

시설배추에서 벼룩잎벌레의 경제적 피해수준 설정

이영수* · 김진영 · 홍순성 · 박흥현¹

경기도농업기술원, ¹국립농업과학원

Economic Injury Level of the Striped Cabbage Flea Beetle, *Phyllotreta striolata* (Coleoptera: Chrysomelidae), on Chinese Cabbage

Young Su Lee*, Jin Young Kim, Soon Sung Hong and Hong Hyun Park¹

Environmental Agricultural Research Division, Gyeonggi Agricultural Research and Extension Services, Hwasung 445-784

¹Crop Protection Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707

ABSTRACT: This study was conducted to determine the economic injury levels and control thresholds for the striped cabbage flea beetle, *Phyllotreta striolata* (Coleoptera: Chrysomelidae), on Chinese cabbage at two different planting times. The number of inoculated adults per 10 cabbages was 0, 2, 4, 8, and 16 at the early developmental stage of the cabbage (5 days after planting) and 0, 10, 20, 30, and 40 at the middle developmental stage (30 days after planting). Damages to the leaves at the first inoculation were 2.5-21.1% and at the second inoculation were 1.8-26.3% after harvesting. The linear relationships between population density and yield reduction were as follows: $Y = 1.3475X + 2.135$ ($R^2 = 0.8699$) at the early developmental stage and $Y = 0.703X - 1.78$ ($R^2 = 0.966$) at the middle developmental stage. On the basis of these results, the economic injury levels caused 5% loss of yield; there were 2.1 adults per 10 Chinese cabbage at the early developmental stage and 9.6 adults per 10 Chinese cabbage at the middle developmental stage.

Key words: Chinese cabbage, Striped cabbage flea beetle, *Phyllotreta striolata*, Economic injury level

초 록: 시설 배추 벼룩잎벌레의 발생밀도와 피해량을 상호 분석하고 요방제 수준 설정을 통해 신속하고 합리적인 방제체계를 확립하고자 본 시험을 수행하였다. 시설 봄배추 생육초기 벼룩잎벌레 성충 집중밀도(X)와 수량감소율(Y) 관계는 $Y = 1.3475X + 2.135$, $R^2 = 0.8699$ 이었다. 시설 봄배추 생육중기 벼룩잎벌레 성충 집중밀도(X)와 수량감소율(Y) 관계는 $Y = 0.703X - 1.78$, $R^2 = 0.966$ 이었다. 이와 같은 결과를 토대로 시설 배추 봄 재배시 집중한 성충밀도와 배추 피해지수간의 상관성을 바탕으로, 수량 감소율(gain threshold, 수익역치) 5%로 전제한 벼룩잎벌레 요방제 밀도는 배추 생육초기 발생시 10주당 2.1 마리, 생육중기 발생시 10주당 9.6마리로 분석되었다.

검색어: 배추, 벼룩잎벌레, 요방제 수준

벼룩잎벌레(*Phyllotreta striolata*)는 딱정벌레목(Coleoptera) 잎벌레과(Chrysomelidae)에 속하며, 주로 배추, 무와 같은 십자화과 식물을 가해하는 세계적으로 중요한 해충이다(Bain and LeSage, 1998; Burgess, 1977; Lamb, 1984; Milliron, 1953; Soroka, 2009). 벼룩잎벌레에 의한 십자화과 작물의 피해는 어린 묘일수록 피해가 많고(Bracken and Bucher, 1986), 생육 초기의 피해로 인한 구멍은 식물체가 자라면서 커져 수량감소 등

직접적인 피해와 십자화과 작물에 Turnip Yellow Mosaic Virus (TYMV)와 같은 식물 바이러스를 매개하여 2차적인 피해를 초래하기도 한다(Stobbs, 1998). 벼룩잎벌레는 시설배추 연작 재배지에서 전생육기에 걸쳐 가해하는 해충이나 성충의 밀도는 5~6월경에 증가하는데(Rural Development Administration, 2000), 이 시기는 시설 봄배추의 경우 전 생육시기와 일치하여 시설 봄배추 재배시 벼룩잎벌레의 발생은 가장 큰 문제점 중의 하나이다.

작물별 요방제수준(Economic-injury Level, EIL)은 경제적 피해를 일으키는 최소한의 병해충 밀도를 설정한다는 측면에

*Corresponding author: ysllee75@gg.go.kr

Received October 16 2013; Revised December 31 2013

Accepted January 20 2014

서(Stern et al., 1959; Pedigo et al., 1986) 종합적 병해충 관리(IPM)의 중요한 부분으로 발전되어 왔다. 최근 국내에서 주요 작물 병해충의 요방제 수준 및 경제적 피해허용수준을 설정하고 있지만, 배추의 주요 해충에 대한 요방제 밀도는 담배거세미나방(Choi et al., 2011), 파밤나방(Kim et al., 2009), 배추흰나비(Kwon et al., 2008), 복숭아혹진딧물(Jeon et al., 2008) 등에 그치고 있다. 배추와 같은 십자화과 작물에 대한 해충의 경제적 피해수준을 산출하기 위하여 누적발생일수(cumulative insect days)와 양배추 유묘의 손실률과의 관계를 비선형의 대수모형에 의하여 수익한계를 5% 설정한 바 있다(Jeon et al., 2008; Kang et al., 2009). 상품성과 직접적으로 관련된 배추 잎을 식해하는 주요 해충인 벼룩잎벌레에 대한 피해해석 및 경제적 방제수준 자료는 아직 없어 합리적인 방제 의사결정을 내리기 위해서는 발생시기 및 발생밀도별 피해량 추정기술이 필요하다.

따라서 본 연구는 시설 배추의 주요 해충인 벼룩잎벌레 성충의 발생밀도와 배추의 생육시기별 피해량과의 관계를 분석하여 요방제 수준을 설정하고자 수행되었다.

재료 및 방법

시험포장

조성 및 환경관리: 본 시험은 2010년 경기도 화성시 소재 경기도농업기술원 시험포장의 비닐하우스에서 수행하였다. 시설배추(CR-새싹갯갈이)를 4월 19일에 20 × 20 cm 간격으로 정식하였다. 정식 직후 모든 시험구는 시험곤충 이탈 및 외부 곤충유입에 따른 시험오차를 최소화하기 위하여 망사케이지(100 × 100 × 120 cm; 120목 나일론 재질)를 이용하여 격리하였으며(Fig. 1B), 물관리는 충체가 작은 벼룩잎벌레가 영향을 받지 않도록 점적호스를 이용하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반 복으로 수행하였다.

시험곤충 접종 및 피해조사: 벼룩잎벌레(*P. striolata*)(Fig. 1A)는 전년도(과거) 발생이 심했던 봄배추 시설 하우스(수원 소재) 포장에서 동력흡충기를 이용하여 채집하였다. 채집한 곤충은 실내 곤충사육실(25°C, 16 L, RH 50 ~ 60%)에서 배추 유묘를 제공하며 3 ~ 4일 순화시킨 후 본 시험에 이용하였다. 배추 생육시기에 따라 벼룩잎벌레 성충의 접종 밀도를 달리하였는데, 생육초기(4월 23일; 정식 5일째)에는 성충을 10포기 당 0, 2, 4, 8, 16 마리를 접종하였으며, 배추 생육량이 증가한 생육중기(5월 19일; 정식 30일째)에는 성충을 10포기 당 0, 10, 20, 30, 40 마리를 접종하였다. 피해조사는 정식 후 약 2개월이 경과한

6월 15일 수확과 동시에 수행하였으며, 각각의 처리구에 대하여 피해수량(손실량)과 상품수량을 조사하였다.

자료분석: 배추벼룩잎벌레 성충의 접종수준별 피해율과의 상관관계 분석은 Duncan's multiple range test 로 처리하여 평균간 유의성차이를 5% 수준에서 검정하였다(SAS, 2004). 접종밀도별 피해와 수량 감소율은 Excel 프로그램에서 회귀분석법을 이용하여 분석하였다. 시설배추 봄 재배시 집중한 성충밀도와 배추 피해지수간의 상관성을 바탕으로, 수량 감소율(gain threshold, 수익역치) 5% 전제로 요방제 밀도를 설정하였다.

결과 및 고찰

배추 생육초기의 벼룩잎벌레 피해조사

봄배추 생육시기별 벼룩잎벌레를 밀도별로 접종한 후 상품수량을 조사하여 피해율을 산출하였다(Table 1). 배추 생육초기 벼룩잎벌레 성충의 발생밀도가 10포기당 0, 2, 4, 8, 16 마리 로 증가함에 따라 피해율은 정의 상관을 나타내며 0, 2.5, 10.1,



Fig. 1. Adults of the striped cabbage flea beetle, *Phyllotreta striolata*, (A) and a view of the greenhouse test (B).

Table 1. Comparison of the yield of Chinese cabbage under different densities of the striped cabbage flea beetle (SCFB), *P. striolata*, on 5-day-old seedlings

Density (No. of SCFB/10 cabbages)	Total yield(A)		Marketable yield(B)		Decreased yield(C)		Damage rate ¹ (C/A)(%)
	Cabbage weight (kg)	Yield (kg/10a)	Cabbage weight (kg)	Yield (kg/10a)	Cabbage weight (kg)	Yield (kg/10a)	
0	2.49	10,375	2.49	10,375	0	0	0 a
2	2.40	10,000	2.34	9,750	0.06	250	2.5 b
4	2.37	9,875	2.13	8,875	0.24	1,000	10.1 c
8	2.24	9,333	1.85	7,708	0.39	1,625	17.4 d
16	2.13	8,875	1.68	7,000	0.45	1,875	21.1 d

¹DMRT(5%).

Table 2. Comparison of the yield of Chinese cabbage under different densities of the striped cabbage flea beetle (SCFB), *P. striolata*, on 30-day-old seedlings

Density (No. of SCFB/10 cabbages)	Total yield(A)		Marketable yield(B)		Decreased yield(C)		Damage rate ¹ (C/A)(%)
	Cabbage weight (kg)	Yield (kg/10a)	Cabbage weight (kg)	Yield (kg/10a)	Cabbage weight (kg)	Yield (kg/10a)	
0	2.49	10,375	2.49	10,375	0	0	0 a
10	2.26	9,417	2.22	9,250	0.04	167	1.8 b
20	2.03	8,458	1.75	7,292	0.28	1,167	13.8 c
30	1.95	8,125	1.57	6,542	0.38	1,583	19.5 d
40	1.79	7,458	1.32	5,500	0.47	1,958	26.3 d

¹DMRT(5%).

17.4, 21.1%로 증가하였다.

이와 같은 결과를 토대로 벼룩잎벌레 성충의 집중밀도(X)와 배추의 수량감소율(Y) 관계는 생육초기의 경우 $Y = 1.3475X + 2.135$, $R^2 = 0.8699$ 로 나타났다. 반면 벼룩잎벌레 성충 밀도 증가에 따른 10a 당 상품수량은 부의 상관관계를 보이며($Y = -209.9X + 10001$, $R^2 = 0.9033$) 무접종 10,375 kg 대비 10포기 당 16 마리 집중시 7,000 kg으로 크게 감소하는 것으로 나타났다.

배추 생육중기의 벼룩잎벌레 피해조사

Table 2는 시설배추 생육중기 벼룩잎벌레 성충 밀도별 수량과 피해율을 비교한 것이다. 생육중기 벼룩잎벌레 발생밀도가 10포기당 0, 10, 20, 30, 40 마리로 증가함에 따라 피해율은 정의 상관을 나타내며 0, 1.8, 13.8, 19.5, 26.3%로 증가한 가운데 배추벼룩잎벌레 성충의 집중밀도(X)와 배추의 수량감소율(Y) 관계는 $Y = 0.703X - 1.78$, $R^2 = 0.966$ 로 분석되었다. 반면 벼룩잎벌레 성충 밀도 증가에 따른 10a 당 상품수량은 부의 상관관계를 보이며($Y = -124.58X + 10283$, $R^2 = 0.9784$) 무접종 10,375 kg 대비 10포기 당 40 마리 집중시 5,500 kg으로 크게 감소하는 것으로 나타났다.

Table 3. Economic injury level of the striped cabbage flea beetle, *P. striolata*, on different developmental stages of Chinese cabbage in the spring season

developmental stage	Equations	Economic injury level (No. of SCFB/10 cabbages(1 m ²))
early seedling	$Y = 1.3475X + 2.135$	2.1
Middle seeding	$Y = 0.703X - 1.78$	9.6

Y: Decreased yield (kg).

X: No. of the *P. striolata* adult(No. of SCFB/10 cabbages(1 m²))

배추의 생육시기별 벼룩잎벌레 요방제 수준

시설배추 봄 재배시 집중한 성충밀도와 배추 피해지수간의 상관성을 바탕으로, 수량 감소율(gain threshold, 수익역치) 5%로 전제한 벼룩잎벌레 요방제 밀도는(Table 3) 배추 생육초기 발생시 10주당 2.1 마리, 생육중기 발생시 10주당 9.6 마리 나타낼 수 있다. 배추는 특성상 해충의 피해흔이 있는 상품의 경우 품질이 크게 떨어지거나 판매조차 이루어질 수 없다. Choi et al.(2011)은 담배거세미나방에 의한 배추 수량 5%를 감소시킬 수 있는 담배거세미나방 밀도는 정식 5일째에 2.9 마리/100

주, 정식 20일째에 5.6 마리/100주로써 담배거세미나방 접종밀도에 따른 피해율과 수량감소율의 관계는 정의 상관을 나타낸다고 보고한 바 있다. 본 시험에서도 벼룩잎벌레 성충의 접종밀도에 따른 피해율은 특히 생육초기에 피해가 크게 나타났는데, 이와 같은 결과는 배추의 잎을 주로 가해하는 배추흰나비(Kwon et al., 2008), 파밤나방(Kim et al., 2009) 등의 결과와도 유사하다. 따라서 봄배추 시설재배지에서 벼룩잎벌레 발생이 우려되는 경우 정식 직후 생육초기 적절한 방제수단이 투입되어야 할 것으로 판단되었다. 한편, 본 결과는 봄배추 시설재배지에서 도출한 것으로 다른 작형의 배추에 적용하는데 다소 제한이 따를 수 있다. 또한 벼룩잎벌레 성충의 경우 배추잎 표면과 속에서 가해하기 때문에 효율적이 예찰방법이 보완되어야 할 것이다.

사 사

본 연구는 2010년 농촌진흥청 공동연구사업인 주요 병해충 잡초 경제적 방제 수준 설정 및 피해 해석에 관한 연구 과제(PJ006875)의 지원을 받아 수행한 결과입니다.

Literature Cited

- Bain, A., LeSage, L. 1998. A late seventeenth century occurrence of *Phyllotreta striolata* (Coleoptera: Chrysomelidae) in North America. *Can. Entomol.* 130, 715-719.
- Bracken, G.K., Bucher, G.E., 1986. Yield losses in canola caused by adult and larval flea beetles, *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Can. Entomol.* 118, 319-324.
- Burgess, L., 1977. Flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) attacking rape crops in the Canadian prairie provinces. *Can. Entomol.* 109, 21-32.
- Choi, D.S., Kim, D.I., Kim, S.G., Ko, S.J., Kang, B.R., Kim, S.S., 2011. Control Thresholds for Managing Common Cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) on Chinese Cabbage. *Korean J. Appl. Entomol.* 50(3), 215-220.
- Jeon, H.Y., Kang, T.J., Kim, H.H., Yang, C.Y., Kim, D.S., 2008. Economic injury level of *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) at Chinese cabbage. *Korean J. Appl. Entomol.* 47(4), 407-411
- Kang, T.J., Jeon, H.Y., Kim, H.H., Yang, C.Y., Kim, D.S., 2009. Economic injury level of *Mamestra brassicae* L. (Lepidoptera: Noctuidae) on early stage of cabbage (*Brassica oleracea* L. var capitata L.). *Korean J. Appl. Entomol.* 48(2), 237-243.
- Kim, S.G., Kim, D.I., Ko, S.J., Kang, B.R., Kim, H.J., Choi, K.J., 2009. Determination of Economic Injury Levels and Control Thresholds for *Spodoptera exigua* on Chinese Cabbage. *Korean J. Appl. Entomol.* 48(1), 81-86.
- Kwon, M., Kim, J.I., Yoon, Y.N., Choi, J.Y., 2008. Control Thresholds (CTs) of Imported Cabbage Worm (*Artogeia rapae* L.) for Chinese Cabbage in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 47(4), 401-405.
- Lamb, R.J., 1984. Effects of flea beetles, *Phyllotreta* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae), on the survival, growth, seed yield and quality of canola, rape and yellow mustard. *Can. Entomol.* 116, 269-280.
- Milliron, H.E., 1953. A European flea beetle injuring crucifers in North America. *J. Econ. Entomol.* 46, 179.
- Pedigo, K.P., Hutchins, Sh.H., Higley, L.G., 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Annual Review of Entomology* 31, 341-368.
- Rural Development Administration., 2000. Diagnosis and Control of Vegetable Crop Pest. Academy. 227pp.
- SAS Institute., 2004. SAS/STAT user's guide, release 6.11 ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Soroka, J.J., 2009. Effects of late season flea beetle feeding on canola yields. Final Report February 2009. Agriculture and Agri-Food Canada. Pest Management Centre. Pesticide Risk Reduction Strategies Initiative PRR06-110. Ottawa, ON. 37pp.
- Stern, V.M., Smith, R.F., Van den Bosch, R., Hagen, K.S., 1959. The integrated control concept. *Hilgardia* 29, 81-101.
- Stobbs L.W., 1998. Occurrence of Turnip yellow mosaic virus on oriental cruciferous vegetables in Southern Ontario, Canada. *Plant Dis* 82, 351.