

비트 흰띠명나방의 경제적 피해수준 설정

김 주* · 최인영 · 이상구¹ · 임주락 · 이장호 · 정성수 · 이상계¹전라북도농업기술원, ¹국립농업과학원 작물보호과Economic Injury Levels of *Spoladea recurvalis* on Beet in the Plastic GreenhouseJu Kim*, In-Young Choi, Sang-Koo Lee¹, Ju-Rak Lim, Jang-ho Lee, Seong-Soo Cheong and Sang-Guei Lee¹

Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 570-704, Korea

¹Crop Protection Division, National Academy of Agricultural Science, Jeollabuk-do 565-851, Korea

(Received on September 3, 2014. Revised on September 19, 2014. Accepted on September 26, 2014)

Abstract This study was carried out to determine the economic injury level and economic threshold level on beet (*Beta vulgaris* L.) infested with *Spoladea recurvalis* in the plastic greenhouse condition in 2010. The second instar larvae of *S. recurvalis* were inoculated with 7 different density levels on the each 10 beet plants as a replication. Injury levels of beet leaves and density of *S. recurvalis* were increased with the inoculation density of *S. recurvalis*. However, yield and marketable commodity of beet were decreased. Linear relationship between the percent yield reduction (Y) of beet leaves and different infestation densities of *S. recurvalis* (X) was estimated by the following equation $Y = 1.226x + 3.36$. Based on the relationships between the densities of *S. recurvalis* larvae and yield index of beet leaves, the number of second instar larvae which caused 5% loss of yield, economic threshold level was estimated as 1.1 larvae/10 plants for the planting 10 days. The percent yield reduction (Y) of beet roots infested with different densities of *S. recurvalis* (X) estimated by the following equation $Y = 1.537x + 1.4634$ after inoculation for 10 days at 3rd harvesting of leaves. Based on the relationships between the densities of *S. recurvalis* larvae and yield index of beet roots, the number of second instar larvae which caused 5% loss of yield, economic threshold level was estimated as 6.4 larvae/10 plants for the planting 10 days.

Key words Beet, Economic injury level, Economic threshold level, *Spoladea recurvalis*

서 론

최근 건강에 대한 관심이 증가하면서 엽채소에 기능성이 강조되고, 비트를 비롯한 싹채소용 엽채소 재배가 증가하고 있으며, 시설재배 채소중 엽채류 재배면적이 13,226 ha로 21%를 차지하고 있다(MAFRA, 2013). 엽채류는 상추를 비롯한 잎치커리 등 국화와 채소, 적겨자, 잎브로콜리 등 십자화과 채소, 비트, 적근대 등의 명아주과 채소, 들깨잎과 같은 꿀풀과 채소 등 다양한 종류가 있다. 명아주과(Chenopodiaceae) 식물은 세계적으로 대략 10속 1,500종이 분포

하고, 우리나라에는 8속 20종이 보고되고 있으며(Choo and Song, 2000), 대표적인 작물은 비트, 근대, 시금치이다(Kim et al., 2002). 비트의 원산지는 지중해 연안이고, 기원전 10세기경부터 약용으로 이용하였으며, 유럽에서는 17~18세기부터 재배가 이루어졌으나, 우리나라에서는 재배역사가 짧다. 비트의 적색소인 betalain은 자주에서 적색을 내는 betacyanin과 황색을 나타내는 betaxanthin의 혼합물로 알려져 있다(Park et al. 1996). 비트를 가해하는 해충은 흰띠명나방(*Spoladea ecurvalis*), 도둑나방(*Mamestra brassicae*), 거세미나방(*Spodoptera litura*), 파밤나방(*S. exigua*), 배추좀나방(*Plutella xylostella*), 양배추은무늬밤나방(*Trichoplusia ni*), 길쭉바구미(*Lixus imperessiventris*), 굴파리류(*Agromyzidae* spp.) 등이 보고되어 있다(Lim et al., 2009). 특히, 흰띠명나

*Corresponding author

Tel: +82-63-290-6181, Fax: +82-63-290-6198

E-mail: kimju5931@korea.kr

방은 들명나방아과(sufamily Pyraustinae)에 속하고(Park, 1993), 한국, 일본, 중국, 인도, 오스트레일리아, 하와이, 아메리카 및 아프리카 등의 열대와 아열대 지역에 널리 분포한다(Walker and Anderson, 1940; Batra and Bhattacharjee, 1960; Suehiro, 1960; Bhattacharjee and Menon, 1964). 우리나라에서는 6~11월에 발생하고, 발생최성기는 8월 중순이며(Cho, 2006), 발육영점온도는 10.4, 유효적산온도는 384.7일도이다(Lee et al., 2013). 흰띠명나방은 명아주과, 비름과(Amaranthaceae), 백합과(Liliaceae) 등을 가해하고, 특히 명아주과 엽채류인 시금치, 근대, 비트 등의 작물에서 피해가 크지만(Bae and Paek, 2006) 발생생태 및 방제에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 더욱이 대부분의 엽채류는 생식으로 이용하기 때문에 신선도와 안전성이 요구되지만 비트를 재배하는 농가에서는 흰띠명나방을 방제하기 위하여 주기적으로 방제약제를 살포하고 있다. 또한 농약 살포로 인해 많은 부대비용이 요구될 뿐만 아니라 약제의 연용으로 인한 내성 등을 유발하여 약효가 저하되고 있는 실정이다. 따라서 농약사용량을 줄이고 효율적으로 방제하기 위해서는 흰띠명나방에 대한 방제적기 설정이 필요하다. 이처럼 안전농산물 생산을 위한 환경친화적 해충종합방제(IPM) 기술이 크게 요구되는데, 이를 위해서는 경제적 피해허용수준(Economic threshold level)설정과 경제적 방제수준(Economic injury level)설정이 뒷받침 되어야 한다(Lee et al., 2006). 엽채류 경제적 피해수준과 관련하여 배추 담배거세미나방은 유충밀도와 수량감소율과의 관계식으로 수량 5%를 경감시키는 밀도는 정식초기는 2.9마리/100주, 정식중기는 5.6마리/100주로 보고된 바 있다(Choi et al., 2011).

따라서 본 시험에서는 명아주과 채소인 비트에 특이적으로 발생하는 흰띠명나방의 생태를 연구하고 이를 바탕으로 경제적 피해수준과 경제적 피해허용수준을 설정하여 방제에 대한 기초자료로 활용하고자 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

비트에 특이적으로 발생하는 흰띠명나방(*S. recurvalis*)의 경제적 피해수준을 설정하기 위하여 2010년 전라북도농업기술원 원내포장의 하우스에서 이랑과 고랑너비를 120 cm × 30 cm로 만들고 가로, 세로, 높이를 각각 100 cm로 방충망을 설치한 후 25일간 육묘한 비트묘를 10주씩 정식하였다. 정식간격은 조간거리 15 cm, 주간거리 20 cm 간격이며, 비트 생육 및 재배관리는 농가재배 표준에 준하였다.

흰띠명나방 피해정도 조사

정식 10일 후(2010년 9월 5일) 흰띠명나방 2령 유충을 비트 10주당 각각 0, 1, 2, 5, 10, 20, 50마리씩 3반복으로 접종하였다. 접종 후 7일 간격으로 초장, 엽수, 피해엽수, 발생

마리수 등을 조사하였다. 잎 수확은 3회에 걸쳐 정식 34일 후(9월 30일), 52일 후(10월 18일), 69일 후(11월 4일)에 상품수량과, 피해수량 그리고 피해율을 조사하였고, 11월 4일에는 뿌리수량을 조사하였다. 잎 수확은 수확 당시 상품성이 있는 건전한 잎만 수확하여 최종적으로 전체 수확량을 계산하였다.

경제적 피해수준과 경제적 피해허용수준 설정

흰띠명나방 접종밀도와 수량감소율에 대한 회귀분석을 통해 경제적 피해수준을 구하고, 경제적 피해허용수준은 경제적 피해수준의 80%로 설정하였다. 조사된 데이터는 엑셀 2007을 이용하여 상품률과 수량감소율과의 회귀분석법을 이용하여 분석하였고, SAS 8.1을 이용하여 Duncan의 다중검정으로 평균간 유의차를 비교하였다(SAS Institute, 1999). 처리별 흰띠명나방의 피해정도와 상품수량, 피해율 등을 SAS 프로그램을 이용하여 통계분석하여 유의성을 검정하였으며, 수량(Y)을 종속변수로, 흰띠명나방의 피해정도(X)를 독립변수로 하여 회귀식을 산출하였다. 도출된 회귀식을 사용하여 경제성을 고려함이 없이 흰띠명나방의 발생이 비트의 수량에 영향을 주기 시작하는 경제적 피해허용수준과 경제적 개념을 고려한 경제적 피해수준을 도출하였다.

결과 및 고찰

흰띠명나방 접종밀도에 따른 비트생육

접종초기에는 접종밀도에 따라 비트 초장에 차이가 없었으나 생육이 진행될수록 흰띠명나방 유충의 접종 밀도가 증가할수록 초장이 짧아지는 경향을 보였다. 이는 흰띠명나방에 의한 비트의 피해가 초장의 성장에 영향을 미친 것으로 보인다(Table 2). 또한 엽수는 흰띠명나방을 접종하지 않는 처리와 10주당 1마리를 접종한 처리구의 엽수는 많았으나, 10주당 2마리 이상 접종한 처리구의 엽수는 발생수가 적어지는 경향이였다(Table 1).

흰띠명나방 접종밀도에 따른 피해정도

흰띠명나방을 접종하고 7일 간격으로 흰띠명나방 유충에 의해 피해엽률을 조사한 결과 접종마리수가 증가할수록 피해엽률이 증가하는 경향이였다(Fig. 1). 접종시기별로는 접종 초기인 9월 20일에는 피해엽률이 증가하다가 9월 28일에는 감소하였고, 10월 19일 이후에는 다시 증가하였다. 특히, 11월 2일의 피해엽률은 각각 10주당 0마리 접종구 0%, 1마리 접종구 0.6%, 2마리 접종구 2.5%, 5마리 접종구 33.7%, 10마리 접종구 47.9%, 20마리 접종구 50.3%, 50마리 접종구 73.8%를 보였다($y = 1.42x + 12.03$). 이와 같은 결과는 접종초기에는 접종한 유충에 의한 피해가 증가하였지만 9월 하순경에는 유충이 번데기, 성충 및 알 상태로 바

Table 1. Leaf number of beet according to inoculated *Spoladea recurvalis* larva number (No.)

Inoculated larva number /10 plants	Sep. 14	Sep. 20	Sep. 28	Oct. 5	Oct. 12	Oct. 19	Oct. 26	Nov. 2
0	5.5ab ^a	6.0a	6.8a	9.8a	11.2a	13.0a	13.0a	16.0a
1	5.1ab	5.5a	6.8a	9.3a	10.8a	12.5a	12.4a	14.3ab
2	5.1ab	5.4ab	5.9ab	8.8a	10.5a	12.3a	12.4a	13.5abc
5	4.8b	5.1a	6.8a	9.0a	10.0a	11.4a	11.8a	11.2c
10	5.1ab	5.2b	5.6b	8.2a	10.1a	11.7a	12.1a	11.7c
20	5.7a	5.6ab	6.8a	8.4a	10.5a	12.3a	12.1a	12.1bc
50	5.6ab	5.6ab	6.8a	8.9a	9.6a	11.3a	11.6a	11.8c

^a Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at p < 0.05.

Table 2. Leaf length in the beet according to inoculated *Spoladea recurvalis* larva number (cm)

Inoculated larva number /10 plants	Sep. 14	Sep. 20	Sep. 28	Oct. 5	Oct. 12	Oct. 19	Oct. 26	Nov. 2
0	21.7a ^a	29.3a	36.3a	43.4a	49.1a	53.5a	54.8a	52.0a
1	21.1a	27.5ab	35.5a	42.5ab	47.9a	51.8ab	53.0ab	49.3ab
2	20.3a	27.5ab	35.4a	40.8abc	46.2ab	49.8abc	51.9abc	48.8ab
5	22.3a	26.7ab	35.8a	42.5ab	45.8ab	48.4bc	52.5abc	42.0c
10	21.1a	25.7ab	35.5a	39.3abc	43.3b	46.0c	48.8bc	45.9bc
20	21.1a	25.5ab	33.6a	38.6bc	41.4b	45.8c	49.8abc	46.0bc
50	18.6a	24.5b	32.4a	38.1c	42.1b	46.5c	47.4c	44.2bc

^a Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at p < 0.05.

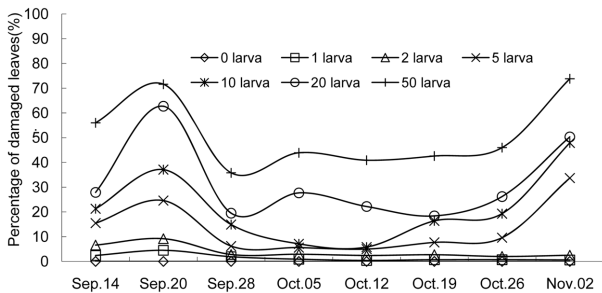


Fig. 1. Percentage of damaged leaves on beet according to inoculated *Spoladea recurvalis* larva number.

꾸면서 추가피해는 줄어들어 피해엽률이 감소하였다가 10월 중순 이후에는 부화한 2세대 유충에 의한 피해가 증가한 것으로 보인다. 또한 흰띠명나방 유충 집중 밀도에 따른 비트잎에서 발생하는 흰띠명나방 유충 발생 수를 조사한 결과 집중초기에는 집중마리수가 증가할수록 잎에 피해를 주는 흰띠명나방 유충수도 많았으나 9월 28일 조사에서는 발견되지 않았다. 그러다가 10월 12일 조사부터 비트 잎에 흰띠명나방 유충의 발생이 시작되었고, 집중 마리수가 증가할수록 발생 마리수도 증가하였다(Fig. 2). 이와 같은 결과는 흰띠명나방이 9월 하순 이후에는 번데기 상태로 변하고 10월

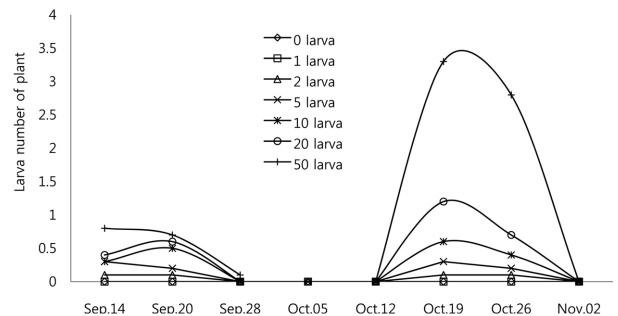


Fig. 2. Larva number in the beet according to inoculated *Spoladea recurvalis* larva number for 10 plants.

중순에 다시 2세대 유충이 출현하였기 때문인 것으로 사료된다.

흰띠명나방의 집중마리수가 증가할수록 잎의 상품수량은 감소하고 비상상품수량은 증가하였다. 전체적으로 10주당 집중마리수 0마리에서 상품률이 100%이었으며, 1마리 99.6%, 2마리 98.5%, 5마리 96.2%, 10마리 87.6%, 20마리 70.1%, 50마리에서 상품률이 50.7%이었다. 흰띠명나방 유충의 집중수와 잎의 상품률과의 관계회귀식은 $y = -1.03x + 99.1$ ($F = 105.7, df = 6, p = 0.0001, R^2 = 0.95$)이었다. 또한 비트

Table 3. Yield of beet according to inoculated *Spoladea recurvalis* larva number (g/plant)

Larva no./10 plants	Leaf part				Root part	
	Marketable leaf yield	Non-marketable leaf yield	Marketable rate (%)	Rate of yield reduce (%)	Root yield (g/plant)	Rate of yield reduce (%)
0	197.1a ^a	0.0c	100.0	0.0	15.0a	0.0
1	192.6a	0.8c	99.6	2.3	14.7a	2.2
2	188.0a	2.9c	98.5	4.6	14.7a	2.2
5	175.1ab	7.0bc	96.2	11.2	14.2a	5.6
10	160.3b	22.8b	87.6	18.6	14.2ab	5.6
20	132.9c	56.6a	70.1	32.6	13.7ab	8.9
50	74.6d	72.6a	50.7	62.1	11.2b	25.6

^a Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at p < 0.05.

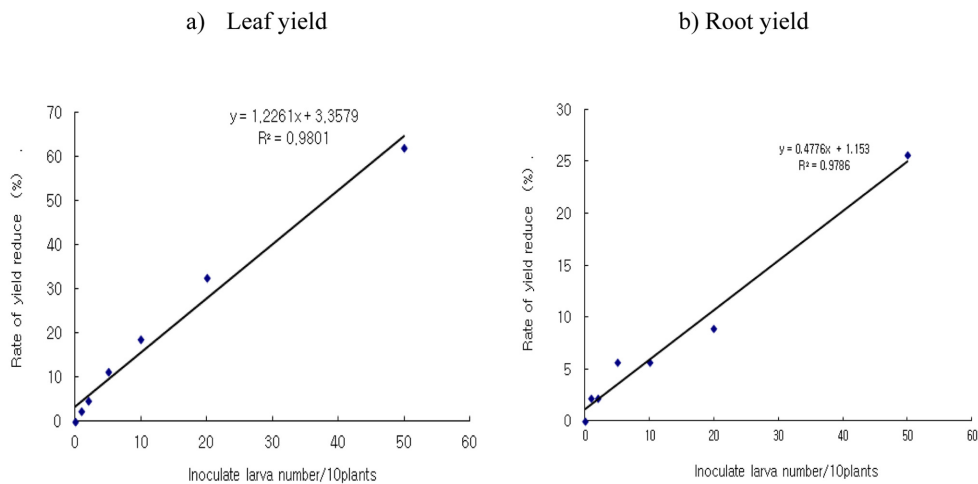


Fig. 3. Regression equation leaf and root yield reduce rate in the beet according to inoculated *Spoladea recurvalis* larva number.

뿌리수량과 수량 감소율은 흰띠명나방 유충 집중마리수가 증가할수록 뿌리수량 또한 감소하는 경향을 보였다. 흰띠명나방 유충의 집중수와 뿌리수량과의 관계회귀식은 $y = -0.076x + 14.96$ ($F = 73.2$, $df = 6$, $p = 0.0004$, $R^2 = 0.94$)이었다.

경제적 피해수준과 경제적 피해허용수준 설정

흰띠명나방의 경제적 피해수준과 경제적 피해허용수준 설정은 흰띠명나방 집중밀도별 엽수량 감소율과의 관계식 $y = 1.226x + 3.36$ ($F = 246.66$, $df = 6$, $p = 0.0001$, $R^2 = 0.9801$)에 근거로 GT (Grain Threshold, 단위면적당 방제비용과 같은 수량) 값이 전체수량의 5% 되는 수량감소율(Y)을 추정하여 설정된 경제적 피해수준(X)은 10주당 1.3마리이고, 경제적 피해허용수준은 1.1마리였다. 또한 뿌리수량 감소율과의 관계식은 $y = 0.478x + 1.15$ ($F = 228.8$, $df = 6$, $p = 0.0001$, $R^2 = 0.9786$)에 근거로 수량감소율(Y)을 추정해 볼 때 경제적 피해수준(X)은 10주당 8.1마리, 경제적 피해허용수준은 6.5마리였다(Fig. 3). 해충방제 여부는 생산물의 시장가격과

방제비용을 고려한 경제성이 판단의 기준이며, 경제성을 결정하는 것은 GT가 중요한 기준이 된다. 그러나 일반작물의 경우 GT값이 수량대비 1.03.7% 정도이다(Maltais et al., 1998; Stone and Pedigo, 1972). 그러나 이러한 낮은 비율은 동일 처리 포장간에도 수량변이가 3~5%까지 발생 할 수 있다는 보고가 있어(Kiritani, 1980) 처리 포장 여건에 따라 경제적 방제수준이 약간 변동 될 수 있다. 농가현장에서 적용할 수 있는 경제적 방제수준은 경제적 피해수준의 80%에 해당되며 경제적 피해허용수준은 경제적 개념을 고려하지 않고 수량감소가 전혀 없는 범위의 수준이므로 경제적 방제수준을 다시 설정하였다. 경제적 피해 허용수준은 단위 면적당, 작물당 또는 샘플당 해충수를 말하는 것으로 작물의 피해율이나 해충 개체수와 피해정도를 둘 다 고려한 조합으로 표현하기도 한다(RDA, 2003). 따라서 경제적 방제수준에 도달하면 농가현장에서는 적용약제를 이용하여 적극 방제를 해야 할 것으로 생각된다. 따라서 이러한 결과를 활용한다면 농약의 부적절한 사용에 의한 환경오염의 문제를 합리적으로

로 개선할 수 있을 것으로 생각되며 농약 과다사용에 의한 부작용을 줄이고 농가소득 증대에 기여할 수 있으며 나아가서는 환경보전의 방법이라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ0098122014)의 지원에 의해 이루어짐.

Literature Cited

- Bae, Y. S. and M. K. Paek (2006) Host-plants for larvae of *Pyraloidea* (Lepidoptera). National Institute of Agricultural Science and Technology. p. 126-127.
- Batra, H. A. and N. S. Bhattacharjee (1960) Occurrence of *Hymenia recurvalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae) as a bad pest of some leaf vegetables. *Indian J. Entomol.* 22:128-130.
- Bhattacharjee, N. S. and M. G. R. Menon (1964) Bionomics, biology and control of *Hymenia recurvalis* (Fabricius) (Pyralidae : Lepidoptera). *Ibid.* 26:176-183.
- Cho, S. R. (2006) Environmental friendly control of caterpillars occurring on leaf vegetables. Ph. D. thesis. Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Gyeongsang National Univ. p. 35-36.
- Choi, D. S., D. Y. Kim, S. K. Kim, S. J. Ko, B. Y. Kang and S. S. Kim (2011) Control thresholds for managing common cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) on Chinese Cabbage. *Korean J. Ecol.* 50:215-220.
- Choo, Y. S. and S. D. Song (2000) Ecophysiological characteristics of chenopodiaceous plants-An approach through inorganic and organic solutes-. *Korean J. Ecol.* 23:397-406.
- Kim, J. A., Y. S. Choo, I. Y. Lee, J. J. Bae, I. S. Kim, B. H. Choo and S. D. Song (2002). Adaptations and physiological characteristics of three chenopodiaceae species under saline environments. *Korean J. Ecol.* 23:171-177.
- 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. p. 13-22.
- 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.* 45:333-337.
- Lee, S. K., J. Kim, S. S. Cheong, Y. K. Kim, S. G. Lee and C. Y. Hwang (2013) Temperature-dependent development model of hawaiian beet webworm *Spoladea recurvalis* Fabricius (Lepidoptera: Pyraustinae). *Korean J. Appl. Entomol.* 52:5-12.
- Lim, J. R., J. Kim, J. You, J. H. Kim, S. H. Park, S. S. Cheong, S. Y. Lim, D. C. Choi and C. Y. Hwang (2009). Research of using natural enemy and integrated pest management on green vegetable in vinyl house. Annual Research Report, Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services. p. 273-320.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2013) The present state of vegetables growing greenhouse and vegetables production results. Ministry of Food and Drug Safety: Korea.
- 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 runswick. *J. Econ. Entomol.* 91:699-707.
- Park, K. T. (1993) Pyralidae and Thyrididae (Lepidoptera) from north Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 32:151-167.
- Park, K. W., H. M. Kang and Y. G. Park (1996) Effects of nutrient concentrations for each growing stages on beet (*Beta Vulgaris* L. cv. Detroit) Growth. *J. Bio. Fac. Env.* 5:138-144.
- RDA (Rural Development Administration) (2003) Standard on research and investigation of agricultural science technique. pp. 491.
- SAS Institute (1999) SAA version 8.1. SAS Institute, Cary, N.C.
- Stone and Pedigo (1972) Development and economic injury level of the green loverworm on soybean in Iowa. *J. Econ. Entomol.* 65:197-201.
- Suehiro, A. (1960) Insects and other arthropods from midway atoll. *Proceedings, Hawaiian Entomological Society.* 17: 289-298.
- Walker, H. G. and L. D. Anderson (1940) Control of the hawaiian beet webworm. *J. Econ. Entomol.* 33:272-275.

비트 흰띠명나방의 경제적 피해수준 설정

김 주* · 최인영 · 이상구¹ · 임주락 · 이장호 · 정성수 · 이상계¹

전라북도농업기술원, ¹국립농업과학원 작물보호과

요 약 비트에서 흰띠명나방의 경제적 피해수준과 경제적 피해허용수준을 설정하기 위한 연구를 수행하였다. 2010년도 8월 하순에 비트를 정식하였으며 흰띠명나방 2령 애벌레 밀도를 달리하여 접종한 후 생육시기별로 피해엽률을 조사하였다. 10주를 한 반복으로하여 각 처리구당 3반복으로 실험하였다. 비트에서 흰띠명나방의 피해엽률은 접종마리수가 증가함에 따라 피해엽률도 증가하였으나 10월 초순경에 감소하다가 하순경에 다시 증가하였다. 흰띠명나방 애벌레밀도는 초기 접종밀도가 높을수록 증가하였고, 9월 중순부터 감소하다가 10월 중순에 다시 증가하였다. 흰띠명나방 접종밀도가 증가할수록 비트 잎의 수확량과 상품률이 감소하였으며 이에 따라 수량감소율은 증가하였다. 흰띠명나방 유충을 접종한 후 3회에 걸쳐 잎을 수확하여 얻은 접종밀도(x)와 수량감소율(y1)과의 관계식은 $y1 = 1.226x + 3.36$ 이었으며 최종적으로 수확한 뿌리의 수량감소율(y2)과의 관계식은 $y2 = 0.478x + 1.15$ 이었다. 따라서 잎의 경제적 피해수준은 10주당 1.3마리, 경제적 피해허용은 1.1마리였으며, 뿌리의 경제적 피해수준은 10주당 8.1마리, 경제적 피해허용수준은 6.4마리로 설정되었다.

색인어 경제적 피해수준, 경제적 피해허용수준, 비트, 흰띠명나방