

## 배추의 생육초기에 복숭아혹진딧물의 경제적 피해수준 설정

전흥용 · 강택준\* · 김형환 · 양창열 · 김동순<sup>1</sup>

원에특작과학원 원에특작환경과, <sup>1</sup>제주대학교 생명자원과학대학 아열대농업생명과학연구소

### Economic Injury Level of *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) at Chinese Cabbage

Heung-Yong Jeon, Taek-Jun Kang\*, Hyeong-Hwan Kim, Chang-Yeol Yang and Dong-Soon Kim<sup>1</sup>

Horticultural & Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Suwon 441-440

<sup>1</sup>Department of Plant Resources Science, College of Agriculture & Life Sciences, Cheju National University, Jeju 690-756, South Korea; The Research Institute for Subtropical Agriculture and Biotechnology

**ABSTRACT** : This study was conducted to estimate the economic injury level (EIL) and economic threshold (ET) of the green peach aphid, *Myzus persicae*, on Chinese cabbage (*Brassica campestris* var). The changes of biomass of Chinese cabbage and *M. persicae* density were investigated after introduction of *M. persicae* at different density (0, 2, 5, 10, 15, and 20 per plant; inoculated at 10d after planting). The densities of *M. persicae* largely increased from the above initial densities to 0, 92.3, 177.4, 406.9, 440.4, and 471.3 aphids per plant at 18d after the initial inoculation, respectively. The biomass of Chinese cabbage significantly decreased with increasing the initial inoculated density of *M. persicae*: 602.0, 264.2, 262.0, 109.3, 151.0, and 67.3 g in above plots with different initial densities, respectively. The relationship between cumulative aphid days (CAD) and yield loss (%) of Chinese cabbage was well described by a nonlinear logistic equation. Using the estimated equation, EIL of *M. persicae* on Chinese cabbage was estimated 25 CAD per plant based on the yield loss 13%, which take into account of an empirical gain threshold 5% and marketable rate 92% of spring Chinese cabbage. Also, ET was calculated at 80% of EIL: 20 aphids per plant. Until a more elaborate EIL-model is developed, the present result may be useful for *M. persicae* management at early growth stage of Chinese cabbage.

**KEY WORDS** : Green peach aphid, *Myzus persicae*, *Brassica campestris* var, Economic injury level, Economic threshold, Gain threshold

**초 록** : 봄 배추 생육초기에 복숭아혹진딧물의 접종밀도에 따른 진딧물의 밀도 증가가 배추의 수량에 미치는 영향을 조사하여 경제적 피해수준과 요방제 수준을 설정하고자 하였다. 복숭아혹진딧물을 배추 정식 후 10일에 포기당 2, 5, 10, 15 및 20마리 접종한 경우 접종 후 18일의 복숭아혹진딧물의 밀도는 각각 92.3, 177.4, 406.9, 440.4, 471.3마리로 증가하였으며, 배추의 생체중은 복숭아혹진딧물의 무처리, 2, 5, 10, 15 및 20마리 접종구에서 각각 602.0, 264.2, 262.0, 109.3, 151.0, 67.3 g으로 접종밀도가 높을수록 배추의 생체중은 현저하게 감소하였다. 복숭아혹진딧물의 발생밀도와 배추의 생체중과의 관계를 구명하기 위하여 진딧물의 누적발생일수(cumulative aphid days)와 배추 생체중과의 관계식을 구한 결과 비선형의 대수모형에 잘 적용되었다. 이 관계식에서 경험적인 수익한계(gain threshold) 5%와 봄 배추 상품율(92%)을 감안하여 복숭아혹진딧물 5마리가 5일 동안 흡즙하여 13%의 수량감소를 유발시킨 경제적 피해수준을 추정한 결과 CAD 값이 25가 되었다. 또한 요방제밀도는 경제적 피해수준의 80%가 되는 CAD 값이

\*Corresponding author. E-mail: tj kang72@rda.go.kr

20으로 추정되었다. 따라서 본 결과는 봄 배추 생육초기에 복숭아혹진딧물의 요방제 밀도 설정에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 여겨진다.

**검색어** : 복숭아혹진딧물, 배추, 경제적 피해수준, 요방제 밀도, 수익한계

복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*)은 매미목(Homoptera) 진딧물과(Aphididae)에 속하며, 전 세계적으로 66과 300여종의 기주가 기록되어 있다(Shim *et al.*, 1977). 복숭아혹진딧물에 의한 식물체의 피해는 어린 식물의 조직을 흡즙하여 물에 대한 스트레스, 잎의 위축, 성장률의 둔화 및 수확량의 감소 등 직접적인 피해와 100여종의 각종 식물 바이러스병의 매개 및 2차적인 그을음병의 유발 등을 들 수 있다(Lee and Paik, 1977; Pettitt and Smilowitz, 1982).

국내에서 복숭아혹진딧물은 배추, 무, 양배추, 상추, 고추, 수박 등 채소작물과 복숭아 등의 과수작물 그리고 심비디움, 국화와 같은 화훼작물에 발생하여 피해를 유발한다(Kim and Kim, 2004; Vuong, 2003; Minks and Harrewijn, 1988). 배추과(Cruciferae) 작물에 발생하는 진딧물로는 복숭아혹진딧물(*M. persicae*), 무우테두리진딧물(*Lipaphis erysimi*), 양배추가루진딧물(*Brevicoryne brassicae*)의 3종류가 가장 대표적이며(Lee and Paik, 1977; Shim *et al.*, 1977), 이 중에서 배추에 가장 심한 피해를 주는 것은 복숭아혹진딧물이라 할 수 있다(Ahn *et al.*, 1989). 최근 복숭아혹진딧물은 봄재배 배추, 무뿐만 아니라 대관령과 같은 여름 고냉지재배 배추, 양배추, 무 등에도 피해가 매년 증가하고 있고 특히 고온기인 여름에 기주 범위가 넓다.

최근 웰빙현상으로 소비자가 농산물과 식품의 안전성에 대한 관심이 높아져 그 어느 때보다 안전한 농산물의 생산 필요성이 증대되고 있다. 배추의 경우도 최근 고랭지 농업이 발달함으로써 더운 여름에도 무와 배추가 재배되어 복숭아혹진딧물이 연중 발생하고 무분별한 살충제 과용으로 약제 저항성이 유발되어 방제에 어려움을 겪고 있다. 이러한 저항성 출현 개체들은 일반 시설원예작물에서도 빈번하게 나타나고 있으며, 주된 이유로서는 진딧물에 대해 우수한 약제들일지라도 사용량이나 사용회수가 많아지고 있기 때문이다(Choi and Kim, 1986; Choi *et al.*, 2001). 또한 가장 근래에 개발된 이미다클로프리드 농약에도 진딧물이 저항성을 발현한다고 하였다(Choi *et al.*, 2001). 따라서 저항성 개체군의 출현을 미연에 방지하

고 방제효과를 높이면서 배추의 생산성 향상을 위하여서는 발생밀도에 근거하여 피해수준을 설정하고 합리적인 방제시기를 결정하는 기술이 필요하다. 이에 본 연구는 봄 배추에서 문제가 되고 있는 복숭아혹진딧물의 경제적 피해수준을 분석하여 요방제 수준을 설정하고자 수행하였으며, 복숭아혹진딧물 접종밀도에 따른 배추의 수량 및 진딧물 밀도 증가를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 포장 발생 조사

배추 재배를 위하여 2007년 3월 상순 경기도 수원시 탑동 소재 농촌진흥청 원예특작과학원 유리온실에 정상 배추(농우)를 파종하였다. 재배관리는 봄 노지재배의 일반적인 작형으로 실시하였다. 생산된 유묘는 본엽이 5~6매로 자랐을 때(4월 초순) 미리 구획된 포장(15×25 m)에 재식거리 35 cm로 정식하였다. 재배기간동안 발생하는 복숭아혹진딧물의 발생 조사를 위하여 매 조사시 임의로 10주를 기본으로 선정하여 각 주별로 배추에 발생한 복숭아혹진딧물의 발생 밀도를 육안 조사하였고, 같은 재배포장에 황색끈끈이트랩(10×15 cm)을 포장 주변과 내부에 10 m 간격으로 10개를 설치하여 일주일 간격으로 트랩에 유인된 복숭아혹진딧물 유시성충의 유인수를 조사하였다.

### 복숭아혹진딧물 접종 실험

배추에서 복숭아혹진딧물 경제적 피해수준 설정 실험을 위하여 실내 유리온실에서 파종한지 30일 지난 배추 유묘들을 포트(25×30 cm)에 1주씩 정식하였다. 정식 일주일 후 처리구별로 망사케이지(120목 나일론 재질)를 이용하여 시험 온실내에서 격리 재배하였다. 복숭아혹진딧물 공시충은 4월 초순경 야외 배추 포장에서 채집한 개체들은 실내에서 배추 유묘에 접종 격리하여 누대사육하였다. 배추 유묘 정식 10일 후 실내에서 사육한 복숭아

혹진딧물 무시성충들을 인위적으로 주당 2, 5, 10, 15, 20마리씩 접종 및 무처리구를 조성하여 각 처리별 3반복을 두었고 시험구인 포트들은 온실내에서 난괴법으로 배치하였다. 접종 1일 후 각 처리구별로 복숭아혹진딧물 접종수준에 맞도록 진딧물 밀도를 조성한 후 더 이상 외부로부터 진딧물 유입을 막기 위하여 각 처리구를 망사케이지로 다시 격리하였다.

### 피해조사

피해 조사는 복숭아혹진딧물 접종 후 7, 12, 18일째 각 처리별로 증식된 진딧물의 발생 밀도, 주당 배추의 잎수 및 상품성 정도를 조사하였다. 또한 진딧물 밀도에 따른 감수량을 추정하기 위하여 접종 18일째 처리별 배추의 총 생체량을 측정하였다.

### 자료분석

복숭아혹진딧물 초기 접종후 시간 경과에 따른 진딧물 발생밀도, 배추 잎수 및 생체량 자료는 분산분석을 통하여 유의성을 검정하였으며, 각 평균간 비교는 DMRT 검정을 이용하였다.

복숭아혹진딧물 발생밀도에 따른 배추의 피해량을 추정하기 위하여 진딧물의 누적 발생일수(Cumulative aphid days, CAD) 개념을 도입하였다(Ruppel, 1983; Ministry of Agriculture & Forestry, 2004). 즉 CAD는 진딧물 1마리가 1일간 가해한 양을 누적한 것으로 예를 들어 1마리가 10일간 가해하면 CAD 값이 10이 된다. 따라서 각각의 조사일에 얻어진 진딧물 발생밀도를 이용하여 CAD 값을 계산하였으며, 이전 조사일과 현 조사일의 평균밀도는 각각의 조사일에 얻어진 값을 2로 나누어 계산하였다. 복숭아혹진딧물의 누적발생일수(즉 CAD)에 따른 수량 손실과의 관계는 아래의 logarithmic 함수를 이용하여 분석하였다.

$$y = \frac{a}{1 + (x/b)^c}$$

여기서 y는 CAD x에서의 감수량, a, b, c는 추정해야

할 매개변수이다. 각 매개변수는 TableCurve 2D 프로그램을 이용하여 추정하였다(Jandel Scientific, 1996).

경제적 피해수준을 추정하려면 해충방제비용을 작물의 수량으로 변환해야 한다. 즉 단위면적당 방제비용과 동등한 작물수량인 수익한계(Gain Threshold, 또는 수익역치)를 추정하는 것이 필요하다(Pedigo et al., 1986; Pedigo, 1996). 하지만 작물의 시장가격은 그 당시의 사회적 환경에 따라 변동되기 때문에 정확한 수익한계를 추정하기 어려워서(Pedigo et al., 1986), 경제적 피해수준 설정시 임의로 수익한계를 전체수량의 3.5~5%범위에서 설정한 경우가 많다(Ministry of Agriculture & Forestry, 2004; Choi et al., 2006). 따라서 본 연구에는 수익한계를 5%로 가정하였으며, 여기에 봄배추 상품화율 92% (농진청 소득정보, 2007)를 감안하여 배추 감수량 13%에서 경제적 피해수준을 설정하였다.

### 결과 및 고찰

2007년 노지 배추포장에서 황색끈끈이트랩에 유인된 복숭아혹진딧물의 발생 밀도와 육안 조사 결과 4월 30일에 유시성충 3마리가 최초로 유인되었고 5월 8일 최고 밀도로 유인되었다(표 1). 또한 배추에서 육안 조사 결과 끈끈이트랩에 복숭아혹진딧물 무시성충들이 유인된 지 약 4일 후인 5월 3일부터 주당 평균 19.7마리가 발견되기 시작하였고 방제가 이루어지지 않는 상태에서는 밀도가 급격히 증가하였다.

배추정식 10일 후 복숭아혹진딧물 초기접종 밀도에 따른 각 처리구별 밀도변동은 표 2과 같았다. 접종 후 시간이 경과함에 따라 처리 간 복숭아혹진딧물 발생밀도는 통계적으로 유의한 차이가 있었다(표 2). 접종 후 7일째 복숭아혹진딧물 주당 밀도는 5.1~25.1마리를 보였으며, 최고밀도와 최저밀도 간 차이가 20.0마리로 처리간 큰 차이가 없었다. 또한 관찰결과 그때까지는 배추에 외관상 피해가 나타나지 않았다. 그러나 접종 후 시간이 경과될수록 복숭아혹진딧물 밀도는 크게 증가하였으며, 접종후 18일에 주당 10마리 이상 처리구에서는 406.9~471.3마리로 급격한 증가를 보였다. 초기 주당 접종수준 2마리와 20마리

**Table 1.** Changes in population density of *M. persicae* on Chinese cabbage by visual and yellow sticky traps in the spring cultivation

Date	Apr 23	Apr 30	May 3	May 8	May 14
Yellow sticky trap (individuals/trap)	0	3	-	39	26
Visual count (individuals/plant)	0	0	19.7	52.8	351.0

**Table 2.** Changes in population density of *M. persicae* on Chinese cabbage at days after initial introduction

No. of <i>M. persicae</i> introduced per plant	Days after <i>M. persicae</i> introduction		
	7 days	12 days	18 days
2	5.1±1.8d <sup>z</sup>	15.0±8.1b	92.3±32.5c
5	5.1±0.2d	27.6±13.0b	177.4±71.6b
10	13.8±9.2c	82.6±2.9a	406.9±53.5a
15	19.0±6.2b	92.3±29.4a	440.4±123.6a
20	25.1±2.9a	113.3±9.4a	471.3±40.0a
Control	0	0	0

<sup>z</sup> Means followed by same letters within a column are not significantly different by DMRT at 5% level.

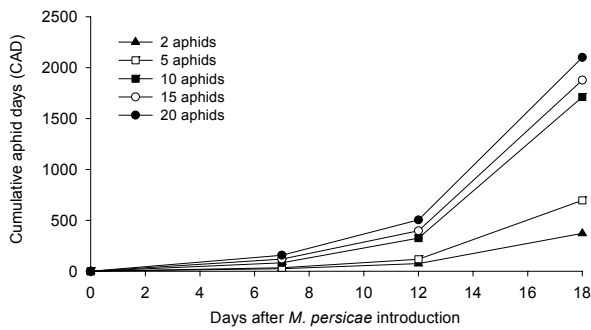
간 차이는 접종기에는 18마리에 불과했지만 18일 후에는 379마리로 크게 벌어졌다.

표 2에 제시된 복숭아혹진딧물 발생밀도 자료를 이용하여 재료 및 방법에서 설명한 것과 같은 방법으로 진딧물의 누적발생일수(cumulative aphid days, CAD)를 계산하였다. 그 결과 초기 접종밀도별 시간 경과에 따른 CAD 값의 변화는 그림 1과 같았다. 그림과 같이 CAD는 지수함수적으로 증가하였고, 초기 10마리 이상 접종구에서 CAD 값이 높은 경향을 나타내었다.

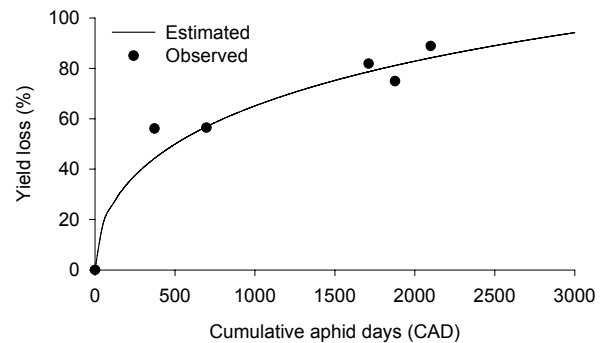
복숭아혹진딧물의 가해로 인한 배추의 수량손실을 나타

내는 생체량(g) 및 주당 잎 수는 표 3과 같았다(접종 후 18일째 조사). 배추 생체량은 복숭아혹진딧물 초기 접종 밀도가 높을수록 현저하게 감소하였다. 무처리구 대비 초기 접종밀도 2마리 처리구의 수량은 약 44% 수준이었으며, 또한 20마리 처리구는 약 11%로 수량이 크게 감소하였다. 주당 배추 잎의 수도 초기 접종 밀도가 증가할수록 유의하게 감소하였다.

봄 배추에서 생육초기 복숭아혹진딧물의 CAD에 따른 감수량 곡선은 그림 2와 같았다. CAD 값이 증가함에 따라 처음에는 급격하게 피해량이 증가하다가 CAD 값이 500



**Fig. 1.** The changes of CAD (cumulative aphid days) according to the initial density of *M. persicae* per plant.



**Fig. 2.** The yield loss curve of young Chinese cabbage caused by *M. persicae* as a function of the cumulative aphid days (CAD). A logistic equation was applied.

**Table 3.** Biomass and number of leaves of Chinese cabbage according to the initial density of *M. persicae*

No. of <i>M. persicae</i> introduced per plant	Biomass (g) per plant	No. leaves per plant
2	264.2±72.5b <sup>z</sup>	21.5±2.8b
5	262.0±94.0b	19.8±1.7bc
10	109.3±69.9c	14.5±4.9de
15	151.0±61.4bc	16.3±4.8cd
20	67.3±56.4c	10.8±5.2e
Control	602.0±131.9a	28.3±2.5a

The biomass and the number of leaves were examined at 18th day after *M. persicae* introduction. <sup>z</sup>Means followed by same letters within a column are not significantly different by DMRT at 5% level.

부근부터는 수량 감소율이 둔화되는 경향을 보였다. 이 관계는 비선형회귀식(logistic 모델)으로 잘 설명되었으며, 추정된 각 매개변수 값은  $a = 236.0342$ ,  $b = 6741.7412$ ,  $c = -0.5058$ 이었다. 이 식으로부터 수익한계 5%와 봄 배추 상품율을 감안한 수량 감소율 13%에서 복숭아혹진딧물 경제적 피해수준을 추정한 결과 CAD 값이 25가 되었다. 즉 봄철 어린 배추에서 복숭아혹진딧물 5마리가 5일 동안 흡즙하게 되면 경제적 피해가 발생한다는 것을 의미하였다.

본 연구에서 사용한 CAD는 특정시기의 해충 발생정도를 나타내는 개체군 밀도 개념과는 달리 기주식물에 지속적으로 피해를 주는 실질적인 진딧물 피해량을 나타내는 개념이다. Ruppel (1983)이 제시한 해충 밀도일에 근거를 두고 있으며, 진딧물 또는 응애류와 같이 간접적 피해를 유발하는 해충의 피해를 산출하기 위하여 많이 이용되었다(Ministry of Agriculture & Forestry, 2004). 따라서 배추에서 복숭아혹진딧물의 피해량을 산출하는데 적당한 개념으로 보인다.

복숭아혹진딧물이 어린 봄배추의 수량감소에 미치는 영향은 그림 2에 제시된 것과 같이 비교적 적은 가해량에서도 40~50%의 높은 수량감소를 유발하였다. 이것은 유효기 때 진딧물 피해가 크게 나타날 수 있음을 의미한다. 보통 경제적 피해수준의 80% 선에서 요방제 밀도(economic threshold) 즉 해충밀도가 경제적 피해수준에 도달하는 것을 방지하기 위하여 방제수단을 동원해야 하는 밀도수준을 설정하고 있기 때문에(Stone and Pedigo, 1972) 봄배추 정식초기 복숭아혹진딧물 요방제밀도는 CAD 값이 20 된다. 본 결과는 봄 배추에서 정식 후 짧은 기간 동안의 진딧물 피해량 자료를 기초로 작성되었으므로 다른 작형 또는 다른 배추 발육단계에 적용하기에는 제한이 따른다. 하지만 아직 배추에서 복숭아혹진딧물의 경제적 피해수준에 관한자료가 없는 상태이기 때문에 보다 개선된 결과가 도출될 때까지 배추 정식초기 복숭아혹진딧물의 방제 계획을 수립하는 데 유용하게 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

## Literature Cited

Ahn, Y.J., K.H. Kim and S.Y. Choi. 1989. Joint Toxic Action of Insecticide Mixtures to the Cypermethrin and Pirimicarb

- Selected Strains of Green Peach Aphid (*Myzus persicae* Sulzer). Kor. J. Appl. Entomol. 28; 32-36.
- Choi, B.Y., S. W. Lee and J.K. Lyu. 2001. Resistance Mechanisms of Green Peach Aphid, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae), to Imidacloprid. Kor. J. Appl. Entomol. 40; 265-271.
- Choi, S.W. and G.H. Kim. 1986. Studies on the Resistance of Green Peach Aphids to Insecticides (II) - Local Differences in Susceptibility-. Kor. J. Appl. Entomol. 25: 151-157.
- Choi, S.W., G.H. Kim. and Y.J. Ahn. 1989. Studies of the Insecticide Resistance in the Green Peach Aphid, *Myzus persicae* Sulzer (V). Development of Cypermethrin and Pirimicarb Resistance, and Cross Resistance. Kor. J. Appl. Entomol. 28: 23-27.
- Choi, Y.S., D.G. Park., I.S. Han and K.R. Choi. 2006. Determination of Economic Injury Levels (EILs) and Control Thresholds (CTs) of *Aphis egomae* (Hom.: Aphididae) in Green Perilla. Kor. J. Appl. Entomol. 45:317-325
- Jandel Scientific. 1996. Table Curve 2D Software. San Rafael, CA.
- Kim, J.S. and T.H. Kim. 2004. Development Time and Development Model of the Green Peach Aphid, *Myzus persicae*. Kor. J. Appl. Entomol. 43: 305-310.
- Lee, J.Y. and W.H. Paik. 1977. Studies on the Aphid Transmission of Some Cruciferous Viruses. Kor. J. Pl. Prot. 16: 93-100.
- Minks, A.K., Harrewijn P. 1988. Aphids, their biology, natural enemies and control. World. Crop Pests 2C. Amsterdam, Elsevier. 311pp.
- Ministry of Agriculture & Forestry. 2004. Development of economic injury level, simple sampling methods and study of occurrence for major pests on cucumbers, hot peppers and tomatoes. 752pp.
- Pedigo, L.P. 1996. General models of economic thresholds, pp. 41-57. In L.G. Higley and L.P. Pedigo (eds.), Economic thresholds for integrated pest management. University of Nebraska Press, Lincoln.
- Pedigo, L.P., S.H. Hutchins and L.G. Higley. 1986. Economic Injury Levels in Theory and Practice. Ann. Rev. Entomol. 31: 341-368.
- Petitt, F.L. and Z. Smilowitz. 1982. Green peach aphid feeding damage to potato in various plant growth stages. J. Econ. Entomol. 75: 431-435.
- Ruppel, R.F. 1983. Cumulative insect-days as an index of crop protection. J. Econ. Entomol. 76: 375-377.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT user's guide, release 6.11 ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Shim, J.Y., J.S. Park, W.H. Paik and Y.B. Lee. 1977. Studies on the life history of green peach aphid, *Myzus persicae* (Homoptera). Kor. J. Pl. Prot. 16: 139-144.
- Stone, J.D. and L.P. Pedigo. 1972. Development and economic injury level of the green clover worm on soybean in Iowa. J. Econ. Entomol. 65: 197-201.
- Vuong, P.T., J.H. Kim, Y.H. Song. 2003. Overwintering Two Aphid Species, *Lipaphis pseudobrassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae), in Southern Greenhouse Area in Korea. J. Asia-Pacific Entomol. 6:63-67.

(Received for publication September 26 2008;  
revised October 6 2008; accepted November 20 2008)