ZYMV 감염시기가 오이 생육 및 수량에 미치는 영향

고숙주* · 김도익 · 강범용 · 김선곤 · 이용환¹ · 최홍수¹

전남농업기술원 친환경연구소, ¹국립농업과학원 농업미생물과

Effect of the Infection Times by *Zucchini yellow mosaic virus* on the Yield and Growth in Cucumber

Sug-Ju Ko*, Do-Ik Kim, Beom-Ryong Kang, Seon-Gon Kim,
Yong Hwan Lee¹ and Hong-Soo Choi¹

Environment-Friendly Agricultural Research Institute, Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services,
Naju 520-715, Korea

¹Agricultural Microbiology Division, National Academy of Agricultural Science, Suwon 441-707, Korea

(Received on September 17, 2009; Accepted on October 21, 2009)

We investigated the effect of the infection times and infection degrees at transplanting time of *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) on the growth and yield of cucumber plants at the semi-forcing and the retarding culture in 2007. When cucumber was inoculated with ZYMV at transplanting time, 15, 30, 45, 60, and 75 days after transplanting, vine length, internode length, number of leaf of the plants and marketable yield largely decreased as the cucumber infected earlier. The regression models were obtained between the disease incidence levels at 20 days after transplanting as the inoculation degrees and the marketable yield of cucumber: $y = 9333.1e^{-0.0317x}$ ($R^2 = 0.8946$) at the semi-forcing culture and $y = 14695e^{-0.0303x}$ ($R^2 = 0.8735$) at the retarding culture. And the cucumber yield loss regression models between the symptoms incidence days from the final harvesting time and the rates of yield decrease were expressed as $y = 1.0851x - 6.7067$ ($R^2 = 0.9567$) at the semi-forcing culture and $y = 1.0439x + 2.1321$ ($R^2 = 0.9674$) at the retarding culture.

Keywords : Cucumber, Infection times, Yield, ZYMV

오이(*Cucumis sativus* L.)는 과채류 중에서 큰 비중을 차지하는 작물이다. 전국 재배면적은 4,893 ha로서 그 가운데 시설재배면적이 78%를 차지하고 있다(http://www.naqs.go.kr).

오이에 발생하는 바이러스는 충매전염성인 *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Papaya ring spot virus* (PRSV), *Watermelon mosaic virus 2* (WMV-2), *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) 등이 알려져 있고, 종자 및 토양전염성인 *Cucumber green mottle mosaic virus* (CGMMV), *Kyuri green mottle mosaic virus* (KGMMV) 등이 있다 (Choi, 2001; Ko 등, 2006; Ullman 등 1991; Yuki 등, 2000). 최근에는 충매전염성바이러스인 potyvirus 발생이 높은 편이며, 그중에서도 ZYMV가 발생 비중이 높은 것

으로 보고되어 있다(Ko 등, 2006).

ZYMV는 potyvirus에 속하며 약 750 nm 길이의 사상형입자로서 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)을 포함한 약 10종 이상의 진딧물에 의해 비영속적으로 전염된다(Lisa와 Lecoq, 1984; Yuan과 Ullman, 1996). 이 바이러스는 1984년 Lisa와 Lecoq에 의해 추키니호박에서 처음 보고된 이래 세계적으로 많은 박과작물에서 분리동정되었으며, 호박과 오이에서 ZYMV가 보고되었다(최, 1995; 김 등, 1995). ZYMV에 감염된 오이는 잎에 엽맥투명 증상을 보이다가 모자이크증상으로 발전하면서 요철증상을 동반하거나 엽맥녹대증상을 보이기도 하며, 열매는 요철모자이크증상을 보여 기형과를 유발시켜 큰 피해를 초래한다. 하지만 ZYMV에 대한 발생생태와 피해해석에 대한 연구가 거의 부재한 실정으로 이 시험은 오이에 발생하는 ZYMV의 감염시기가 수량 및 생육에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

*Corresponding author

Phone) +82-61-330-2514, Fax) +82-61-336-4076

Email) kosj@korea.kr

재료 및 방법

재배관리. 본 시험은 전남농업기술원 채소연구시험장 내 시험포장에서 실시하였다. 오이는 장형낙합을 반촉성작형은 3월 21일에 억제작형은 9월 12일에 정식하여 재배하였다. 재식거리는 15 × 180 cm으로 정식하여 수확기간은 반촉성작형은 4월 26일부터 6월 27일, 억제작형은 10월 19일부터 12월 26일까지 각각 수확하였다. 비배관리는 정식 전 완효성복합비료를 밑거름으로 10a당 9.2-10.3-8.1(N-P-K)을 질소기준으로 계산하고, 추비는 정식 20일부터 5일 간격으로 10a 당 N, K를 각각 1 kg 수준으로 계산하여 총량을 1회 전량 시비하였다.

바이러스 접종 및 조사. ZYMV 감염시기가 오이 생육 및 수량에 미치는 영향을 구명하기 위해 생육시기별로 바이러스를 접종하였다. 접종은 0.01 M 인산완충액(pH 7.0)에 ZYMV 접종원을 넣고(1:5, w/v) 마쇄한 후 최상위엽에 carborundum(400 mesh)을 이용하여 골고루 문질러 처리하였다. 접종 시기는 정식기, 정식 후 15일, 30일, 45일, 60일, 75일까지 15일 간격으로 구당 전체 주를 대상으로 접종하였다. 또한 바이러스 발병정도에 따른 수량감수 정도를 조사하기 위하여 정식기에 접종 주 비율을 반

촉성작형은 25%, 50%, 100%, 억제작형은 10%, 25%, 50%, 100% 수준별로 접종하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며, 각 처리별로 만장, 엽수, 절간장, 경경, 엽장, 엽폭, 전체수확과수, 수량, 상품과율을 조사하였다(농촌진흥청, 2003).

결과 및 고찰

접종 시기 및 정식기 접종 수준에 따른 ZYMV 발생 변화. 접종시기에 따른 바이러스 발병소장은 반촉성재배의 경우 정식기와 정식 15일 후 접종의 경우 초기 발병율이 50% 수준으로 낮았고, 정식 30일, 45일, 60일, 75일 후 접종구들은 60~80%의 초기 발병율을 보였다. 억제재배의 경우는 모든 처리구에서 초기 발병율이 90% 이상이었다. 따라서 정식기 접종의 상품수량이 억제재배는 낮은 반면 반촉성 재배는 조금 높은 경향을 보였다. 정식기 접종수준별 발병소장을 보면 반촉성재배에서는 초기 발병수준이 6.9%, 23.7%, 48.3%로 각각 시작해서 생육후기까지 지속적으로 가파른 상승으로 모두 100% 발병을 보인 반면, 억제재배에서는 초기발병수준 8.5%, 18.3%, 49.1%, 85.0%에서 생육후기까지 완만히 증가하는 패턴을

Fig. 1. Cumulative incidence on ZYMV inoculated at different growth stages during semi-forcing (upper) and retarding (lower) culture in cucumber greenhouse.

보여 후기 발병율은 각각 78.1%, 91.7%, 98.7%, 100% 로 바이러스 확산패턴이 상이하게 나타났다(Fig. 2). 이는 반촉성재배는 생육초기에서 후기로 갈수록 바이러스를 전 반하는 진딧물 유시충 밀도가 높아지고, 온도가 상승함에 따라 바이러스 발현기간이 짧아지는 2가지 요인의 작용으로 추정된다. 반면 억제재배는 유시충 밀도가 낮아지며, 온도도 낮아지기 때문으로 판단된다.

감염시기에 따른 오이 생육 특성. ZYMV 감염시기에 따른 생육특성을 보면 바이러스 접종시기가 빠를수록 생장이 늦어지는 경향을 보였다. 반촉성작형에서 정식기 접종시 286 cm, 정식 15일 후 접종 287 cm, 30일 후 329 cm,

45일 후 348 cm, 60일 후 383 cm, 75일 후 406 cm, 무처리 527 cm로 조사되었다(Table 1). 억제작형에서는 정식기 접종시 227 cm, 정식 15일 후 접종 282 cm, 30일 후 354 cm, 45일 후 383 cm, 60일 후 397 cm, 75일 후 401 cm, 무처리 444 cm로 조사되었다(Table 2). 이는 정식초기에 접종할수록 생육에 영향을 주어 만장이 짧아지는 경향이었고, 통계적으로 유의차가 처리별로 인정되었다. 엽수와 절간장도 비슷한 경향을 보였다. 하지만 경경은 처리간에 차이를 보이지 않았으며, 엽장과 엽폭은 바이러스 접종구와 건전구간에 차이가 인정되었다. 이러한 결과는 반촉성작형과 억제작형 모두 비슷한 경향이었다(Table 1, 2). 이

Fig. 2. Cumulative incidence of levels by infected with ZYMV at transplanting time during semi-forcing (upper) and retarding (lower) culture in cucumber.

Table 1. Effect of ZYMV infection at different growth stages on the growth of cucumber in semi-forcing culture

Inoculation times	Vine length (cm)	No. of leaves	Internode length (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Transplanting time	286.3 e ^z	43.8 d	6.5 d	6.9 a	21.1 bc	23.8 b
15 DAT ^y	287.1 e	44.1 d	6.5 d	7.1 a	20.6 c	23.3 b
30 DAT	329.3 d	44.8 d	7.4 c	7.1 a	21.4 bc	24.2 ab
45 DAT	347.7 cd	46.3 cd	7.5 c	7.4 a	21.4 bc	23.4 b
60 DAT	383.4 bc	48.6 bc	7.9 b	7.4 a	21.8 bc	23.6 b
75 DAT	406.4 b	50.5 b	8.0 b	7.5 a	22.4 b	24.3 ab
Healthy plant	527.0 a	60.5 a	8.7 a	7.2 a	24.3 a	26.0 a

^y It was days after transplanting time.

^z Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% by DMRT.

는 ZYMV에 감염되면 생육이 둔화되므로 감염시기가 빠를수록 생육이 불량해지기 때문으로 판단되었다. 고 등 (2004)은 오이에서 CGMMV 접종시기에 따라 만장은 무처리에 비해 정식기 접종은 35.3%, 첫개화기 접종은 20.9% 감소한다고 하였다. 이처럼 본 시험과 달리 만장 감소를 차이가 크지 않은 것은 바이러스 종류보다는 재배기간이 짧아서 차이가 적은 것으로 사료되었다.

감염시기 및 정식기 접종 수준에 따른 수량 비교. 시기별로 ZYMV를 접종하여 수량에 미치는 영향을 조사한

결과 반축성작형에서 상품수량은 무처리 12,150 kg/10a에 비해 정식기접종은 2,271 kg으로 18.7% 수준이었다. 정식 15일 후 접종은 4,306 kg으로 무처리의 35.5%, 정식 후 30일 접종은 5,080 kg으로 무처리의 41.9%, 정식 후 45일 접종은 5,662 kg으로 무처리의 46.6%, 정식 후 60일 접종은 9,037 kg으로 무처리의 74.4%, 정식 후 75일 접종은 9,076 kg으로 무처리의 77.2% 수준이었다(Table 3). 억제 작형에서 정식기 상품수량은 455 kg으로 무처리 7,469 kg에 비해 6.1% 수준이었고, 정식 15일 후 접종은 2,365 kg

Table 2. Effect of ZYMV infection at different growth stages on the growth of cucumber in retarding culture

Inoculation times	Vine length (cm)	No. of leaves	Internode length (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Transplanting time	227.3 e ^z	33.5 d	6.9 d	6.0 c	22.3 c	21.7 b
15 DAT ^y	282.4 d	41.3 c	6.8 d	6.3 abc	21.3 c	20.3 b
30 DAT	354.0 c	43.2 bc	8.2 c	6.4 abc	22.0 c	20.9 b
45 DAT	383.4 b	45.1 bc	8.5 bc	6.2 bc	22.3 c	21.6 b
60 DAT	396.8 b	45.9 ab	8.7 abc	6.8 a	24.8 b	24.1 a
75 DAT	401.2 b	45.7 ab	8.8 ab	6.7 ab	25.4 ab	24.8 a
Healthy plant	444.1 a	49.1 a	9.0 a	6.5 abc	26.9 a	25.7 a

^y It was days after transplanting time.

^z Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% by DMRT.

Table 3. Effect of ZYMV infection at different growth stages on yield of cucumber in semi-forcing culture

Inoculation times	No. of total fruit (ea/plant)	No. of marketable fruit (ea/plant)	No. of non-marketable fruit (ea/plant)	Marketable fruit ratio (%)	Marketable yield (kg/10a)	Index (%)
Transplanting time	21.6	3.6	18.1	16.3	2,271 d ^z	18.7
15 DAT ^y	22.9	6.7	16.2	29.1	4,306 c	35.5
30 DAT	23.1	7.9	15.2	34.1	5,080 c	41.9
45 DAT	24.5	8.8	15.8	35.7	5,662 c	46.6
60 DAT	24.0	14.0	10.0	58.3	9,037 b	74.4
75 DAT	23.2	14.5	8.7	62.5	9,376 b	77.2
Healthy plant	24.0	18.8	5.3	78.2	12,150 a	100

^y It was days after transplanting time.

^z Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% by DMRT.

Table 4. Effect of ZYMV infection at different growth stages on yield of cucumber in retarding culture

Inoculation times	No. of total fruit (ea/plant)	No. of marketable fruit (ea/plant)	No. of non-marketable fruit (ea/plant)	Marketable fruit ratio (%)	Marketable yield (kg/10a)	Index (%)
Transplanting time	10.2	0.8	9.5	7.0	455 d ^z	6.1
15 DAT ^y	12.9	3.7	9.2	28.5	2,365 c	31.7
30 DAT	11.9	5.6	6.4	46.3	3,566 c	47.8
45 DAT	11.4	5.2	6.2	45.6	3,364 c	45.1
60 DAT	12.5	8.5	4.0	68.1	5,492 b	73.6
75 DAT	12.8	9.2	3.6	71.9	5,956 b	79.8
Healthy plant	13.8	11.6	2.3	84.0	7,469 a	100

^y It was days after transplanting time.

^z Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% by DMRT.

Table 5. Effect of ZYMV with infected level at first harvesting time on yield of cucumber in semi-forcing culture^y

Infected level at first harvest time	No. of total fruit (ea/plant)	No. of marketable fruit (ea/plant)	No. of non-marketable fruit (ea/plant)	Marketable fruit ratio (%)	Marketable yield (kg/10a)	Index (%)
TP I	22.0	9.5	12.5	43.2	6,138 c ^z	50.6
TP II	22.4	5.9	16.6	26.1	3,782 b	31.2
TP III	21.6	3.6	18.1	16.3	2,271 a	18.7
Healthy plant	24.0	18.8	5.3	78.2	12,150 d	100

^yHarvesting period : Apr. 26 - Jun. 27, incidence of ZYMV at the first harvesting time : transplanting time I 15.3%, II 37.3%, III 66.7%.

^zMeans followed by a common letter are not significantly different at the 5% by DMRT.

Table 6. Effect of ZYMV with infected level at first harvesting time on yield of cucumber in retarding culture^y

Infected level at first harvest time	No. of total fruit (ea/plant)	No. of marketable fruit (ea/plant)	No. of non-marketable fruit (ea/plant)	Marketable fruit ratio (%)	Marketable yield (kg/10a)	Index (%)
TP I	11.1	7.1	4.1	63.8	4,582 b ^z	61.4
TP II	10.6	6.2	4.5	58.3	3,998 bc	53.6
TP III	10.7	4.4	6.4	40.4	2,788 c	37.4
TP IV	10.2	0.8	9.5	7.0	455 d	6.1
Healthy plant	13.8	11.6	2.3	84.0	7,469 a	100

^yHarvesting period : Oct. 19 - Dec. 27, incidence of ZYMV at the first harvesting time : transplanting time I 11.8%, II 25.0%, III 56.0%, IV 96.7%.

^zMeans followed by a common letter are not significantly different at the 5% by DMRT.

Fig. 3. Cumulative yield of levels by infected with ZYMV at transplanting time during semi-forcing (upper) and retarding (lower) culture in cucumber.

으로 무처리의 31.7%, 정식 후 30일 접종은 3,566 kg으로 무처리의 47.8%, 정식 후 45일 접종은 3,364 kg으로 무처리의 45.1%, 정식 후 60일 접종은 5,492 kg으로 무처리의 73.6%, 정식 후 75일 접종은 5,956 kg으로 무처리의 79.8% 수준이었다(Table 4). 따라서 접종시기가 빠를수록 전체 수확과수도 적어지고 상품과율도 낮아졌으며, 상품수량도 떨어지는 경향이었다.

바이러스 감염수준별 수량분석은 첫수확기때 발병율을 기준으로 실시하였다. 반축성작형에서 수량은 첫수확기때 15.3% 발병시 무처리대비 49.4% 감소하였고, 37.3% 발병시 68.8%, 66.7% 발병시 81.3% 감소하였다(Table 5). 억제작형은 11.8% 발병시 38.6% 감소하였고, 25% 발병시 46.4%, 56% 발병시 62.6%, 96.7% 발병시 93.9% 수량이 감소하였다(Table 6). 초기 발병율이 높을수록 수량 감소율이 높은 것으로 나타났으며, 통계적으로 유의차가 인정되었다.

접종 수준에 따른 누적 상품수량을 보면 반축성작형에서 바이러스 누적발병율이 100%에 도달할수록 수량 증가는 점점 0%에 가까워지는 경향을 보였다. 그러나 억

제작형에서는 바이러스 발병증가율이 완만하였고 4개 접종구 중 3개 처리구는 100%에 도달하지 못하였다. 따라서 수량 증가율도 완만하였으나 0%에 도달한 것은 바이러스 발병율이 100%인 처리구에서만 나타났다(Fig. 2~4). 바이러스 발병율이 100%에 도달한 시점과 수량증가율이 0%가 되는 시점이 반축성은 약 10일 정도, 억제작형은 15일 정도의 차이가 있었는데, 이는 바이러스 발병 후 오이 열매 수확시기가 반축성작형은 고온기간으로 짧아지고, 억제작형은 저온기간으로 길어지기 때문으로 추정되었다.

바이러스 발병과 회귀분석. 정식기에 ZYMV 접종수준에 따라 정식 20일 후 바이러스 발병율을 기준으로 수량과의 회귀분석하여 초기 발병수준이 높을수록 수량이 낮아지는 회귀식을 산출하였다. 회귀식은 반축성작형 $y = 9333.1e^{-0.0317x}$ ($R^2 = 0.8946$), 억제작형 $y = 14695e^{-0.0303x}$ ($R^2 = 0.8735$)이었다(Fig. 5). 또한 최종수확일로부터 바이러스 최초 발생 시기에 따른 수량감소율을 산정하여 최종 수확일까지 잔여일수와 수량감소율간의 회귀분석을 통하여 바이러스에 의한 수량감소 모델식을 얻었다. 반축성작형

Fig. 4. Cumulative yield on ZYMV inoculated at different growth stages on cucumber of semi-forcing culture (upper) and retarding culture (lower).

Fig. 5. Relationship between initial incidence of ZYMV and yield on cucumber of semi-forcing culture (upper) and retarding culture (lower).

Fig. 6. Relationship between days from final harvesting time and rate of yield decreased with ZYMV infection on cucumber of semi-forcing culture (upper) and retarding culture (lower).

의 회귀식은 $y = 1.0851x - 6.7067$ ($R^2 = 0.9567$), 억제 작용형은 $y = 1.0439x + 2.1321$ ($R^2 = 0.9674$)이었다(Fig. 6). 이 수

량감소 모델식을 통하여 시설오이 재배시 바이러스에 감염되었을 때 발병시기에 따라 수량감소율을 예측하여 이

병주 제거나 재 정식 여부 등의 포장 관리를 결정할 수 있는 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 물론 바이러스의 화학적 방제법은 없기 때문에 바이러스에 감염되면 물리적으로 이병주를 초기에 빨리 제거하는 것이 최선의 방법이다. 이병주 제거는 2차 전염을 차단하는 가장 확실한 방법이기 때문이다. 따라서 생육초기에 바이러스가 포장에 발생하면 이병주제거가 최우선적이지만 생육 후기의 경우는 발생율이 높을 경우 제거보다는 수량 감소를 예상하고 노동력을 절감하는 차원에서 이병주를 제거하지 않고 후기 수확을 지속적으로 관리하는 것이 경제적인 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 시설오이의 ZYMV 감염시기 및 정식기 감염수준이 생육 및 수량에 미치는 영향을 조사하고자 실시하였다. 정식기부터 15일 간격으로 정식 후 75일까지 접종하였을 때 접종시기가 빠를수록 생육이 크게 영향을 받아 만장, 절간장, 엽수가 무처리에 비해 크게 떨어지는 경향을 보였다. 수량도 접종시기가 빠를수록 무처리에 비해 감소율이 높은 경향이였다. 정식기 접종 수준에 따른 정식 20일 후 바이러스 발병율과 수량간의 회귀분석 결과 반축성작형은 $y = 9333.1e^{-0.0317x}$ ($R^2 = 0.8946$), 억제작형은 $y = 14695e^{-0.0303x}$ ($R^2 = 0.8735$)의 회귀식을 구할 수 있었다. 또한 최종 수확일로부터 최초 바이러스 발생시기에 따른 수량감소율을 계산하여 최종 수확일까지 잔여일수와 수량감소율간의 회귀분석을 통하여 반축성작형은 $y = 1.0851x - 6.7067$ ($R^2 = 0.9567$), 억제작형은 $y = 1.0439x + 2.1321$ ($R^2 = 0.9674$)의 회귀식을 산정하였다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: 20071390000000001)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

- Choi, G. S. 2001. Occurrence of two tobamovirus diseases in cucurbits and control measures in Korea. *Plant Pathol. J.* 17: 243-248.
- 최충원. 1995. 오이(*Cucumis sativus* L.)에서 분리한 tobamo- 및 potyvirus의 생물적 특성에 관한 연구. 강원대 석사학위논문
- 김정수, 윤무경, 최홍수, 이금희, 최국선, 김진영, 조점덕. 1995. 호박에서 분리 동정한 *Zucchini yellow mosaic virus*. 농업과 학논문집(작물보호편) 37: 352-362.
- 고숙주, 이용환, 이태선, 양광열, 박진우, 최홍수. 2004. CGMMV 감염시기가 수박과 오이의 생육 및 품질에 미치는 영향. 식물병연구 10: 48-52.
- Ko, S. J., Lee, Y. H., Cha, K. H., Lee, S. H., Choi, H. S., Choi, Y. S., Lim, G. C. and Kim, K. H. 2006. Incidence and Distribution of Virus Diseases on Cucumber in Jeonnam Province during 1999-2002. *Plant Pathol. J.* 22: 147-151.
- Lisa, V. and Lecoq, H. 1984. *Zucchini yellow mosaic virus*. CMI/AAB Descriptions of plant viruses. No. 282.
- 농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사분석기준. 838 pp.
- Ullman, D. E., Cho, J. J. and German, T. L. 1991. Occurrence and distribution of cucurbit viruses in the Hawaiian Islands. *Plant Dis.* 75: 367-370.
- Yuki, V. A., Rezende, J. A. M., Kitajima, E. W., Barroso, P. A. V., Kuniyuki, H., Groppo, G. A. and Pavan, M. A. 2000. Occurrence, distribution, and relative incidence of five viruses infecting cucurbits in the state of So Paulo, Brazil. *Plant Dis.* 84: 516-520.
- Yuan, C. and Ullman, D. E. 1996. Comprison of efficiency and propensity as measures of vector importance in *Zucchini yellow mosaic* potyvirus transmission by *Aphis gossypii* and *A. craccivora*. *Phytopathology* 86: 698-703.