보였다(Table 4).

한편, 바이러스 감염에 따른 배추의 상품성 정도를 추정하기 위한 피해율을 환산한 결과, 초기 바이러스 감염율이 가장 높았던 파종 20일 후의 접종구에서 수확기의 피해율이 96.9%로서 상품성이 전혀 없는 것으로 나타났다(Table 5). 또한 파종 10일 후의 접종구에서는 84.4%, 파종 30일 후의 접종구에서는 81.1%의 피해율을 보였으며, 무처리구에서도 69.8%의 피해율을 나타냈다.

고랭지배추 바이러스병의 발생요인. 배추 바이러스병의 발생에 가장 큰 영향을 주는 환경요인을 알아보기 위하여 1993년부터 1997년까지 고랭지배추 바이러스병 발

Table 5. Injured ratio of Chinese cabbage by infection index of turnip mosaic virus^a

Treatment	Injured ratio (%)		
	Rep.I	Rep.II	Mean
Check	65.0	74.6	69.8
10 DAS	86.7	82.1	84.4
20 DAS	95.8	97.9	96.9
30 DAS	82.9	79.2	81.1

^aInjured ratio =
$$\frac{(0 \times X_0) + (25 \times X_1) + (50 \times X_2) + (75 \times X_3) + (100 \times X_4)}{X_i}$$

X0: healthy, X1: less than 25% injury, X2: 25~50% injury, X3: 50~75% injury, X4: over than 75% injury and Xi: total investigated plants.

Table 3. Infection rate of virus disease on Chinese cabbage lowland, Chuncheon, in 1995.

Time	May			June			July			August			September			October		
	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	E	M	L	
IR ^a	0	0.3	2.1	7.1	17.5	40.2	28.1	72.9	67.1	48.1	59.4	55.0	53.1	36.8	24.3	10.8	14.4	

^aInfection rate(%) of Chinese cabbage infected by virus disease.

Table 4. Infection rate of turnip mosaic virus on Chinese cabbage by mechanical inoculation at 10 days intervals^a

Inoculation period ^b	Percentage of infection								
	September 9			September 21th			October 4		
	Rep.I	Rep.II	Mean	Rep.I	Rep.II	Mean	Rep.I	Rep.II	Mean
Check	12.7	16.9	14.7	70.4	75.6	73.0	88.3	96.7	92.5
10 DAS	36.8	35.9	36.4	92.3	87.5	89.9	96.7	91.7	94.2
20 DAS	73.1	79.5	76.3	100	100	100	100	100	100
30 DAS	9.0	14.5	11.7	98.8	97.1	93.0	100	100	100

^aChinese cabbage seeds were sowed on August 6, and transplanted on August 26.

^b10~30 DAS: 10 to 30 days after sowing, respectively.

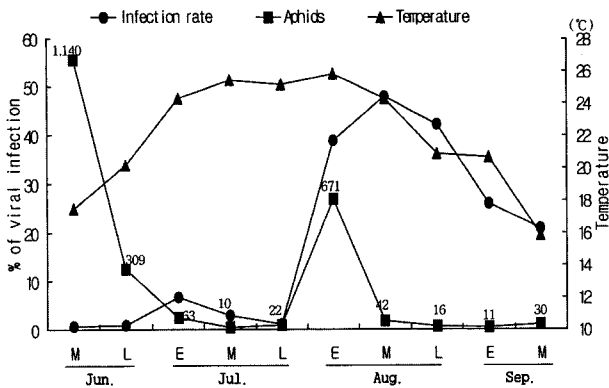


Fig. 2. Relationship among occurrence of virus disease on Chinese cabbage, mean temperature and number of aphids trapped in alpine area in 1994.

생조사 기간중 바이러스병의 발생이 가장 심했던 1994년의 배추 바이러스병 발생율과 조사지역의 평균기온 및 진딧물 비래량과의 관계를 분석하였다. 그 결과, 7월 중순부터 8월 상순까지 25°C를 상회하는 평균기온이 지속

되었으며 바이러스병의 발생은 8월 상순부터 격발하여 조사 마지막 시기인 9월 상순까지 높은 이병율을 나타냈다(Fig. 2). 한편, 진딧물의 비래량은 6월 중순에 총 비래진딧물 수가 1,140마리로 가장 많이 비래하였고 이후 급격히 감소하다가 8월 상순에 다시 671마리의 높은 비래밀도를 나타내 1년에 2회의 뚜렷한 비래 peak를 보였다.

고랭지에서 배추 바이러스병의 발병정도에 미치는 영향을 분석한 결과, 온도조건이 가장 중요한 요인으로 분석되었다(Table 6). 즉 변수가 하나일 경우 최고기온을 독립변수로 취하였을 때 결정계수가 0.538**을 나타냄으로써 다른 요인에 비해 높게 나타났다. 또한 매개진딧물의 수와 바이러스 발병과의 관계는 결정계수가 0.415**로 매개진딧물의 수가 증가할수록 바이러스병의 발생이 많아지는 것으로 나타났다. 그러나, 누적강수량과 바이러스 발병과의 관계에서는 결정계수가 0.127로서 바이러스 발병에 영향을 거의 미치지 않았다. 고랭지배추 바이러스병의 발생 진전정도를 예측하기 위한 모형작성에 필요한 최적조합변수를 선발하기 위하여 SAS 프로그램의 step-

Table 6. Correlation among virus disease on Chinese cabbage, weather condition and aphids trapped in alpine area from 1993 to 1997

	DIS ^a	TOT	VEC	MET	MAT	MIT	PRE	SSD
DIS	1.000	0.381	0.415	0.528	0.538	0.456	0.017	0.127
TOT		1.000	0.967	0.261	0.220	0.229	0.099	-0.023
VEC			1.000	0.276	0.214	0.258	0.139	0.002
MET				1.000	0.869	0.929	0.193	0.129
MAT					1.000	0.647	-0.083	0.479
MIT						1.000	0.385	-0.145
PRE							1.000	-0.532
SSD								1.000

^aDIS: virus disease on Chinese cabbage (%), TOT: total aphids trapped (head), VEC: vector aphids trapped (head), MET: mean temperature (°C), MAT: maximum temperature (°C), MIT: minimum temperature (°C), PRE: precipitation (mm) and SSD: sunshine duration (hour).

Table 7. Summarized regression statistics for progress of model selection among virus disease on Chinese cabbage, weather condition and aphids trapped in alpine area from 1993 to 1997

Number in model	R-square	C(p)	Variables in Model ^a
1	0.32222885	1.75463	MAT
:	:	:	:
2	0.41260702	-0.61307	VEC MAT
:	:	:	:
3	0.42359018	0.85615	VEC MET MAT
:	:	:	:
4	0.43815517	2.15226	TOT VEC MET MAT
:	:	:	:
5	0.44016073	4.05534	TOT VEC MET MAT MIT
:	:	:	:
6	0.44082958	6.02302	TOT VEC MET MAT MIT SSD
:	:	:	:
7	0.44130587	8.00000	TOT VEC MET MAT MIT PRE SSD

^aMAT: maximum temperature (°C), VEC: vector aphids trapped (head), TOT: total aphids trapped (head), MIT: minimum temperature (°C), PRE: precipitation (mm), MET: mean temperature (°C) and SSD: sunshine duration (hour).

wise procedure를 이용하여 통계처리한 결과, 병 발생에 영향을 미치는 각 독립변수 조합에 대하여 상관계수(R-square)가 모두 0.500 이하로 낮게 나타났다(Table 7).

고 찰

배추는 저온성 작물이기 때문에 여름배추는 주로 강원도를 중심으로 고랭지에서 재배되고 있다. 그러나 재배년도에 따라 기상변화와 바이러스병의 발생으로 극심한 피해를 초래하고 있다. 배추에 발생하는 바이러스병은 대부분 순무 모자이크 바이러스로 알려져 있다(2, 18, 26). 최근 우리나라에서도 이 바이러스에 대한 생물적 특성 및 바이러스의 핵산 분석 등 일부 분자생물학적 특성 등이 밝혀지고 있으나(2, 3, 5), 발생생태 및 방제에 관한 연구는 미미한 상태로 단편적인 연구만이 수행되었다(1, 4, 6, 8, 25).

본 연구를 통하여 강원도 고랭지의 여름배추 재배지에서 1993년부터 1997년까지 배추에 발생하는 바이러스병에 대한 병징별 유형 및 발생상황을 조사한 결과, 가장 많이 나타난 병징은 괴사반점 증상과 위축증상이었으며, 연도별 발병율은 1994년이 가장 높았다. 1994년도의 7~8월 기상상태는 다른 해에 비해 매우 고온건조 하였는데, 이와 같은 기상이 매개충의 비래와 배추 바이러스병의 발생에 매우 알맞는 조건으로 작용한 것으로 여겨진다. 평지에서서의 바이러스 발병율도 7월부터 급격하게 증가하는 것은 이 시기의 고온과 밀접한 관계가 있을 것으로 추정되었으며, 이병율이 10월 하순까지 다소 높은 비율로 지속되는 것은 포장내 이병된 배추로부터 새로 식재한 배추에 전염되었던 것으로 생각된다.

진딧물에 의해 매개되는 바이러스는 진딧물의 밀도와 바이러스병의 발생간에 매우 높은 상관관계가 있는 것으로 보고되어 있다(7, 8, 16, 19, 22, 23). 실제로 본 실험에서도 고랭지배추에 바이러스병이 대발생 하였던 1994년의 경우 다른 해에 비해 진딧물의 비래가 월등하게 많았던 사실과 일치하였다. 한편, 진딧물의 비래는 연 2회의 peak를 나타냈는데, 이 중 6월에 나타난 1차 비래 peak 이후 고랭지에서의 배추 바이러스병은 크게 증가하지 않는 점으로 미루어 볼 때 진딧물 비래수의 증가보다는 매개충의 보독율이 바이러스병의 발생에 영향을 많이 끼치는 것으로 생각되었다. 따라서 배추 바이러스병은 매개충의 증가 뿐만 아니라 바이러스병의 감염에는 알맞고 배추의 생육에는 불리한 기상조건이 갖추어져야 발병이 촉진되는 것으로 판단되었다. 이와 같은 판단은 배추 바이러스병이 크게 발병되었던 1994년의 경우를 볼 때 보다 확실해 지는데, 1994년에는 많은 진딧물의 비래와 더불어 기온이 배추의 생육저해 온도인 평균기온 25°C를 상회하여 바이러스의 감염에 좋은 조건이었음을 나타내고 있다.

TuMV의 감염에 따른 배추의 피해는 바이러스의 접종 시기에 관계없이 90% 이상의 병징발현율을 보였고 이에 따른 배추의 피해율은 80% 이상으로 나타났다. 이는 배추가 결구기 이전에 어느 시기라도 바이러스에 감염되면 상품성을 상실한다는 것을 의미하고 있다. 이러한 현상은 바이러스를 접종하지 않은 무처리구에서도 매우 높은 발병율을 보였는데, 이는 같은 포장내에서 바이러스를 접종한 배추 즉, 전염원에 둘러싸여 매개충이나 접촉에 의한 전염이 용이하게 이루어진 것(14, 19, 26)이 원인으로 생각된다. 한편 배추의 정식기인 파종 20일 후 접종구에서는 바이러스를 접종한지 14일 후에 76.3%의 매우 높은 평균발병율을 보여 배추의 생육기간중 바이러스에 가장 감수성인 시기로 나타났다. 이러한 결과는 배추에 대한 바이러스 접종실험시 이용할 수 있는 자료로 생각되었다.

이 실험에 있어서 바이러스병의 발생이 가장 심했던 1994년의 발병율과 진딧물 비래량, 평균기온의 관계를 분석한 결과, 7월 중순부터 8월 상순까지 평균기온이 배추의 생육 저해온도인 25°C를 상회하였고, 바이러스병은 8월 상순에 격발하였다. 이와 같은 결과는 기온이 상승한 후 20여일이 경과하여 바이러스병이 격발한 것을 말해 주고 있는데, 이는 기온의 상승으로 인하여 배추의 생육이 불량해짐에 따라 바이러스의 감염이 용이해 졌거나, 이미 감염된 바이러스가 식물체 내에서 잠복하고 있다가 환경의 변화(예: 강우에 따른 기온 하강)에 의해 일시에 병징이 발현된 결과로 추정된다. 한편, 진딧물의 비래량을 보면(Fig. 2), 6월 중순에 총 비래진딧물 수가 1,140마리로 가장 많이 비래하였는데, 이 시기에는 고랭지배추의 재포면적이 많지 않았기 때문에 바이러스병 발생에 큰 영향을 주지 못한 것으로 분석되며, 2차 비래 peak를 보인 8월 상순 이후에 발병이 심하게 나타난 것으로 분석되었다.

배추 바이러스병의 발생예찰을 위하여 1993년부터 1997년까지 5년간 시기별로 고랭지배추에서의 바이러스병 발생율과 이 시기의 진딧물 비래 및 기상상황을 이용한 병 발생요인을 분석하였다. 그 결과, 고랭지배추에서 바이러스병의 발생에 가장 중요한 영향을 주는 요인은 온도조건으로서 특히 최고기온의 상관관계가 가장 높게 나타나, 온도가 높을수록 병 발생이 증가하는 정의 상관관계를 나타냈다. 일반적으로 진균 및 세균병에서의 병해예찰에 있어 가장 중요한 병해 발생요인은 대부분 높은 습도조건으로 보고되어 있는 것(13, 15)과는 달리, 배추 바이러스병은 높은 온도조건이 중요한 발병요인으로 분석되었기 때문에 배추 재배시 바이러스병의 발생을 줄이기 위해서는 전염원의 차단과 함께 배추의 생육에 적당한 온도관리가 무엇보다도 중요한 것으로 판단되었다. 또한, 배추 바이러스병 발병정도의 예측을 위하여 통계