

참외에서 담배가루이의 경제적 피해수준 설정

박석희* · 이종환 · 우진하 · 최성용 · 박소득 · 박흥현¹경상북도농업기술원 농업환경연구과, ¹국립농업과학원 작물보호과Economic Injury Level of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) on Oriental Melon (*Cucumis melo* L.) in Greenhouse

Seok-Hee Park*, Jung-Hwan Lee, Jin-Ha Woo, Seong-Yong Choi, So-Deuk Park and Hong-Hyun Park

Gyeongsangbuk-Do Agricultural Research and Extension Services, Daegu 702-708, Korea

¹Crop Protection Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Wanju, 565-851, Korea

(Received on March 7, 2014. Revised on June 12, 2014. Accepted on September 11, 2014)

Abstract This study was conducted to develop economic injury level (EIL) of sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*, on oriental melon. In greenhouse, seedlings of oriental melon were transplanted at June 8, 2010 and we inoculated adult *B. tabaci* with the density of 0, 1, 5, 10, or 20 per ten leaves at July 14. Adult of *B. tabaci* increased approximately twenty five-fold at 60 days after inoculation in the plot of 20 adults per ten leaves. The damages on leaves and fruits by *B. tabaci* were started to appear at 20 days after inoculation, and the damage rates of leaves or fruits were 28.5 or 31.5 percent at 60 days after inoculation, respectively, in the plot of inoculation with 20 adults per ten leaves. The yield of oriental melon was reduced as the inoculation density of *B. tabaci* increased, and the relationship between inoculation density of *B. tabaci* and the rate of damaged fruit could be described by a linear regression $Y = 0.961x + 0.0562$ ($R^2 = 0.976$). Based on the relationship, the economic injury level was 5.1 adults of *B. tabaci* per leaf and the control threshold estimated by 80% level of economic injury level was 4.1 adults per leaf for control of sweet potato whitefly.

Key words *Bemisia tabaci*, control threshold, economic injury level, oriental melon

서 론

담배가루이(*Bemisia tabaci* Gennadius)는 열대 및 아열대 지방에서 발생되어 온 주요 흡즙성 해충으로 기주범위가 넓어 약 600여종 이상의 식물을 가해하는 것으로 알려져 있다(Perring et al., 1993; Helmi, 2011).

담배가루이에 의한 직접적인 피해는 약충과 성충 모두 식물체를 흡즙하여 생육을 저해시키는 것인데 토마토 등 일부 작물에서는 착색불량과의 비율이 증가하는 것으로 알려져 있고, 2차적으로는 배설물에 의하여 그을음병이 유발되기 때문에 잎의 광합성 능력이 저하됨과 아울러 과실에서는 상품성이 현저하게 떨어진다(Byrne, 1999). 시설 내에 담배가

루이 밀도가 높아지면 작물체가 고사하게 될 뿐만 아니라 토마토황화잎말림바이러스(TYLCV: Tomato Yellow Leaf Curl Virus)를 비롯한 100종 이상의 바이러스를 매개할 수 있는 것으로 알려져 있다(Matsui, 1992; Brown et al., 1995; Jones, 2003).

최근 국내에서는 담배가루이 Q계통이 유입되어 시설 과 채류를 중심으로 큰 피해를 주고 있는데(Kim et al., 2000; Ahn et al., 2001) 생태 및 생물학적 특성에 따라 세계적으로 24가지의 biotype이 보고되어 있다(Chu et al, 2004).

담배가루이를 방제하기 위해서는 농약을 살포하는 것이 일반적인 방법인데, 밀도가 높아지면 식물체 내에 알, 약충 및 성충 전 세대가 혼재되어 있고, 세대 진전이 빠르기 때문에 완전방제가 어려운 실정이다. 이 뿐만 아니라 담배가루이 Q계통은 농약에 대한 저항성이 쉽게 발달하는 것으로 알려져 있으며(Nombela et al., 2001), IGR 계통인 피리프록시펜에 대해서도 저항성을 획득한 사례가 보고되어 있어 방

*Corresponding author

Tel: +82-53-320-0451, Fax: +82-53-320-0295

E-mail: nettom7@korea.kr

제에 어려움을 가중시키고 있다(Horowitz et al., 2003).

경북 참외산단지에서 담배가루이의 발생면적은 2007년에 4,000 ha 정도 대발생한 후 해마다 증가추세에 있고, 시설 내에서는 온도가 높아짐에 따라 증식속도가 급격히 빨라지기 때문에 발생초기에 증식밀도를 억제하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 참외재배에 문제가 되고 있는 담배가루이에 대한 요방제 수준을 설정하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

시험포장 및 시험구 배치

본 시험은 경북농업기술원에 설치되어 있는 유리온실에서 실시하였다. 유리온실 1동에 2×2 m의 블록을 만들고 2010년 6월 8일에 40 cm 간격으로 참외(오복꿀참외, 농우바이오)를 블록 당 3주씩 정식하였다. 정식 후 즉시 외부로부터 유입되는 담배가루이를 차단하기 위하여 망사케이지(2×2×2 m, 60 mesh)를 설치하였고, 무처리구를 비롯하여 1, 5, 10, 20마리/10엽 접종 처리구를 두었다. 모든 처리는 완전 임의 배치 3반복으로 수행하였다.

시험곤충 채집 및 증식

담배가루이(*Bemisia tabaci*)는 경북 성주지역의 참외 재배 농가에서 성충을 채집하여 동정한 다음 경북농업기술원 내에 설치되어 있는 참외재배하우스에 방사하여 증식하면서 필요시 채집하여 사용하였다.

담배가루이 접종

담배가루이 증식속도 및 피해해석을 조사하기 위하여 정식 1개월 후 참외 잎이 100엽/주 정도 전개 되었을 때 성충을 접종하였고, 접종밀도는 0, 1, 5, 10, 20마리/10엽으로 조절하여 처리하였다. 담배가루이 성충의 밀도변화와 식물체 피해정도는 접종 후 10일 간격으로 조사하였다.

경제적 피해수준 및 요방제수준 설정

담배가루이의 경제적 피해수준 및 요방제 수준을 설정하기 위하여 우선 담배가루이 발생밀도와 피해과율과의 상관관계 및 회귀식을 구하였다. 피해과율은 담배가루이 배설물로 인한 그을음 증상이 참외 표면에 발생되어 시판할 수 없는 과실을 피해과로 계산하였다. 또한 2009~2011년 농산물 소득자료를 참고하여 생산량 대비 약제살포 비용과 피해과실 가격을 산정하여 경제적 피해수준의 80% 수준에서 요방제 수준을 설정하였다.

자료분석

담배가루이 발생에 따른 참외 잎과 과실의 피해정도는 SAS 통계프로그램을 이용하여 변이를 분산분석하여 Duncan

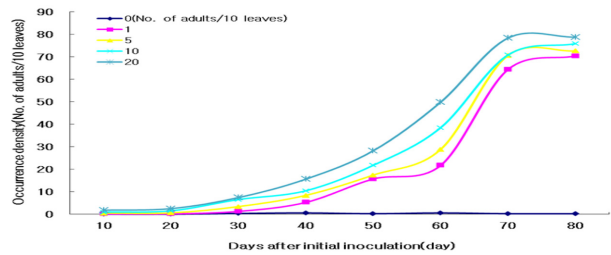


Fig. 1. Changes of density of *Bemisia tabaci* according to the initial inoculation density in oriental melon. The initial inoculation density of treated plots were 0, 1, 5, 10 or 20 adults per 10 leaves, respectively.

의 다중검정으로 평균간 유의차를 비교하였고, 담배가루이 발생밀도와 피해과율과의 관계는 Excel 프로그램으로 회귀 분석법을 이용하여 나타내었다.

결과 및 고찰

담배가루이 성충 증식밀도

시설참외 재배하우스에서 담배가루이 성충의 밀도와 참외 피해정도를 구명하기 위하여 망사케이지 내에 담배가루이 성충을 접종하여 실시하였다. 접종은 참외 10엽당 성충을 각각 1, 5, 10, 20마리 처리하였고 접종 후 10일 간격으로 증식밀도를 조사하였다. 그 결과 Fig. 1에서와 같이 무접종구를 제외하고는 접종 후 30일 이후부터 점차 증가하기 시작하였고, 증가속도는 접종 후 70일까지 빠르게 진행되었다. 특히 20마리/10엽 처리구에서는 접종 30일 후에 7.4마리/엽으로 3.7배 증가하였고, 접종 60일 후에는 49.8마리/엽으로 초기 접종밀도보다 24.9배 높게 나타났다. 접종 후 초기에는 접종 수준이 높을수록 성충의 증식밀도도 높았으나, 접종 70일 이후에는 접종수준별로 큰 차이가 없었다. Yang et al. (2009)은 토마토 품종을 대상으로 담배가루이 총태별 발육기간을 조사한 결과 biotype 간에 차이는 있으나 25°C에서 약충기간은 14.2~18.2일이고 우화율이 82.7% 이상이라고 보고하였고, Butler et al. (1983)은 목화를 기주로 하여 30°C의 조건에서 조사한 결과 알에서 성충까지의 기간이 16.6일이라고 하였으며, Salas and Mendoza (1995)는 토마토 유묘를 이용하여 조사한 결과 25°C에서 알 기간과 약충기간은 각각 7.3일과 15.0일로 보고하였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 시험기간 중 시설 내부의 온도가 최고 45.2°C까지 상승하였고 평균온도는 26.8°C, 평균습도는 75.3%로 나타나(미발표 자료), 담배가루이가 증식하는데 유리한 조건으로 작용하여 접종 후 온도가 높아짐에 따라 세대진전이 빨리 이루어진 것으로 생각된다. 접종 70일 후에 접종처리별로 발생밀도에 큰 차이를 보이지 않은 것은 고온조건에서 한 세대기간이 짧게 반복되었을 뿐만 아니라 성충의 높은 산란 밀도도 영향을 준 것으로 판단된다. 담배가루이 접종 후 40

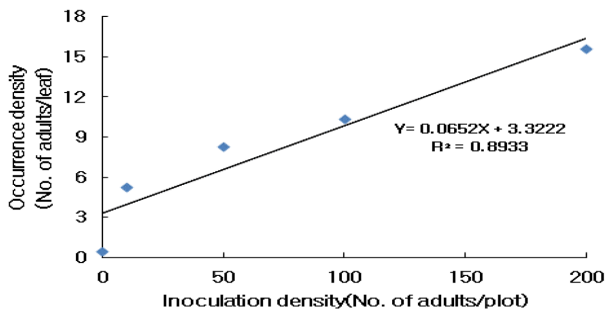


Fig. 2. Relationship between initial inoculation density of *B. tabaci* and adult occurrence, at 40 days after inoculation.

일째 접종밀도와 성충발생과의 관계를 직선회귀식을 이용하여 분석한 결과, Fig. 2에서와 같이 $Y = 0.0652X + 3.3222$ ($R^2 = 0.8933$)으로 정의 상관관계를 나타내어 접종 초기에는 접종 밀도가 높을수록 성충밀도도 증가하였다. 접종 40일 이후에는 참외 잎 뒷면에 알, 약충 및 성충이 혼재하여 복잡한 양상을 나타내었다.

담배가루이 성충 밀도와 식물체 피해정도

담배가루이에 의한 식물체 피해정도는 잎과 과실을 구분하여 조사하였다. 우선 잎에서는 육안으로 보아 그을음 증상이 있는 것을 피해엽으로 하였고, 과실은 그을음증상으로 판매하기 어려운 것을 피해과로 하여 조사하였다. 그 결과 Table 1에서와 같이 2마리/엽 처리구에서는 접종 20일 후부터 피해엽이 나타나기 시작하여 접종 60일 후에는 28.5%의 피해엽률을 보였다. 접종 후 40일까지는 접종밀도가 높을수록 피해엽률도 높은 경향을 보였다. 접종 80일 후에는 처리

별로 30.5~37.5%로 나타나 2마리/엽 처리구를 제외하고는 접종수준에 따른 차이는 없었는데 이는 접종 70일 후에는 담배가루이 밀도가 급격히 증가하여 처리별로 큰 차이가 없었기 때문에 나타나는 결과로 판단되었다. 과실에서도 잎의 피해와 같은 경향을 보여 2마리/엽 접종 처리구는 접종 후 20일째부터 피해가 나타나기 시작하였고, 접종 60일째에 피해과율은 31.5%였다(Table 2). 담배가루이에 의한 피해는 성충 및 유충이 잎 뒷면에 기생하여 식물의 광합성 산물을 흡즙하여 생육이 저하되고 다량의 감로를 배설하여 잎이나 과실표면에 그을음을 유발시켜 상품성을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 100종 이상의 바이러스를 매개하여 작물의 수확량을 감소시키는 요인으로 알려져 있는데(Byrne, 1999; Jones, 2003), 참외에서의 피해증상은 약충 및 성충의 배설물에 의해서 나타나는 그을음 증상이 대부분이었고 잎의 피해는 산재되어 나타나는 것이 아니라 국부적으로 집중되어 나타났는데 이는 높은 밀도로 산란된 알이 부화하여 잎 뒷면에서 고착생활을 하면서 수액을 흡즙하여 감로를 배설한 결과인 것으로 판단된다. 과실에서도 같은 경향을 보였는데 피해를 받은 과실은 그을음증상으로 인해 상품성이 떨어지는 결과를 초래하였다.

이 결과를 바탕으로 접종 40일째의 담배가루이 발생밀도와 피해과율의 관계를 구한 결과 Fig. 3에서와 같이 피해과율은 $Y = 1.0288X + 0.7815$ ($R^2 = 0.9812$), 피해과율은 $Y = 0.961X + 0.0562$ ($R^2 = 0.976$)의 회귀식을 얻을 수 있었고, 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 담배가루이 발생 밀도가 높을수록 피해엽률이 증가할 뿐만 아니라 피해과율도 높아져 생산량이 감소한다는 것을 의미한다고 할 수 있다.

Table 1. Changes of damaged leaves by initial inoculation density of *B. tabaci* adult on oriental melon

Inoculation density (No. of adults/10 leaves)	Rate of damaged leaves (%)			
	20 DAT ^{a)}	40 DAT	60 DAT	80 DAT
0	0 a ^{b)}	0 d	0 d	0 c
1	0 a	7.1 c	16.5 c	30.5 b
5	0 a	8.7 bc	20.3 b	31.7 b
10	0 a	11.5 b	25.7 ab	33.3 ab
20	0.5 a	15.7 a	28.5 a	37.5 a

^{a)} DAT : day after initial inoculation.

^{b)} Means followed by different letters within the column are significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 2. Changes of damaged fruits by initial inoculation density of *B. tabaci* adult on oriental melon

Inoculation density (No. of adults/10 leaves)	Rate of damaged fruits (%)			
	20 DAT ^{a)}	40 DAT	60 DAT	80 DAT
0	0 b ^{b)}	0 c	0 d	0 c
1	0 b	5.3 b	18.7 c	43.7 b
5	0 b	6.5 b	23.5 b	45.3 ab
10	0.5 b	10.7 ab	27.3 ab	47.3 a
20	1.3 a	14.3 a	31.5 a	48.7 a

^{a)} DAT : day after initial inoculation.

^{b)} Means followed by different letters within the column are significantly different at the 5% level by DMRT.

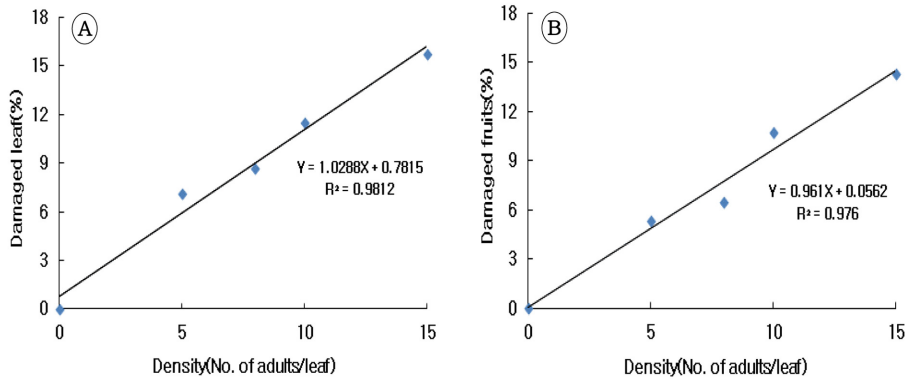


Fig. 3. Relationship between rate of damaged leaf (A) or fruit (B) and occurrence density of *B. tabaci* in oriental melon, at 40 days after inoculation.

경제적 피해수준 및 요방제 수준 설정

참외 담배가루이의 요방제 수준을 산정하기 위하여 2009년부터 2011년까지 농산물 소득자료의 참외 평균수량과 조수입을 참고하였다.

수량 (kg)	단가 (원)	조수입 (원) ^a	방제비용 (원) ^b	소득지수 (%)
3,348	2,276	7,620,050	379,680	95.01

^a 농산물소득자료 (10a) : 2009~2011 (<http://www.rda.go.kr>)
^b 농약비 : 156,000 원 (26,000 원 × 6 회) + 자가노력비 223,680 원 (9,320 원 / 시간 × 2.0 시간 × 2 명 × 6 회)

시설참외의 수량은 1기작/년 기준으로 하였을 때 3,348 kg으로 나타났고 참외 담배가루이를 방제하는데 소요되는 비용을 계산하여 분석한 결과 소득지수는 95%로 나타나 방제비용과 같은 수준인 경제적피해수준(GT)은 5.0%로 산정할 수 있었다. 이 값을 기준으로 피해과율과 발생밀도와의 관계식에 대입하여 요방제 수준을 계산한 결과, 경제적 피해수준의 담배가루이 밀도는 5.1마리/엽 이었고, 경제적 방제수준은 경제적 피해수준의 80%를 적용하여 4.1마리/엽이었다(Table 3). Palumbo et al. (1994)은 멜론에서 담배가루이에 대한 피해수준을 연구한 결과 담배가루이 밀도는 3마리/엽을 넘어서는 안된다고 보고하여 우리의 결과보다 1마리/엽 정도 낮은 밀도였으나 이는 대상 식물체의 재배방식과 작부체계에 따라 조금은 차이가 있을 것으로 판단되었다.

해충을 방제하기 위한 판단은 방제에 필요한 비용과 생산물의 시장가격을 고려해야 하는데 경제성을 결정하는 것은 GT (Grain Threshold, 면적당 방제비용과 같은 수량)가 중요한 기준이 된다. 외국의 일부 사례를 보면 일반작물의 경우 GT값이 1.0~3.7%로 전체 수량에서 차지하는 비율이 매우 낮게 나타나고(Maltais et. al., 1998), Park et. al. (2007)도 우리나라 시설재배 채소에 대하여 단일 해충의 GT 추정치가 2% 미만으로 나타나 이 기준을 토대로 하면 매우 낮은

Table 3. Estimate of economic injury level and economic control threshold at relationship between occurrence density of *B. tabaci* and damaged fruits in oriental melon

Regression formula ^{a)}	Economic injury level (No. of adults/leaf)	Economic control threshold (No. of adults/leaf)
$Y = 0.961X + 0.0562$ $R^2 = 0.976$	5.1	4.1

^{a)} Y = rate of damaged fruit, X = occurrence density of *B. tabaci*

수준의 해충방제기준이 될 수 있다는 문제점이 있다고 하였다. 이러한 낮은 비율은 동일 처리 포장에서도 수량변이가 3~5%까지 나타날 수 있다는 점을 고려하여 방제수준 설정시 3.5~5% 범위에서 설정하는 예가 많이 보고되어 있다 (Kiritani, 1980). 따라서 본시험에서 산정한 GT값은 담배가루이 방제 방법으로 화학적 방제비용만을 적용하여 계산한 결과이기 때문에 천적사용 비용이나 약제사용에 따른 환경비용까지 적용하면 방제수준은 더 높아질 수 있다. 또한 동일작물, 해충이라도 재배지역과 주어진 환경, 생산물의 상품성을 판단하는 기준에 따라 방제수준이 달라질 수 있다는 보고들도 있지만(Kim et. al., 2006; Shipp et. al., 2000) 설정된 방제수준을 근거로 하여 방제의사 결정에는 실질적인 도움이 될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ009194)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

Literature cited

Ahn, K. S., K. Y. Lee, M. H. Choi, J. W. Kim and G. H. Kim (2001) Effect of temperature and host plant on development and reproduction of the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Kor. J. Appl. Entomol.

- 40:203-209.
- Brown, J. K., D. R. Frohlich and R. C. Rosell (1995) The sweet potato or silverleaf whiteflies: biotypes or a species complex. *Annu. Rev. Entomol.* 40:511-534.
- Butler, G. D. J., T. J. Henneberry and T. E. Clayton (1983) *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae): development, oviposition and longevity in relation to temperature. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76:310-313.
- Byrne, D. N. (1999) Migration and dispersal by the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*. *Agri. Forest Meteorol.* 97:309-316.
- Chu, D., Y. J. Zhang, B. Cong, B. Y. Xu and Q. J. Wu (2004) The invasive mechanism of a world important pest, *Bemisia tabaci* biotype B. *Acta Ent. Sinica.* 7:400-406.
- Helmi, A. (2011) Host-associated population variations of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) characterized with random DNA markers. *Int. J. Zool. Res.* 7:77-84.
- Horowitz, A. R., K. Gorman, G. Ross and I. Denholm (2003) Inheritance of pyriproxyfen resistance in the whitefly, *Bemisia tabaci* (Q biotype). *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 54:177-186.
- Jones, D. (2003) Plant viruses transmitted by whiteflies. *Eur. J. Plant Pathol.* 109:197-221.
- Kim, G. H., Y. S. Lee, I. H. Lee and K. S. Ahn (2000) Susceptibility of sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to commercially registered insecticides in Korea. *Kor. J. Pestic. Sci.* 4:51-58.
- Kim, J. H., Y. W. Byeon, Y. H. Kim and G. C. Park (2006) Biological control of thrips with *Orius strigicollis* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae) and *Amblyseius cucumeris* (Oudemans)(Acari: Phytoseiidae) on greenhouse green pepper, sweet pepper and cucumber. *Kor. J. Appl. Entomol.* 45:1-7.
- Kiritani, K. (1980) Integrated insect pest management for rice in Japan. in Proc. international symposium on problems of insect pest management in developing countries. Tropical Agriculture Research Center, Kyoto, Japan, pp. 13-22.
- Maltais, P. M., J. R. Nuckle and P. V. Lebalanc (1998) Economic threshold for three lepidopterous larval pests of fresh-market cabbage in southeastern New Brunswick. *J. Econ. Entomol.* 91:699-707.
- Matsui, M. (1992) Irregular ripening of tomato fruit caused by the sweetpotato whitefly, *B. tabaci* (Gennadius) in Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol.* 39:5-12.
- Nombela, G., F. Beitia and M. Muniz (2001) A differential interaction study of *Bemisia tabaci* Q-biotype on commercial tomato varieties with and without the Mi resistance gene, and comparative host responses with the B-biotype. *Entomol. Exp. Appl.* 98:339-344.
- Palumbo, J. C., A. Tonhasca Jr. and D. N. Byrne (1994) Sampling plans and action thresholds for whiteflies on spring melons. IPM Series 1. Publ. No. 194021.
- Park, H. H., W. H. Yeh and H. M. Park (2007) Gain threshold estimation for some pests in major crops. *Kor. J. Appl. Entomol.* 46:63-69.
- Perring, T. M., A. D. Cooper, R. J. Rodrigues, C. A. Farrar and T. S. Bellows (1993) Identification of a Whitefly species by genomic and behavioral studies. *Science* 259:74-77.
- Salas, J. and O. Mendoza (1995) Biology of the sweet potato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato. *Florida Entomol.* 78:156-160.
- Shipp, J. L., K. Wang and M. R. Binns (2000) Economic injury levels for western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse cucumber. *J. Econ. Entomol.* 93:1732-1740.
- Yang, J. O., E. H. Lee, C. M. Yoon, K. S. Ahn and G. H. Kim (2009) Comparison of feeding behavior of B and Q biotypes of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) against red pepper and tomato varieties. *Kor. J. Appl. Entomol.* 48:179-188.

참외에서 담배가루이의 경제적 피해수준 설정

박석희* · 이중환 · 우진하 · 최성용 · 박소득 · 박흥현¹

경상북도농업기술원 농업환경연구과, ¹국립농업과학원 작물보호과

요 약 본 연구는 참외 담배가루이의 경제적 피해수준과 요방제 수준을 설정하기 위하여 수행하였다. 참외 접목묘는 비닐하우스 내에서 2010년 6월 8일에 정식하였고, 담배가루이 성충을 7월 14일에 1, 5, 10, 20마리/10엽 밀도로 각각 접종하였다. 접종 60일 후 담배가루이 성충 밀도는 20마리 접종 처리구의 경우 초기 접종밀도보다 24.9배 증가하였다. 담배가루이에 의한 잎과 과실의 피해는 접종 후 20일째부터 나타나기 시작하였고, 접종 60일째에 피해엽율과 피해과율은 각각 28.5%와 31.5%였다. 담배가루이 접종밀도와 피해과율과의 관계를 회귀식을 이용하여 분석한 결과, $Y = 0.961X + 0.0562 (R^2 = 0.976)$ 의 관계식을 얻을 수 있었다. 이 식에 따라 계산된 참외 담배가루이의 경제적 피해수준은 5.1마리/엽, 요방제 수준은 경제적 피해수준의 80%인 4.1마리/엽이었다.

색인어 참외, 담배가루이, 경제적 피해수준, 요방제 수준