

배추에 대한 배추흰나비(*Artogeia rapae* L.)의 요방제수준권 민* · 김주일 · 윤영남¹ · 최준열농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구센터 환경보전팀, ¹농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부 기능성작물과Control Thresholds (CTs) of Imported Cabbage Worm (*Artogeia rapae* L.) for Chinese Cabbage in KoreaMin Kwon*, Ju-Il Kim, Young-Nam Yoon¹ and June-Yeol Choi

Environment Management Team, Highland Agriculture Research Center, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, 232-955, Pyeongchang, Gangwondo

¹Functional Cereal Crop Research Division, Department of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, 627-803, Milyang, Gyeongsangnamdo

ABSTRACT : This study was conducted to estimate the control thresholds (CTs) of imported cabbage worm, *Artogeia rapae* L., injuring Chinese cabbage. The second instar larvae of *A. rapae* were inoculated with five density levels on each Chinese cabbages transplanted three weeks earlier under greenhouse condition, and checked injury rates after allowing their feeding for one week and two weeks, respectively. The average leaf area consumed by single larvae was 657.7 mm² in plots inoculated at three weeks after transplanting (WAT) and 2495.8 mm² in plots at 6-WAT, respectively. In the field experiment, different numbers of *A. rapae* ranged from one to seven larvae were inoculated on 20 plants. The percent yield reduction (Y) of Chinese cabbage infested by different densities of *A. rapae* (X) for a three-week period was estimated by the following equation; (1) $Y=1.764X-0.3049$ ($R^2=0.9901$) in plots inoculated at 3-WAT; and (2) $Y=1.0305X-0.2976$ ($R^2=0.9398$) in plots inoculated at 6-WAT. Based on the relationships between the densities of *A. rapae* larvae and the yield index of Chinese cabbage, the number of second instar larvae which caused 5% loss of yield (gain threshold proposed by Japan), was estimated as 3.0 per 20 plants for the 3-WAT and 5.1 for the 6-WAT.

KEY WORDS : Chinese cabbage, *Artogeia rapae*, Control threshold (CTs)

초 록 : 배추에서 배추흰나비의 요방제수준을 설정하기 위해 온실 및 포장에서 실험을 수행하였다. 예비실험으로서 배추흰나비 2령충을 다섯 밀도 수준 접종하고 피해정도를 조사하였다. 배추 포기당 유충 1마리 접종에 의한 잎피해면적은 정식3주차 배추에서 섭식 1주일후 657.7 mm², 정식 6주차 배추에서 섭식 2주일후 2495.8 mm²로 나타났다. 포장실험에서는 배추흰나비 유충 1-7마리를 시험구(배추 20주)에 접종하였다. 3주간 섭식후, 접종 유충 밀도(X)에 따른 수량감소율(Y)은 다음 두가지 식, 즉 정식 3주차 배추는 $Y=1.7640X-0.3049$ ($R^2=0.9901$), 정식 6주차 배추는 $Y=1.0305X-0.2976$ ($R^2=0.9398$)로 각각 추정되었다. 접종한 유충밀도와 배추 피해지수간의 상관성을 바탕으로, 수량 감소율(gain threshold, 수익역치) 5%로 전제한 배추흰나비 2령 유충의 요방제수준은 정식 3주차 배추에서 20주당 3.0마리, 정식 6주차 배추에서 20주당 5.1마리로 추정되었다.

검색어 : 배추, 배추흰나비, 요방제수준

*Corresponding author. E-mail: mkwon@rda.go.kr

표고 400 m 이상 지역에서 재배하는 고랭지배추에는 배추좀나방(*Plutella xylostella*), 배추흰나비(*Artogeia rapae*), 도둑나방(*Mamestra brassicae*), 진딧물류 등이 매년 발생하여 피해를 준다(Kwon *et al.*, 2002). 이 가운데 배추흰나비는 배추, 양배추, 브로콜리 등 배추과 작물을 가해하며, 다발생시에는 엽맥만 남기고 먹어치워 큰 피해를 주기도 한다. 그러나 이 해충은 야외조건에서 각종 천적에 의한 자연기생률이 높고(Van Driesche, 2008) 약제에 대한 감수성이 민감하여 발생초기에 방제하면 충분한 방제효과를 거둘 수 있다(NIAST, 2000). 고랭지배추 재배농가의 대부분은 해충 방제를 살충제 살포에 의존하는데, 설문조사에 의하면 이러한 방제비용이 농가당 780만원 정도였다(Kwon *et al.*, 2002). 따라서 경제적 피해허용 수준에 의한 계획방제가 이루어진다면 방제비 절감은 물론 농약 사용에 따른 여러 가지 부작용을 줄일 수 있을 것이다. 최근 안전 농산물 생산을 위한 환경친화적 해충종합방제 기술 개발이 크게 요구되는데, 이를 수행하기 위해 먼저 이루어져야 할 사항이 해당 작물의 해충에 대한 요방제수준(control thresholds)의 설정이다(Poston *et al.*, 1983). 국내에서 요방제수준 설정에 관한 연구는 2005년부터 농촌진흥청 농업과학기술원을 중심으로 본격적으로 시작되었는데, 들깨의 들깨진딧물(*Aphis egomae*) (Choi *et al.*, 2006), 콩의 담배겨세미나방(*Spodoptera litura*) (Lee *et al.*, 2006), 가지의 아메리카잎굴파리(*Liriomyza trifolii*) (Lim *et al.*, 2007), 파의 파밤나방(*Spodoptera exigua*) (Kim *et al.*, 2007), 피망의 꽃노랑총채벌레(*Frankliniella occidentalis*) (Park *et al.*, 2007a), 들깨의 들깨잎말이명나방(*Pyrausta nanaealis*) (Choi *et al.*, 2008)에 대한 요방제수준이 설정되었다. 배추과 작물을 가해하는 해충의 요방제수준 관련 연구는 대부분 양배추에서 이루어졌는데, Maltais *et al.* (1998)은 캐나다의 노지 양배추에서 수익역치(gain threshold, GT)를 3%로 설정하였을 때 배추흰나비와 배추좀나방의 요방제수준이 각각 주당 0.1마리와 0.5마리라고 보고하였다. 국내에서 배추에 대한 배추좀나방 유충의 요방제수준은 유묘기에는 주당 0.2마리, 외엽신장기에는 1.0마리로 보고한 바가 있다(Jeon *et al.*, 2005). 본 시험은 배추흰나비의 합리적인 방제 체계를 확립하기 위한 기초자료로 활용하기 위하여 배추흰나비 유충 발생밀도와 배추 피해량의 관계를 분석하여 요방제 수준을 설정하고자 수행되었다.

재료 및 방법

실험곤충 및 배추

실험에 사용된 배추흰나비 2령 유충은 2007년 8월-9월에 걸쳐 강원도 횡성군 안흥면과 홍천군 동면 등지의 친환경 배추, 양배추, 브로콜리 포장에서 접종하기 전날부터 채집하였다. 채집한 유충은 본 실험에 사용하기 직전까지 실내에서 배추(품종 : 고랭지여름배추)를 먹이로 공급하여 사육하였다. 시험에 사용한 배추 품종은 고랭지여름배추였으며, 200공 육묘트레이에서 4주 정도 키운 어린 묘를 실내 및 포장에 정식하였다.

실내 접종 실험

배추흰나비 유충 접종밀도에 따른 배추잎 섭식면적을 알아보기 위해 온실내에서 수행하였다. 접종시기를 맞추기 위하여 배추 유묘를 3주 간격으로 포트에 정식하였다. 정식한 배추에 각각 3주후, 6주후 유충을 접종하였다. 2령 유충은 6반복으로 주당 각각 0, 1, 2, 3, 5마리씩 접종하였다. 정식 3주차 배추는 유충을 접종하고 1주일 후에, 그리고 정식 6주차 배추는 유충 접종 2주일 후에 엽면적 측정기(LI-3100 Areameter LI-COR, Inc.)로 총 엽면적을 측정하였고, 이어서 총 생체중을 측정하였다.

포장 접종 실험

배추 유묘를 8월 1일 노지 포장(7 m × 60 m)에 정식하였고 타 해충의 침입을 막기 위해 방충망으로 시험포장을 완전히 덮어서 온실형태로 만들었으며, 총 30개의 시험구(4×5주)를 서로 50 cm 간격으로 조성하였다. 재배중 배추에 발생하는 병해를 방제하기 위해 노균병약(cyazofamid 10% 액상수화제)을 배추 결구기부터 3회 살포하였다. 난괴법 6반복으로 시험구당 2령 유충 0, 1, 3, 5, 7마리를 정식후 3주째인 8월 22일과 6주째인 9월 11일에 각각 접종하였다. 유충접종 후부터 1, 2, 3주 및 수확기에 피해엽수와 상품성을 조사하였고, 수익역치를 5%로 감안하여 해충 밀도별 수량감소 직선회귀식으로 요방제수준을 산출하여 결정하였다.

결과 및 고찰

실내 접종 실험

배추흰나비 2령 유충을 정식 3주차 배추와 정식 6주차 배추에 1-2주간 접종한 결과, 접종 밀도가 높아짐에 따라 엽면적과 생체중은 크게 줄었다. 특히 생체중보다는 엽면적의 감소가 더 많았다. 유충 1마리를 접종한 경우, 정식 3주차 배추에서는 생체중 감소율이 무접종 배추 대비 7.9%였으나, 엽면적 감소율은 무접종 배추 대비 13.7%에 이르렀다. 이는 정식 6주차 배추에서도 동일한 경향이였다. 또한 배추의 정식시기도 감소율에 큰 영향을 미친 것으로 나타났는데, 비록 접종기간의 차이는 있었지만 정식 6주차 배추의 엽면적 감소율이 7.0-37.1% 정도인데 비해, 정식 3주차 배추는 13.7-59.9%로 거의 두 배에 가까운 감소율을 보여주었다(Table 1). 이는 어릴 때 피해를 받을수록 피해정도가 훨씬 커진다는 것을 의미하며, 초기 방제의 중요함을 제시해 준다. 본 실내시험의 결과 여러 밀도수준의 유충을 배추 한 주에 접종하는 경우 과다한 피해가 예상되었기에 이후의 포장시험에서는 동일한 실험조건하에 배추 20주당 1, 3, 5, 7 마리를 접종하고 피해 여부를 조사하였다. 또한 유충 피해가 접종 2주차까지도

높아지는 결과를 보여 접종 3주차까지 접종이 가능할 것으로 여겨졌다.

포장 접종 실험

실내 접종실험의 경우 유충이 먹이로 공급한 배추에서 벗어날 기회가 없어서 엽면적이나 생체중의 변화에만 영향을 미치게 된다. 실제 시장에 출하되는 배추는 피해엽면적보다 상품성이 더 중요하다고 판단되어 유충에 의한 피해엽수를 조사항목으로 삼았다. 조사 결과 유충 접종 수준의 증가는 피해엽수 증가에 큰 영향을 주었다. 그러나 정식 6주차 배추에서 접종 기간이 길어질수록 피해엽수의 증가가 둔화되는 경향을 보였는데(Table 2), 이는 야외에서 2령 유충이 번데기가 되는데 15-30일 정도 소요된다(Capinera, 2001)는 점을 고려하면 설명이 가능하다. 정식 3주차(파종 50일차, 결구전기) 배추의 피해는 정식 6주차(파종 70일차, 외엽신장기) 배추보다 더 심했는데 이러한 결과는 실내실험에서도 유사하게 나타났다.

수확기에 해충 피해 유무 및 피해경중에 따라 상품성 있는 배추를 계수하여 수량손실률을 계산한 결과, 배추 20주당 배추흰나비 유충 3마리 접종시 정식 3주차 배추의 수량손실률(df=4; F=17.27; p=0.0001; R²=0.7343)은 정

Table 1. Leaf area and fresh weight of transplanted Chinese cabbage by *A. rapae* larvae under greenhouse condition

No. of larvae per plant	At 3-week after transplanting ¹				At 6-week after transplanting ²			
	Leaf area, mm ²		Fresh weight, g		Leaf area, mm ²		Fresh weight, g	
	M±SD	Loss rate	M±SD	Loss rate	M±SD	Loss rate	M±SD	Loss rate
0	761.8±20.8a ³	0.0	40.6±2.8a	0.0	2683.1±99.9a	0.0	154.1±2.4a	0.0
1	657.7±29.7b	13.7	37.4±1.7b	7.9	2495.8±45.7b	7.0	147.3±2.0b	4.4
2	493.2±19.3c	35.3	32.0±2.4c	21.2	2087.6±89.2c	22.2	137.2±2.6c	11.0
3	395.9±22.9d	48.0	25.9±1.8d	36.1	1878.7±32.3d	30.0	129.4±2.5d	16.0
5	305.4±18.8e	59.9	19.2±1.4e	52.7	1688.0±63.0e	37.1	120.3±3.3e	21.9

¹ Inoculated at three weeks after transplanting and measured one week after inoculation

² Inoculated at six weeks after transplanting and measured two weeks after inoculation

³ Within a column, means by the same letters are not significantly different ($P=0.05$; DMRT).

Table 2. Number of leaves damaged by *A. rapae* larvae inoculated at different stage of Chinese cabbage

No. larvae per 20 plants	At 3-week after transplanting (M±SD)			At 6-week after transplanting (M±SD)		
	1 WAI ¹	2 WAI	3 WAI	1 WAI	2 WAI	3 WAI
0	0.0a ²	0.0a	0.0a	0.0a	0.0a	0.0a
1	2.2±0.4b	3.2±0.8b	3.3±0.5b	1.3±0.5b	2.2±0.4b	3.3±0.8b
3	5.8±0.8c	8.0±0.9c	8.8±1.0c	3.3±0.5c	5.5±1.2c	6.8±1.0c
5	8.8±1.2d	13.2±1.2d	15.5±1.9d	5.5±0.5d	8.2±1.0d	8.5±1.0d
7	12.5±1.6e	18.8±1.9e	19.0±1.4e	8.0±0.6e	11.0±1.3e	12.2±1.0e

¹ Week after inoculation

² Within a column, means by the same letters are not significantly different ($P=0.05$; DMRT).

식 6주차의 수량손실률(df=4; F=12.79; p=0.0001; R²=0.6717)보다 훨씬 컸다(Table 3). 정식 6주차에 배추흰나비 유충도 종령기로 접어들어 섭식력이 떨어진데다, 배추도 결구가 된 이후 외엽신장기가 되어 수량손실률이 상대적으로 적어진 것으로 생각된다. 정식 3주차에는 배추 생육기 가운데 가장 생육이 왕성한 시기로서(NIHA, 2002), 이 시기에 유충이 가해하면 피해정도가 커진다. 특히 결구가 시작되려는 부위를 가해하면 결구 불량이 되어 상품성이 많이 떨어지므로 이 시기가 배추 생산에 가장 중요하다. 정식 6주차는 결구가 진행되고 외엽신장이 본격적으로 이루어지는 시기로서 배추흰나비 유충이 결구 속으로 거의 파고 들지 않고 외엽만 가해하게 되므로 상대적으로 해충 발생량이 많아지더라도 피해는 별로 나타나지 않는다. 따라서 배추를 파종하여 50일 정도 지난, 정식 3주차 시기를 전후하여 배추흰나비 발생에 유의할 필요가 있다. 지금까지의 자료를 바탕으로 해충 밀도별 수량감소 직선회귀식을 작성하고 배추 생육기별 요방제수준을 산출하였다(Fig. 1). 이 때 수익역치를 5%로 설정하였는데, 캐나다에서 양배추의 수익역치를 3%로 설정(Maltais *et al.*, 1998)한 것과는 차이가 있다. 그러나 일본에서 동일 처리 포장간에도 수량변이가 3-5%까지 발생할 수 있음을

고려하여 전체 수량의 3.5-5% 범위에서 설정하는 경우가 많고(Kiritani, 1980), 우리나라에서도 배추좀나방 요방제 수준 설정시 수익역치를 5%로 설정한 사례가 있어서 (Jeon *et al.*, 2005) 본 시험에서도 5%로 설정하고 요방제 수준을 산출하였다. 그 결과 요방제수준은 포장 정식 3주 후 유충을 접종하였을 때 20주당 3.0마리, 포장 정식 6주 후에는 20주당 5.1마리로 설정되었다. 우리나라 환경에서 추정된 수익역치들은 전반적으로 외국에서 채택하는 값들보다 낮은 것으로 알려졌는데(Park *et al.*, 2007b), 수익역치가 낮으면 경제적피해수준도 낮게 설정되므로 합리적인 수익역치에 대한 검토가 필요하다. 따라서 예찰에 의한 정확한 밀도 산정 후 요방제수준을 기준으로 방제 여부를 결정하는 것이 무분별한 농약 살포를 줄이게 되어 저항성 해충 출현의 최소화, 환경보전 및 안전 농산물 생산에 기여할 것으로 여겨진다.

Literature Cited

Capinera, J.L. 2001. Handbook of Vegetable Pests. Academic Press, San Diego. 729 pp.
Choi, Y.S., D.K. Park, I.S. Han and K.R. Choe. 2006. Deter-

Table 3. Marketability and yield loss of Chinese cabbage at harvest after inoculation of *A. rapae* larvae in the field

No. larvae per 20 plants	At 3-week after transplanting (M±SD)		At 6-week after transplanting (M±SD)	
	Non-marketable	Yield loss ¹ , %	Non-marketable	Yield loss, %
0	0.0a ²	-	0.0a	-
1	0.3±0.5b	1.5	0.2±0.4a	1.0
3	0.8±0.4c	4.0	0.3±0.5b	1.5
5	1.7±0.8cd	8.5	1.2±0.4b	6.0
7	2.5±0.8d	12.5	1.3±0.5b	6.5

¹ Yield loss (%) = No. of non-marketable cabbages/No. of total cabbages×100

² Within a column, means by the same letters are not significantly different (P=0.05; DMRT).

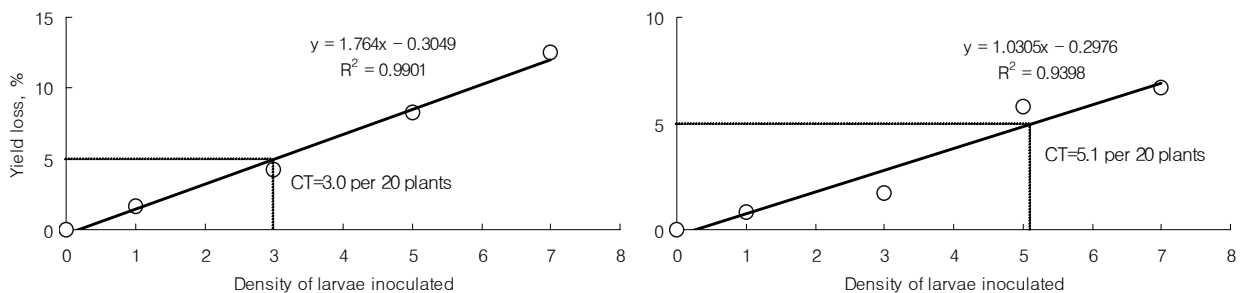


Fig. 1. Linear regression between yield loss and different density of *A. rapae* larvae inoculated at different growth stages of Chinese cabbage; Inoculation at 3-week after transplanting (left) and 6-week after transplanting (right). Dashed lines indicate gain Threshold of 5%, suggested by Kiritani (1980).

- mination of Economic Injury Levels (EILs) and Control Thresholds (CTs) of *Aphis egomae* (Hom.: Aphididae) in Green Perilla. Korean J. Appl. Entomol. 45(3): 317-325.
- Choi, Y.S., D.K. Park, Y.U. Yun, I.S. Hwang, S.M. Shin and K.R. Choe. 2008. Economic Injury Levels and Control Thresholds of *Pyrausta niopealis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) on Perilla under Green-house. Korean J. Appl. Entomol. 47(2): 149-154.
- Jeon, H.Y., H.H. Kim, C.Y. Yang, H.I. Chang, I.G. Mok and M.S. Yiem. 2005. Damage and Control Threshold of the Diamondback Moth (*Plutella xylostella* L.) in Chinese Cabbage. Korean J. of Horticultural Science & Technology. 23(3): 333-336.
- Kim, S.G., D.I. Kim, B.R. Kang and K.J. Choi. 2007. Control Thresholds for the Management of Beet Army Worm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera : Noctuidae) on Welsh Onion (*Allium fistulosum* L.). Korean J. Appl. Entomol. 46(3): 431-435.
- 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.
- Kwon, M. and K.R. Ryu. 2003. Development of integrated pest control methods for highland-adoptable cabbages. Annual Research Report of National Institute of Highland Agriculture (NIHA), RDA.
- Lee, G.H., S.D. Bae, H.J. Kim, S.T. Park and M.Y. Choi. 2006. Economic Injury Levels for the Common Cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) on Soybean. Korean J. Appl. Entomol. 45(3): 333-337.
- Lim, J.R., H.C. Moon, S.U. Choi, J.H. Kim, K.K. Lee, B.R. Ko, J.S. Choi, Y.K. Jeon and C.Y. Hwang. 2007. Economic Injury levels of *Liriomyza trifolii* Burgess (Diptera: Agromyzidae) infesting Eggplant in Greenhouse. Korean J. Appl. Entomol. 46(3): 409-414.
- Maltais, P.M., J.R. Nuckle and P.V. Leblanc. 1998. Economic threshold for three lepidopterous larval pests of fresh-market cabbage in Southeastern New Brunswick. J. Econ. Entomol. 91(3): 699-707.
- NIAST. 2000. Diagnosis and control of pests in vegetable crops. National Institute of Agricultural Science and Technology. Academy Book Press, Seoul. 330 pp.
- NIHA. 2002. Production Method of Highland Vegetables. National Institute of Highland Agriculture. Monthly Scientific Horticulture Press, Seoul. 561 pp.
- Park, H.H., J.H. Lee and K.B. Uhm. 2007a. Economic Thresholds of Western Flower Thrips (Thysanoptera: Thripidae) for Unripe Red Pepper in Greenhouse. Journal of Asia-Pacific Entomology, 10(1): 45-53.
- Park, H.H., W.H. Ye and H.M. Park. 2007b. Gain threshold estimation for some pests in major crops. Korean J. Appl. Entomol. 46(1): 63-69.
- Van Driesche, R.G. 2008. Biological Control of *Pieris rapae* in New England: Host Suppression and Displacement of *Cotesia glomerata* by *Cotesia rubecula* (Hymenoptera: Braconidae). Florida Entomologist. 91(1): 22-25.

(Received for publication November 11 2008;
revised November 11 2008; accepted December 5 2008)