

양배추에서 생육초기 도둑나방의 경제적피해수준 설정

강택준* · 전홍용 · 김형환 · 양창열 · 김동순¹

국립원예특작과학원 원예특작환경과, ¹제주대학교 생명자원과학대학 아열대농업생명과학연구소

Economic Injury Level of *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) on Early Stage of Cabbage (*Brassica oleracea* L. var *capitata* L.)

Taek-Jun Kang, Heung-Yong Jeon, Hyeong-Hwan Kim, Chang-Yeol Yang and Dong-Soon Kim¹

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

¹The Research Institute for Subtropical Agriculture and Biotechnology, Department of Plant Resources Science, College of Agriculture & Life Sciences, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea.

ABSTRACT : This study was conducted to develop economic injury level (EIL) and economic threshold (ET) of Cabbage armyworm, *Mamestra brassicae* L. on cabbage (*Brassica oleracea* L. var). The changes of cabbage biomass and *M. brassicae* density were investigated after introduction of larval *M. brassicae* (2nd instar) at different densities: 0, 1, 2, 4, 8, and 16 larvae per plant at 40 d after planting for an open field experiment, and 0, 2, 5, 8 and 12 larvae per plant at 25 d after planting for a glass house experiment. In the field experiment, the yield loss of cabbage was not significantly different among treated-plots at 30 d after the larval introduction, showing an over-compensatory response of cabbage plants to *M. brassicae* attack. In the glasshouse experiment, however, the biomass of cabbage at 15 d after the larval introduction significantly decreased with increasing the initial introduced number of *M. brassicae*, resulting in 38.3, 36.7, 21.7, 23.3 and 16.7g in above treated-plots, respectively. The relationship between cumulative insect days (CID) and yield loss (%) of cabbage was well described by a nonlinear logistic equation. Using the estimated equation, EIL of *M. brassicae* on cabbage was estimated at 44 CID per plant based on the yield loss 14%, which take into account of an empirical gain threshold 5% and marketable rate 91% of cabbage. Also, ET was calculated at 80% of the EIL: 35 CID per plant. Until a more elaborate EIL-model is developed, the present result may be useful for *M. brassicae* management at early growth stage of cabbage.

KEY WORDS : *Mamestra brassicae*, Cabbage, Economic injury level, Economic threshold, Gain threshold

초 록 : 양배추 유묘에서 도둑나방 유충의 경제적 피해허용수준과 요방제 수준을 설정하기 위하여 도둑나방 유충 접종 밀도에 따른 양배추의 생육, 피해 및 수량을 조사하였다. 포장실험에서 파종 40 일 양배추 유묘에 주당 0, 1, 4, 8, 16마리의 도둑나방 2령 유충들을 접종하고 30일 후 수량조사결과 처리 간 차이가 없었고, 양배추는 도둑나방 가해에 대하여 보상적 반응을 보였다. 반면, 유리온실 실험에서 정식 25일 양배추 유묘에 주당 0, 2, 5, 8, 12마리의 도둑나방 2령 유충들을 접종한 결과 15일 후 양배추의 평균생체중은 무처리에서 38.3 g, 2마리 접종구에서 36.7 g, 5마리 접종구에서 21.7 g, 8마리 접종구에서 23.3 g, 12마리 접종구에서 16.7 g으로 도둑나방 유충의 접종수가 증가할 수록 양배추의 생체중은 유의하게 줄어들었다. 도둑나방 유충 발생과 수량손실과의 관계를 구명하기 위하여 누적발생일수(cumulative insect days)와 양배추 유묘의 손실률(%)과의 관계를 회귀분석한

*Corresponding author. E-mail: tjkang72@korea.kr

결과 비선형식인 logistic 모형에 잘 적용되었다. 이 식으로부터 수익한계인(gain threshold) 5%와 양배추 상품화율(91%)을 감안했을 때, 수량 감소율 14%에서 도둑나방 2령 유충의 경제적피해수준은 44 CID 이었다. 또한 요방제 밀도는 경제적 피해수준의 80%가 되는 35 CID로 추정되었다. 본 결과는 양배추 유묘시기에 도둑나방 유충을 방제하기 위한 경제적인 방제적기를 제공함으로써 본 해충의 효율적인 관리에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

검색어 : 도둑나방, 양배추, 경제적피해수준, 요방제밀도, 수익한계

도둑나방(*Mamestra brassicae* L.)은 배추, 양배추, 녹색꽃양배추, 꽃양배추 등 채소작물과 장미, 백합 등 화훼작물을 가해하는 기주범위가 넓은 식식성 해충으로 전 세계적으로 분포하는 것으로 알려져 있다(Finch and Thompson, 1992). 최근 국내에서는 강원 고랭지와 기타 여름배추를 재배하는 지역에서 국지적으로 발생하여 큰 문제가 되고 있다. 배추, 양배추 등이 어렸을 때는 잎을 섭식하며 심한 경우에는 줄기와 엽맥만 남기고 지상부 모든 부분을 다 섭식한다. 또한 배추나 양배추 등의 결구시기에는 결구 속으로 파고들어가 외관상 피해증상을 관찰하기 어렵고, 방제가 힘들어 배추의 상품성을 심각하게 떨어뜨리기도 하는 것으로 알려져 있다(Hamada and Sato, 1965; Kwon *et al.* 2005).

외국에서는 도둑나방의 발생 생태 및 생리적 특성, 방제법에 관한 여러 연구들이 폭넓게 수행되었다(Hitaro, 1965; Fujiya *et al.* 1968; Birch *et al.*, 1989; Theunissen and Ouden, 1980; Vasconcelos *et al.*, 2005; Takada *et al.*, 2001). 국내에서는 고랭지 재배 배추에서 도둑나방의 발생 소장 및 생태적 특징에 관한 연구가 수행되어(Kwon *et al.* 2005), 도둑나방 발생소장에 따른 합리적인 방제시기 설정에 관한 일부 연구가 수행되었을 뿐 양배추 재배 환경에서 도둑나방 발생 밀도 수준에 따른 방제시기 및 경제적 피해수준 설정에 관한 연구결과가 미흡한 실정이다. 이것은 도둑나방이 그 동안 일부 산간고랭지에서 국지적으로 발생하는 해충이었고, 일부 작물에서 특정시기에만 간헐적으로 소발생하는 해충이었기 때문으로 보인다. 하지만 90년대 이후 고랭지나 서늘한 시기 노지를 중심으로 배추나 양배추의 재배면적이 증가하여왔고 도둑나방의 발생 면적이 증가하고 있으며, 또한 최근 친환경농산물 수요 증가에 따른 유기농업 확산과 해충의 약제 저항성 증가로 노지포장에서 도둑나방의 피해량 및 발생지역이 점차 확산되고 있는 실정이다(Kwon *et al.*, 2005; Ryu *et al.*, 2003). 현재까지 도둑나방 방제는 화학

적 방제에 의존하고 있는 상태로 합리적인 방제 의사결정을 내리기 위해서는 도둑나방 발생밀도에 따른 피해량 추정 기술이 필요하다. 따라서 본 연구는 도둑나방의 누적발생일수(Cumulative Insect Days, CID)를 이용하여 양배추에서의 경제적피해수준과 요방제 수준을 설정하고자 도둑나방 접종밀도에 따른 양배추의 수량 및 피해를 조사하였다.

재료 및 방법

양배추 유묘 재배 및 정식

실험에 이용된 양배추 유묘는 국립원예특작과학원(수원시 탑동) 유리온실에서 직접 재배하였다. 봄철 재배를 위하여 2008년 3월 하순 양배추 종자(동복; 농우바이오)를 포트(8×10 cm) 당 2~3립 파종하였다. 본엽이 2~3매 될 때 파종구 당 한 포기를 남기고 나머지는 모두 제거하였으며, 본엽이 5~6매 유묘기까지 재배를 하였다. 여름철 재배를 위한 유묘는 7월 상순 파종하였으며 봄철 재배 유묘와 같은 방법으로 관리하였다.

도둑나방 사육 및 유충 접종밀도에 따른 피해 조사

도둑나방 사육 : 시험에 사용된 도둑나방 개체들의 종식을 위하여 2007년부터 농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구센터(구 고령지농업연구소)에서 사육하고 있는 도둑나방 성충들을 분양받아 실내 유리온실($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$)에서 사육하였다. 먹이로 배추나 양배추 유묘들을 공급하였다. 누대사육하고 있는 암컷 성충들이 동일 시기에 산란한 알들을 이용하여 같은 시간대에 부화한 1령 유충들을 확보하였고 이를 1령충 개체들에서 다음 단계로 탈피한 비슷한 크기의 2령 유충들을 선별하여 격리한 후 12시간 이내에 접종시험에 사용하였다.

온실내 포트시험 : 유리온실 내에서 원형 포트(직경 25 × 높이 30 cm)에 상기와 같이 재배된 양배추 유묘 1주식을 정식하고 도둑나방 접종을 위하여 각 포트를 망사케이지(가로 30 × 세로 30 cm × 높이 50 cm, 60 mesh)로 격리하였다. 정식 후 5일(파종 후 25일) 각 포트에 도둑나방 2령 유충을 가는 붓을 이용하여 접종하였다. 도둑나방 접종밀도는 주당 0, 2, 5, 8, 12마리였다. 각 3반복으로 수행하였으며 도둑나방이 접종된 각 포트를 유리온실 내에 완전임의 배치하였다. 조사는 접종 3일, 6일, 9일, 12일, 15일 후 모두 5회에 걸쳐 실시하였으며, 접종 밀도별 도둑나방에 의한 양배추 주당 전체 엽수와 피해 엽수를 기록하였고 마지막 조사시기에는 양배추 생체량과 길이를 분석에 이용하였다.

야외 포장시험 : 야외 포장에서 도둑나방 접종 수준에 따른 피해 조사를 위하여 국립원예특작과학원(수원시, 탑동) 시험농장에 양배추 야외포장(400 m², 20×20 m)을 조성하여, 5~6엽기 양배추 유묘(파종 25~30일묘)를 재식거리 35 cm 간격으로 4월 상순과 7월 초순에 각각 정식하였다. 양배추 정식 직후 이미 발생한 진딧물과 나방류 방제를 위하여 살충제(에마맥틴벤조에이트 유제, 이미다클로프리드 수화제)를 처리하여 해충들을 방제하였고, 도둑나방 접종을 위하여 양배추 4주식 한 단위로 망사케이지(1×1×0.6 m, 42mesh)를 이용 격리하였다. 포장 정식 15일(파종 후 약 40일) 후 도둑나방 2령 유충을 망사케이지 내 주당 0, 1, 2, 4, 8, 16 마리가 되도록 접종하였다. 각 접종 밀도별 3반복으로 수행하였다. 도둑나방 접종 30일(파종 70일) 후 양배추를 수확하면서 양배추 주당 생체량, 엽수와 엽 무게들을 측정하여 초기 도둑나방 유충 접종 밀도 수준과 양배추 생체량과의 상관관계를 분석하였다.

자료 분석 : 도둑나방 초기 접종 후 시간 경과에 따른 양배추 잎 수 및 생체량 자료는 분산분석을 통하여 유의성을 검정하였으며, 각 평균간 비교는 Tukey 검정을 이용하였다. 도둑나방 유충 접종기간에 따른 양배추의 피해량을 추정하기 위하여 도둑나방 누적발생일수(Cumulative Insect days, CID) 개념을 도입하였다(Ruppel, 1983; Ministry of Agriculture & Forestry, 2004). 즉 1 CID는 한 마리 나방유충이 하루 동안 가해한 양을 누적한 것으로 예를 들어 1마리가 10일간 가해하면 10 CID가 된다. 양배추 순실량(%)과 각 처리구 접종기간동안에 얻은 CID의 관계를 아래의 Logistic 함수를 이용하여 분석하였다. 본

모형은 시설오이에서 온실가루이 발생밀도와 피해량 관계 해석에 효과적으로 이용된 바 있다(Jeon et al., 2009). 포장시험에서는 처리밀도에 따라 양배추 수량에 차이가 없었기 때문에 온실포트 시험자료를 분석에 사용하였다.

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

여기서 y 는 CID x 에서의 감수량, a , b , c , d 는 추정해야 할 매개변수로 각 매개변수는 TableCurve 2D 프로그램을 이용하여 추정하였다(Jandel Scientific, 1996).

경제적피해수준을 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), 경제적피해수준 설정시 임의로 수익한계를 전체수량의 3.5~5% 범위에서 설정한 경우가 많다(Ministry of Agriculture & Forestry, 2004; Choi et al., 2006). 따라서 본 연구에는 양배추의 수익한계를 5%로 설정하였고, 양배추 상품화율 91%(2007, 농진청 소득정보)를 고려하여 양배추 감수량 14%에서 경제적피해수준을 설정하였다.

결 과

도둑나방 유충 접종밀도에 따른 양배추 피해량

온실내 포트시험 : 양배추 파종 25일 유묘(온실 포트시험)에서 도둑나방 유충 접종 밀도 별 주당 평균 엽수를 조사한 결과, 접종 후 12일까지 주당 7~10엽으로 큰 차이가 없었다(Table 1: 3일 F=1.67, df=4, P=0.2333; 6일 F=2.00, df=4, P=0.1705; 9일 F=1.06, df=4, P=0.4240; 12일 F=2.17, df=4, P=0.14461). 하지만 접종 15일 후에는 주당 도둑나방 유충 접종 0, 2, 5, 8, 12마리 처리에서 각각 11, 10.3, 9.3, 9.3, 8.7엽/주로 대체적으로 접종 밀도가 높을수록 주당 엽수가 감소하는 양상이었다(F=5.50, df=4, P=0.0132). 양배추 파종 25일 유묘에서 도둑나방 유충 접종 밀도 별 주당 평균 엽 피해율 변화는 Table 2와 같았다. 즉 접종 초기에는 다소 피해엽률의 차이가 있었으나 접종 12일부터는 무처리를 제외한 모든 처리구에서 100% 피해엽률을 보였다. 도둑나방 유충 접종 15일 후 양배추의 생육특성을 조사한

Table 1. The changes in cabbage leaves per plant (Mean \pm SE) according to the initial introduced-density of *M. brassicae*

No. of <i>M. brassicae</i> introduced	Days after <i>M. brassicae</i> introduction				
	3	6	9	12	15
0	7.3 \pm 0.33a ^a	7.3 \pm 0.33a	8.7 \pm 1.15a	9.7 \pm 0.67ab	11.0 \pm 0.58a
2	8.0 \pm 0.00a	8.0 \pm 0.00a	8.7 \pm 0.58a	9.7 \pm 0.33ab	10.3 \pm 0.33ab
5	8.0 \pm 0.00a	8.0 \pm 0.00a	8.7 \pm 0.58a	9.3 \pm 0.33ab	9.3 \pm 0.33bc
8	7.3 \pm 0.33a	8.0 \pm 0.00a	8.3 \pm 0.58a	10.3 \pm 0.67a	9.3 \pm 0.33bc
12	7.7 \pm 0.33a	7.7 \pm 0.33a	8.0 \pm 0.58a	8.3 \pm 0.33b	8.7 \pm 0.33c

M. brassicae (2nd larvae) were introduced onto 25 d old cabbage seedlings.

^aMeans followed by same letters within a column are not significantly different by Tukey's test at 5% level.

Table 2. The changes in damage rates (%) of cabbage leaves caused by *M. brassicae* larvae according to the initial introduced-density of the larvae

No. of <i>M. brassicae</i> introduced	Days after <i>M. brassicae</i> introduction				
	3	6	9	12	15
0	0	0	0	0	0
2	38	50	54	100	100
5	38	75	84	100	100
8	51	79	81	100	100
12	56	95	96	100	100

M. brassicae (2nd larvae) were introduced onto 25 d old cabbage seedlings.

Table 3. Growth variables of cabbage plants (Mean \pm SE) according to the initial density of *M. brassicae*

No. of <i>M. brassicae</i> introduced	Fresh weight (g)	No. leaves/plant	Plant height (cm)
0	38.3 \pm 6.01a ^a	11.0 \pm 0.58a	8.8 \pm 0.17a
2	36.7 \pm 1.67a	10.3 \pm 0.33ab	7.8 \pm 0.17ab
5	21.7 \pm 1.67b	9.3 \pm 0.33bc	7.8 \pm 0.17ab
8	23.3 \pm 3.33b	9.3 \pm 0.33bc	7.2 \pm 0.60b
12	16.7 \pm 1.67b	8.7 \pm 0.33c	7.0 \pm 0.29b

M. brassicae (2nd larvae) were introduced onto 25 d old cabbage seedlings, and the variables were checked at 15 d after *M. brassicae* introduction.

^aMeans followed by same letters within a column are not significantly different by Tukey's test at 5% level.

Table 4. Growth variables of cabbage plants (Mean \pm SE) according to the initial density of *M. brassicae* in open field experiment

No. of <i>M. brassicae</i> introduced	Fresh weight (g)	No. leaves/plant	Weight of leaves (g)
0	185.0 \pm 2.04a	21.8 \pm 0.63ab	121.3 \pm 2.39a
1	161.3 \pm 8.26b	21.5 \pm 0.50ab	103.8 \pm 3.80b
2	192.5 \pm 8.54a	22.3 \pm 0.75ab	125.0 \pm 6.12a
4	177.5 \pm 8.29ab	21.0 \pm 0.58ab	117.5 \pm 6.61ab
8	178.8 \pm 7.74ab	20.5 \pm 0.50b	118.8 \pm 3.75ab
16	197.5 \pm 4.79a	22.5 \pm 0.29a	130.0 \pm 53.40a

M. brassicae (2nd larvae) were introduced onto 40 d old cabbage seedlings, and the variables were checked at 30 d after *M. brassicae* introduction.

^aMeans followed by same letters within a column are not significantly different by Tukey's test at 5% level.

결과, 무처리구의 경우, 생체중의 무게, 주당 엽수, 줄기 길이가 각각 38.3 g, 11.0엽/주, 8.8 cm/주 이었던데 반하여 접종 밀도가 증가할수록 유의하게 감소하였고, 특히 생체중의 경우 큰 차이를 보였다(Table 3: 생체중 $F=8.33$, $df=4$, $P=0.0032$; 주당 엽수 $F=5.50$, $df=4$, $P=0.0132$; 줄기 길이 $F=4.95$, $df=4$, $P=0.0184$).

야외 포장시험 : 야외 포장 정식 15일(파종 후 약 40일) 후 양배추 유묘에서 도둑나방 유충 접종 밀도 별 피해를 조사한(접종 30일 후) 결과는 Table 4와 같다. 통계적으로 양배추 전체 생체중 및 엽 무게는 처리 간 차이가 있었으나(생체중 $F=3.32$, $df=5$, $P=0.0268$; 엽 무게 $F=3.29$, $df=5$, $P=0.0275$), 주당 엽수는 차이가 없었다($F=1.81$, $df=5$, $P=0.1609$). 특이한 점은 유충을 1마리 접종한 처리구 보다 2마리 또는 16마리 처리한 경우 오히려 생체중 및 엽 무게가 통계적으로 유의하게 높았다.

도둑나방 유충 접종밀도별 피해량 추정

야외 포장시험(파종 후 40일묘)에서 도둑나방 접종수준별 피해량에 일관성이 없었으므로 실내 온실시험 결과(파종 후 25일묘)를 이용 피해량 곡선을 추정하였다. 즉 Table 3에서 제시된 도둑나방 초기 접종 밀도별로 누적 접종기간(Cumulative Insect days, CID)을 계산하고 양배추 생체중량의 감소에 의한 피해율 관계를 분석하였다. 그 결과 도둑나방 누적접종기간(CID)에 따른 감수량 곡선은 Fig. 1과 같았다. 초기에는 CID 증가에 따라 양배추 피해가 지수함수적으로 증가하였으나 80 CID 부근부터는 수량 감소율이 둔화되는 경향을 보였다. 이 관계는

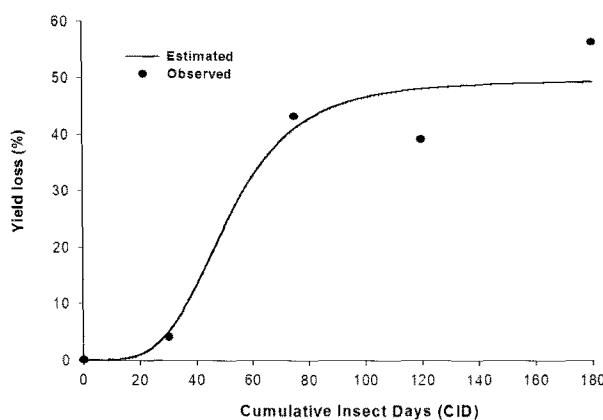


Fig. 1. The yield loss curve of young cabbage plant caused by *M. brassicae* larvae as a function of the cumulative insect days (CID). A logistic equation was applied.

비선형회귀식(Logistic 모델)으로 잘 설명되었으며($r^2=0.94$), 추정된 각 매개변수 값은 $a = 47.90$, $b = -48.29$, $c = 52.65$, $d = -10.21$ 이었다. 이 식으로부터 양배추 상품률(91%)과 임의의 수익한계 5%(농진청 소득정보, 2007) 감안한 수량 감소율 14%에서 양배추에서 도둑나방 유충의 경제적피해수준을 추정한 결과 44 CID였다. 예를 들면 도둑나방 2령 유충 5마리가 어린 양배추를 가해할 경우 약 9일 후 경제적 피해가 발생한다는 것을 의미한다(수량감소 14% 유발).

고 찰

Poston et al. (1983)은 해충밀도와 수량간의 관계를 3 가지 유형으로 구분하였다. 첫째 감수성 반응(susceptive response)으로 밀도증가에 따라 수량이 서서히 감소하는 형태, 둘째 내성적 반응(tolerant response)으로 처음에는 수량감소가 없다가 밀도가 어느 정도 도달함에 따라 수량감소가 일어나는 경우, 셋째 보상적 반응(over-compensatory response)으로 낮은 밀도에서는 오히려 수량이 증가하다가 어느 밀도 이상이 되면 비로소 수량 감소가 일어나는 경우 등이다. Southwood and Norton (1973)은 내성적 반응이 가장 흔한 경우라고 보고한 바 있다. 도둑나방은 어린유충(2령 이하)의 경우 섭식량이 적으나, 3령기부터는 섭식량이 크게 증가한다. 온도조건 25°C에서 2령에서 6령까지 경과되려면 약 2주가 소요되기 때문에(Kwon et al. 2005) 그 기간 동안 섭식량을 감안하면 양배추 생체 손실량이 크게 나타나야 정상이다(즉 감수성 내지 내성적 반응). 하지만 본 연구에서 양배추 40일 묘에 도둑나방 접종시 생체량 손실 없이 증가현상을 보였다. 즉 도둑나방에 대한 양배추의 피해 반응은 약간의 보상적 반응을 보이는 것으로 보인다. 다만 접종밀도가 낮은 주당 1마리 접종구에서 수량이 감소한 원인이 양배추의 보상력을 자극할 만큼의 가해량 크기에 도달하지 못한 것 때문인지 판단을 위한 향후 검토가 필요하다. 하여튼 양배추는 일정 발육단계 이상 성장 이후에는 어느 정도 도둑나방 유충의 섭식 피해에 대하여 보상능력을 발휘하기 때문에 큰 수량피해가 나타나지 않는 것으로 판단된다.

반면, 파종 25일묘에 도둑나방 유충 접종시에는 수량 감소에 큰 영향을 미쳤다. 즉 양배추는 생육 중후기에 도둑나방 피해에 대한 보상능력이 강하지만 생육초기에는 도둑나방 유충 섭식 피해에 민감한 것으로 보인다. 따라서 양배추 파종 25일 전후 어린시기에 도둑나

방방제여부 판단이 매우 중요할 것으로 보인다. 본 연구는 파종 25일묘를 기준으로 도둑나방의 피해를 평가하고 경제적피해수준을 제시하였다. 또한 본 연구에서는 누적밀도일(CID)의 개념을 사용하였다. 이 CID는 특정시기의 해충 발생정도를 나타내는 개체군 밀도 개념과는 달리 기주식물에 지속적으로 피해를 주는 실질적인 해충의 누적 피해량을 나타내는 개념이다. 단순한 발생 마리수로 표시된 밀도에 비하여 현장 적용 시 유통성을 발휘하기 쉽다. 보통 경제적피해수준의 80% 선에서 요방제밀도(economic threshold), 즉 해충밀도가 경제적피해수준에 도달하는 것을 방지하기 위하여 방제수단을 동원해야 하는 밀도수준을 설정하고 있기 때문에(Stone and Pedigo, 1972) 양배추 정식초기 도둑나방 유충의 요방제밀도는 약 35 CID가 된다. 예를 들면, 도둑나방의 밀도가 양배추 포기 당 3.5마리였다면 10일 이내에 방제가 필요할 것이다. 이 기간 동안 천적 등 사망요인에 의해 도둑나방의 밀도가 자연적으로 억제되면 약제살포가 필요 없을 것이다. 일반적으로 이와 같이 요방제밀도를 CID의 단위로 표현하는 경우 방제시기를 신축적으로 적용할 수 있는 장점이 있다.

또한 본 결과는 4월 상순 정식 한 어린 양배추 유묘에서 짧은 기간 동안의 도둑나방의 피해량 자료를 기초로 작성되었으므로 다른 작형 또는 발육단계에 적용하기에는 제한이 따른다. 하지만 아직 양배추에서 도둑나방의 경제적피해수준에 관한자료가 없는 상태이기 때문에 보다 개선된 정밀한 모델이 확립될 때까지 양배추 정식초기 도둑나방의 방제계획을 수립하는 데 유용하게 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 2008년 농촌진흥청 국립농업과학원의 주요 병해충·잡초의 요방제 수준 설정 연구과제의 지원을 받아 수행한 결과입니다.

Literature Cited

- Birch, M.C. Lucas D. and White P.R. 1989. The courtship behavior of cabbage moth, *Mamestra brassicae* (Lepidoptera: Noctuidae), and the role of male hair-pencils. *J. Ins. Behav.* 2: 227-239.
- 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.
- Finch, S. and A.R. Thompson. 1992. Pests of cruciferous crops. pp. 87-138. In *Vegetable Crop pests*, ed. by R. G. Mckinlay. Macmillan Press, Hounds-mills.
- Fujiya, K., A. Toki, S. Hirata and I. Masuo. 1968. Biology of *Mamestra brassicae* in sugarbeet fields with particular reference to the seasonal prevalence of adults and eggs. *Jap. J. Appl. Entomol. Zool.* 12: 171-173. (In Japanese)
- Hamada, M. and M. Sato. 1995. A study of *Erwinia carotovora* (jones) Holland. XII. Transmission of the bacterial softrot of Chinese cabbage by insects. *Sci. Rep. Miyagi Agric. Coll.* 12:22-25.
- Hitaro, S. 1965. Comparative studies on population dynamics of the important Lepidopterous pests on cabbage: IV. Some observation on egg population of *Mamestra brassicae* in cabbage fields. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 9: 151-161. (In Japanese)
- Jandel Scientific. 1996. Table Curve 2D Software. San Rafael, CA.
- Jeon, H.Y., H.H. Kim., C.Y. Yang., T.J. Kang and D.S. Kim. 2009. A tentative economic injury level for greenhouse whitefly on cucumber plants in the protective cultivation. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27(1): 81-85.
- Kwon, M., H.J. Kwon and S.H. Lee. 2005. Temperature-dependent development and seasonal occurrence of Cabbage armyworm (*Mamestra brassicae* L.) at highland Chinese cabbage fields. *Korean J. Appl. Entomol.* 44(3): 225-230.
- 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.
- Poston, F.L., L.P. Pedigo and S.M. Welch. 1983. Economic injury levels: Reality and practicality. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 29: 49~53.
- Ruppel, R.F. 1983. Cumulative insect-days as an index of crop protection. *J. Econ. Entomol.* 76: 375-377.
- Ryu, K.R., M. Kwon and J.W. Cheon. 2003. Survey of pests on organic farming crops at highland Agriculture, RDA.
- SAS Institute. 1999. SAS/STAT user's guide, release 6.11 ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Southwood, T.R.E. and G.A. Norton. 1973. Economic aspects of pest management strategies and decisions in insects: Studies in population management. Ed. P.W. Geier, I.R. Clark, D.J. Adnerson, H.A. Nix, 1: 168~184. Canberra: Ecol. Soc. Aust. Mem.
- 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.

- Takada, Y., S. Kawamura and T. Tanaka. 2001. Biological characteristics: growth and development of the egg parasitoid *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Thrichogremmatidae) on the cabbage armyworm *Mamestra brassicae* (Lepidoptera: Noctuidae). *Appl. Entomol. Zool.* 35: 369-379.
- Theunissen, J. and H. den Ouden. 1980. Effects of intercropping with *Spergula arvensis* on pests of Brussels sprouts. *Ent. Exp. Appl.* 27: 260-268.
- Vasconcelos, S.D., R.S. Hails, M.R. Speight and J.S. Cory. 2005. Differential crop damages by healthy and nucleopolyhedrovirus-infected *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) larvae: A field examination. *J. Invert. Pathol.* 88: 177-179.

(Received for publication May 1 2009;
revised June 22 2009; accepted June 23 2009)