

## 배추 파밤나방의 경제적 피해수준 및 요방제 수준 설정

김선곤 · 김도익\* · 고숙주 · 강범용 · 김흥재 · 최경주<sup>1</sup>

전라남도농업기술원 친환경연구소, <sup>1</sup>농촌진흥청 현장기술지원과

### Determination of Economic Injury Levels and Control Thresholds for *Spodoptera exigua* on Chinese Cabbage

Seon-Gon Kim, Do-Ik Kim\*, Suk-Ju Ko, Beom-Ryong Kang, Hong-Jae Kim and Kyeong-Ju Choi<sup>1</sup>

Jeonnam Agricultural Research and Extension Services, Naju, 500-715, Korea

<sup>1</sup>On-spot Extension Division, Rural Development Administration, Suwon, 441-707, Korea

**ABSTRACT** : Economic injury level and control thresholds for the management of beet army worm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) were evaluated on chinese cabbage of two different planting time. Two inoculation times were tested for each planting and the number of inoculated larva was 10, 20, 40, 80, respectively. Damages of leaves by first inoculation were 63.2% after eight days planting on 80 larva inoculation plot. By the second inoculation, those were below 50% after 20 days planting on the end of September. The linear relationships between population density and yield reduction were as following;  $Y = -10.62x + 867.9$  ( $R^2 = 0.643$ ) for 5 days and  $Y = -6.432x + 1074$  ( $R^2 = 0.720$ ) for 20 days. Based on these results the economic injury level was 5.4 larva for five days and 9.0 larva for 20 days per 20 chinese cabbage. The control thresholds calculated by 80% level of economic injury level were 4.3 and 7.2 larva, respectively.

**KEY WORDS** : *Spodoptera exigua*, Damage, Yields, Chinese cabbage, Economic injury level, Control threshold

**초 록** : 배추에서 파밤나방의 경제적피해수준과 요방제수준을 설정하기 위해 시험한 결과, 파밤나방의 접종시기별 피해엽율은 정식 5일째(1차 접종)에 20주에 80마리 접종시 8일만에 63.2%의 피해엽율로 가장 높았으며, 정식 20일째에 접종(2차 접종)한 경우 10일째에 80마리 접종구에서 40.7%, 14일째에 43.1%로 증가하다 이후 감소하였다. 배추 파밤나방의 유충밀도와 수량감소율과의 관계는 정식 5일은  $Y = -10.62x + 867.9$  ( $R^2 = 0.643$ ), 정식 20일에는  $Y = -6.432x + 1074$  ( $R^2 = 0.720$ )이며, 경제적 피해수준은 5.4마리, 9.0마리이며, 5% 수준에서 요방제 밀도는 각각 4.3마리, 7.2마리였다. 배추생육 시기 및 파밤나방 접종밀도에 따른 피해율과 수량감소율의 관계는 정의 상관을 나타내어 배추의 수량에는 파밤나방의 초기 피해가 크게 작용한 것으로 판단되었다.

**검색어** : 파밤나방, 피해엽율, 수량, 배추, 경제적피해수준, 요방제수준

\*Corresponding author. E-mail: dikim@jeonnam.go.kr

파밤나방(*Spodoptera exigua*)은 고도의 광식성 해충으로 전세계의 많은 주요 작물에 피해를 주고있다. 기주범위가 넓어 채소, 화훼, 과수, 전작물, 특작물, 잡초 등 거의 모든 식물을 가해하는 잡식성 해충으로서 경제적 피해가 심한 농작물 해충이다(Taylor and Riley, 2008; Mitchell, 1973). 파밤나방은 1926년 황해도 사리원 지역에서 사탕무무를 가해하는 해충으로 국내에서 최초로 기록된 후 발생 및 피해에 관한 보고가 거의 없었으나 1986년에 전남 진도에서 피해가 확인된 이후 1988년부터는 전국적으로 피해가 확산되어 밭작물, 채소 등 50여종의 작물을 가해하여 극심한 피해를 주고 있다(Park *et al.*, 1991). 기주는 채소 13종, 전작물 12종, 화훼 6종, 기타 11종 등 42종이 국내에서 보고되어 있고(Goh *et al.*, 1991) 파, 배추, 수박 등의 채소류와 식량작물, 화훼류 등에 발생하여 피해가 심한 것으로 알려져 있다(Ahn *et al.*, 1989). 파밤나방은 약제에 대한 저항성이 강한 해충으로 유명하며 국내에서도 방제가 어려운 해충으로 인식되고 있다. 특히 3령 유충 이후에는 살충제에 대한 저항성이 강하고 파동 일부 작물에서는 줄기 속에 들어가 가해하므로 약제에 노출될 기회가 적어져 방제가 어려운 해충으로 구분하고 있다(Park and Goh, 1992).

최근까지 이 해충의 방제는 유기합성 농약을 위주로 방제가 이루어지고 있으며 이러한 유기합성 농약의 계속적인 사용은 해충의 약제 저항성은 물론 천적상의 파괴, 잠재해충의 주요해충화, 인축 독성, 환경오염 등 심각한 문제를 야기하고 있다. 이러한 유기합성 농약 중심의 해충 방제의 부작용을 최소화하기 위하여 해충 종합관리라는 새로운 개념의 전략이 선진농업국을 중심으로 점진적으로 증대되어 오고 있는 실정이다(Griswold and Trumble, 1985; Greenberg *et al.*, 2001). 최근 FTA 협상 확대로 외국산 농산물의 수입이 증가할것으로 예상됨으로 우리 농산물의 경쟁력 확보를 제고하기 위해서는 친환경적 해충 종합관리가 요구된다. 해충 종합관리를 실현하는데 가장 기초적으로 수행하여야 할 것이 경제적 피해수준(Economic Injury Level: EIL)과 요방제밀도(Economic Threshold: ET, Control Threshold: CT)를 설정하는 것이다. 경제적 피해는 방제 비용을 허용하는 피해정도로서(Pedigo *et al.*, 1986), 경제적 피해를 일으키는 가장 낮은 해충 개체군 밀도에 의해 피해 수준이 결정 된다(Stern *et al.*, 1959). 본 연구는 파밤나방을 경제적 피해수준 이하로 유지하기 위해 배추에서 파밤나방 접종수준별로 피해를 수량을 조사하여 요방제 수준을 설정하였다.

## 재료 및 방법

### 시험구 설정 및 환경관리

2007년과 2008년 7월 중순부터 10월 말까지 2개년 동안 나주시 산포면 소재 농업기술원 밭포장 200평에서 실시하였다. 배추품종은 장생호배추로 8월 1일에 파종하여 120공 육묘포트에서 재배하였으며, 정식은 8월 28일에 60×45 cm, 시비량은 10a당 질소 20 kg, 인산 12 kg, 칼리 20 kg 수준으로 시비하였다.

### 공시충 접종 및 피해 조사

시험포장은 나일론 망사케이지(80×150×80 cm)로 100 주씩을 격리시켜 파밤나방 접종은 2차례 실시하였다. 1차는 정식 후 5일(9월 2일)에 2차는 정식 후 20일(9월 18일)에 파밤나방 유충 1-2령을 가지고 1처리 당 10, 20, 40, 80마리씩 접종하여 난괴법으로 3반복 실시하였다. 파밤나방은 실내에서 사육된 것으로 용기 내에서 부화한 4-5 일 된 유충을 접종하였다. 파밤나방 접종을 위해 2개월 전부터 인공사료 대신 유리온실에서 배추유묘를 먹이로 공급하여 포장적응을 시킨 개체군을 사용하였다. 피해율은 접종 1일 후부터 9월 말까지 1구당 50주의 피해율을 조사하였다. 수량은 9월말에 100주 중에 상품과 증품의 무게를 재어 10a로 환산하였는데 상품은 피해율이 5엽 이하, 증품은 5-10엽, 하품은 10엽 이상으로 하였다.

### 자료분석

정식과 유충 접종 시기별 피해율은 분산분석(ANOVA)으로 비교 하였으며(SAS, 2004), 접종밀도별 피해와 수량 감소율은 Excel 프로그램에서 회귀분석법을 이용하여 분석하였고 경제적 방제수준은 Pedigo *et al.* (1986)이 제시한 식을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

파밤나방의 접종시기별 피해율은 정식 5일째(1차 접종)에 20주에 80마리 접종시 8일만에 63.2%의 피해율로 가장 높았으며 10마리 접종시 39.79%로 나타났다(Table 1). 정식 20일째에 접종(2차 접종)한 경우 10일째에 80마리 접종구에서 40.7%, 14일째에 43.1%로 증가하

**Table 1.** Damaged leaves (%) and Yields as the times of planting, inoculation, density on beet army worm, *Spodoptera exigua* on chinese cabbage

Treatment		Rate of injured leaves per 20 plants (%)							Yields
Inoculation time	No. of larva	1	3	5	8	10	14	17	(kg/10a)
5 days (2 Sep.)	0	0.0	0.0	0.5	1.7 d <sup>a)</sup>	1.7	2.2 c	1.1	1,240.3 a
	10	19.0	21.3	29.2	39.7 c	11.8	12.4 b	11.3	592.1 b
	20	20.0	21.8	35.8	42.9 c	11.5	13.9 b	11.8	456.1 c
	40	21.9	28.6	44.4	50.7 b	17.3	17.6 ab	14.9	294.1 d
	80	19.3	23.8	50.9	63.2 a	25.2	22.2 a	21.7	163.5 e
20 days (18 Sep)	0	0.0	0.0	0.5	0.5 c <sup>a)</sup>	1.7	1.7 c	1.1	1,265.7 a
	10	14.2	20.5	21.7	22.6 b	26.9	28.0 b	4.5	910.4 b
	20	18.3	26.1	31.3	34.0 a	38.1	39.6 a	6.7	838.3 c
	40	17.7	28.7	32.3	35.2 a	39.6	41.4 a	6.2	770.8 d
	80	18.2	28.2	30.4	38.8 a	40.7	43.1 a	6.4	622.5 e

<sup>a)</sup> Means followed by the same letter are not significantly different ( $P = 0.05$ ; DMRT).

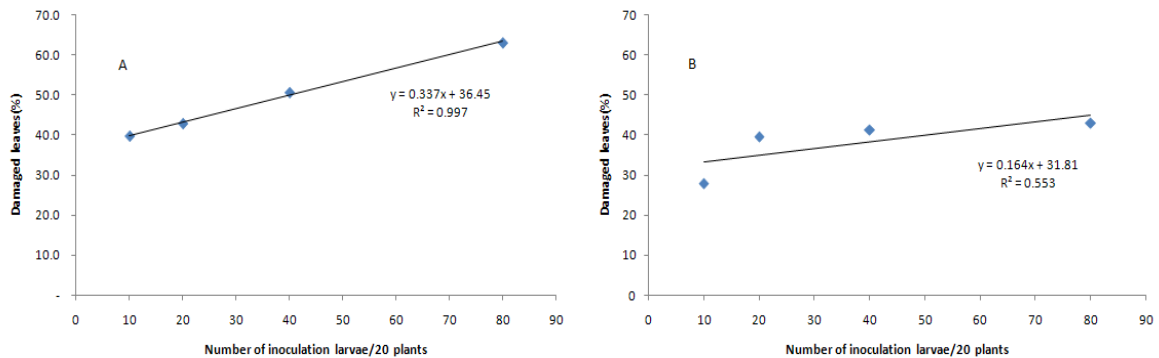
다 이후 감소하였다. 2차 접종시에는 1차 접종보다 피해엽율이 서서히 증가하였으며 최고에 달하는 일수도 1차보다 더 늦었다. 파밤나방은 대파에서 피해엽율이 40마리 접종하였을 때 40일 정도 지나야 33.5%와 20.5% 나오는데 반해(Kim et al., 2007) 본 시험에서는 10일만에 50.7%와 35.2%로 높게 나타나 배추에서의 피해가 더 빠르고 더 높을 것으로 판단된다.

배추 수량은 무처리에서 1,240~1,265 kg/10a이었는데, 정식 직후 파밤나방을 접종한 경우 수량감소율이 급격히 떨어져 10마리 접종구에서 52.3%, 80마리에서 86.8%의 높은 수량감소가 나타났다(Fig. 3). 20일째에 접종한 경우 80마리에서 최고 50.8%로 나타나 피해엽율과 마찬가지로 초기 발생에 의한 파밤나방의 피해가 크게 나타났다.

정식 5일째(1차접종)의 접종밀도와 피해엽율과의 관계는 접종밀도가 높을수록 피해엽율도 증가하는 정의 상관

을 보였으며( $F = 6.170$ ,  $df = 5$ ,  $p = 0.0889$ ), 80마리 접종구에서 63.2%로 높은 피해엽율을 보였다(Fig. 1a). 정식 20일째(2차접종)에도 5일째와 마찬가지로 정의 상관을 나타냈으며( $F = 6.172$ ,  $df = 5$ ,  $p = 0.0889$ ), 80마리 처리구에서 피해엽율 30%이상으로 가장 높게 나타났다. 그러나 2차접종 때는 1차접종 때보다 접종밀도에 비해 피해엽율은 크지 않았다(Fig. 1b). 콩에 발생하는 담배거세미나방의 경우 개화기에 6.7마리, 착엽기에 7.5마리, 립비대기에 10.0마리가 수량감소 5% 기준으로 할때 피해허용수준으로 나타나(Lee et al., 2006), *Spodoptera* 종은 어린 작물에 피해를 줄 경우 수량감소가 커짐을 알 수 있었다. Taylor와 Riley (2008)도 파밤나방이 토마토 수량에 피해를 주는 것은 초기 발생에 의하며 후기에 발생하는 경우에는 수량손실이 없다고 보고한바 있다.

정식 5일째(1차접종)의 피해엽율과 수량감소율의 관계

**Fig. 1.** Regression between damaged leaves ratio and different density of *S. exigua*. A: 5 days inoculation after transplanting, B: 20 days inoculation after transplanting.

는(Fig. 2), 피해가 63.2%일때 수량감소율은 86.8%로 가장 크게 나타났으며 40%의 피해만 받아도 수량감소율은 52.3%나 되었다( $F = 268.36, df = 5, p = 0.000495$ ). 그러나 정식 20일째에는 피해염율이 43%일때 수량감소율이 50.8%로 1차 접종때보다 최고 피해염율과 수량감소율이 급격히 낮아졌다. 또한 파밤나방 접종 수준과 수량감소율에서도 같은 경향을 나타내어, 정식 5일째에 10마리 접종

시 수량감소는 52.3%였으며 정식 20일째에는 28.1%였다(Fig. 3). 접종수준별 수량도 정의 상관을 보였는데( $F = 5.40, df = 5, p = 0.64316$ ), 정식 5일째에 10마리 접종시 10일째에 592.1 kg의 수량만 얻을 수 있었고, 80마리를 5일째 접종시 163.5 kg/10a, 20일째 접종시 622.5 kg/10a의 수량을 확보하였다(Fig. 4). 파밤나방에 의한 피해주율은 감자 95%, 옥수수 94%, 양배추 82%, 녹두 83%, 배추,

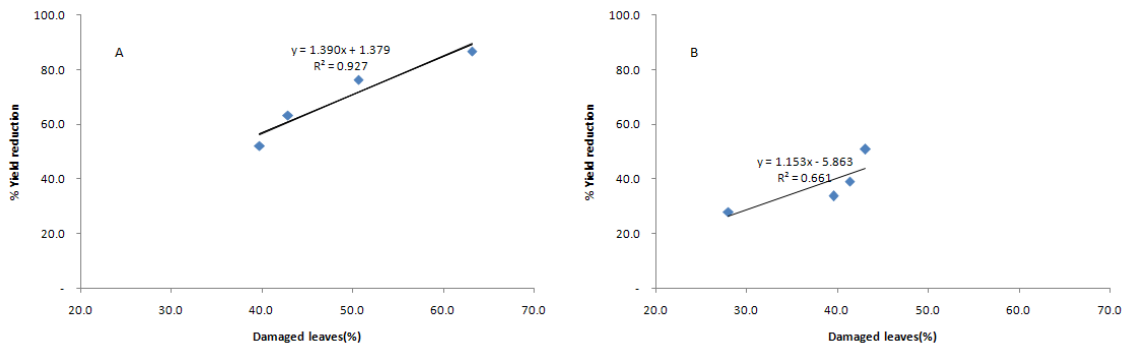


Fig. 2. Regression between yield reduction ratio and damaged leaves ratio. A: 5 days inoculation after transplanting, B: 20 days inoculation after transplanting.

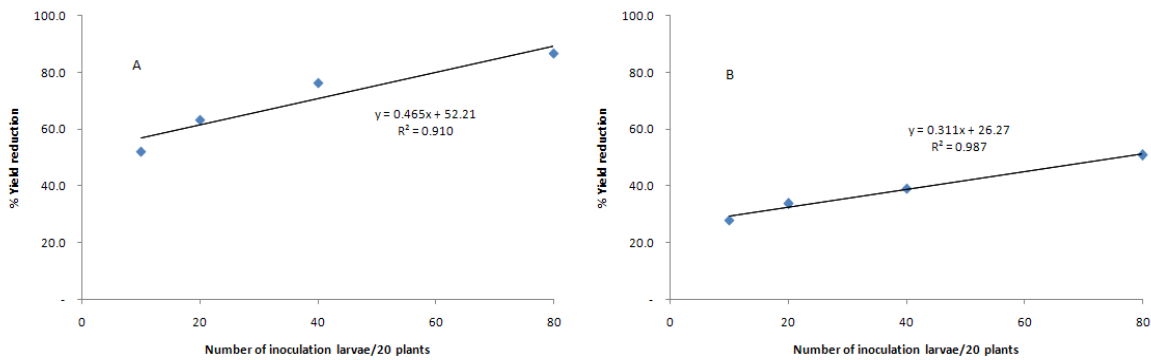


Fig. 3. Regression between yield reduction ratio and different density of *S. exigua*. A: 5 days inoculation after transplanting, B: 20 days inoculation after transplanting.

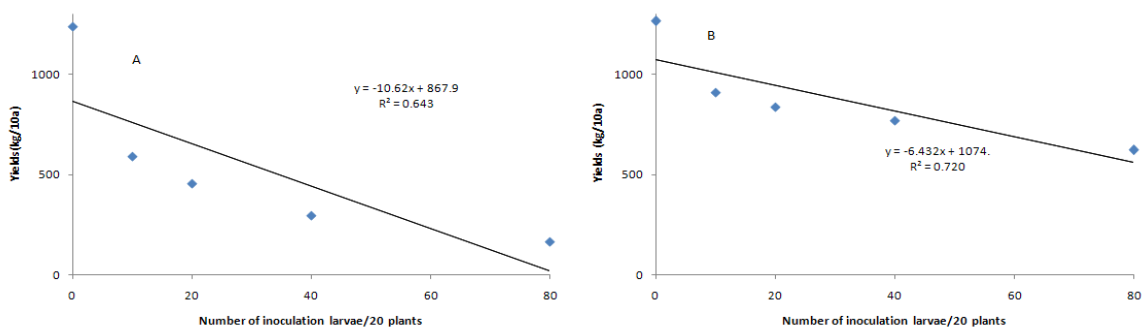


Fig. 4. Regression between yield and different density of *S. exigua*. A: 5 days inoculation after transplanting, B: 20 days inoculation after transplanting.

**Table 2.** Economic threshold of *Spodoptera exigua* on chinese cabbage

Inoculation time	Control cost (A) (won/10a)*	Price (B) (won/kg)	Gain threshold (GT) (kg/10a) = A/B	Economic injury level (EIL)(kg/10a) = GT/a (coefficient of damage)	Control threshold (ET)(%) = EIL×0.8
5 DAT	17,925	311	57.64	5.4	4.3
20 DAT				9.0	7.2

\*Control cost: Agricultural chemical cost (4,300 won × 1 times) + labor cost (61,400 / 8 hr = 7,675 won) + depreciation for a farm machinery (380,000 won / 8 year / 10% of 1 ha = 4,750) + machine fuel (1200 won); 2007 Regional income data of agricultural product (RDA, 2008).

고구마 43%이며(Goh et al., 1991), 년 4회 발생하는데 성충의 3회 발생최성기가 9월 하순으로(Goh et al., 1993), 본 시험이 시작되는 9월 상순에 이미 유충의 발생이 시작되기 때문에 배추가 43% 피해주율의 중발생 기주일지라도 초기에 방제를 효과적으로 하지 않는다면 피해는 급격히 늘어남을 것을 보여주고 있다.

배추 파밤나방의 접종밀도와 수량과의 관계는 정식 5일은  $Y = -10.62x + 867.9$  ( $R^2 = 0.643$ ), 정식 20일에는  $Y = -6.432x + 1074$  ( $R^2 = 0.720$ )로 나타났다. 해충방제 여부는 생산물의 시장 가격과 방제 비용을 고려한 경제성이 판단의 기준이 되는데, 경제성을 결정하는 GT (Gain Threshold, 면적당 단위비용과 같은 수량=수익역치)가 중요한 기준이 된다. GT 값은 수량대비 1.0~3.7%로 전체수량에서 차지하는 비율이 낮음에(Maltaia et al., 1982; Stone and Pedigo, 1972), 동일 포장처리에서도 3~5%까지 수량변이가 생길수 있으므로 Kiritani (1980)는 3~5%까지 설정하였다. 따라서 본 시험에서 파밤나방 접종밀도별 수량감수율과의 관계식  $Y = -10.62x + 867.9$ 과  $Y = -6.432x + 1074$ 에 근거하여 5%의 경제적 피해수준을 산출한 결과 (Table 2), 5일째와 20일째 접종처리에서는 배추 20주당 각각 5.4마리, 9.0마리였으며, 경제적 피해수준의 80%를 요방제 수준으로 설정하면 4.3마리와 7.2마리가 되었다. Schuster (2005)는 토마토에서 파밤나방은 과일이 달린 직후 유충이 나타나면 방제수단이 이루어져야 한다고 보고하였는데, 본시험에서 파밤나방 접종밀도에 따른 피해율과 수량감소율의 관계는 정의 상관을 나타내어 배추의 수량에는 파밤나방의 초기 피해가 크게 작용하므로 정식 직후부터 방제 수단이 투입되어야 할 것으로 판단되었다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 농업과학기술원의 주요 병해충, 잡초의 요방제수준 설정 연구과제의 지원을 받았습니다.

## Literature Cited

- Ahn, S.B., I.S. Kim, W.S. Cho, M.H. Lee and K.M. Choi. 1989. The occurrence of the crop insect pests from Korea in 1988. Kor. J. Appl. Entomol. 28(4): 246-253.
- Goh H.G., J.D. Park, Y.M. Choi., and I.S. Park. 1991. The host plants of beet army worm, *Spodoptera exigua* (Hubner), (Lepidoptera: Noctuidae) and its occurrence. Kor. J. Appl. Entomol. 30(2): 111-116.
- Goh H.G., J.S. Choi, K.B. Uhm, K.M. Choi., and J.W. Kim. 1993. Seasonal fluctuation of beet army worm, *Spodoptera exigua* (Hubner), adult and larva. J. Appl. Entomol. 32(4): 389-394.
- Greenberg S.M. Sappington T.W. Legaspi B.C. Jr. Liu T.X. Setamou M. 2001. Feeding and life history of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on different host plants. Ann. Entomol. Soc. Am. 94: 566-575.
- Griswold M.J. and J.T. Trumble. 1985. Consumption and utilization of celery, *Apium graveolens*, by the beet armyworm *Spodoptera exigua*. Entomol. Exp. Appl. 38: 73-79.
- Kim, S.G., D.I. Kim, B.R. Kang, K.J. Choi. 2007. Control threshold for the management of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on welsh onion (*Allium fistulosum*). 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.
- Lee, G.H., S.D. Bae, H.J. Kim, S.T. Park, M.Y. Choi. 2006. Economic injury levels for the common cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricus) (Lepidoptera: Noctuidae) on soybean. Kor. J. Appl. Entomol. 45(3): 333-337.
- Maltais, P.M., Nuckle, J.R. and P.V. Leblanc. 1998. Economic threshold for three lepidopterous larval pests of fresh market cabbage in southern New Brunswick. J. Econ. Entomol. 91: 699-707.
- Mitchell, E.R., 1973. Migration by *Spodoptera exigua* and *S. frugiperda*, North American style. In: Rabb, L.R., Kennedy, G.G. (Eds.), Movement of Highly Mobile Insects: Concepts and Methodology in Research. North Carolina State University, Raleigh, NC, pp.386-393.
- Park, J.D. and H.G. Goh, 1992. Control of Beet Armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae), using synthetic sex pheromone. I. Control by mass trapping in *Allium fistulosum* Field. Korean. J. Appl. Entomol. 31: 45-49.

- Park, J.D., H.G. Goh, J.H. Lee, W.J. Kee and K.J. Kim. 1991. Flight activity characteristics of Beet Armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) in Southern Region of Korea. Korean. J. Appl. Entomol. 30: 124-129.
- Pedigo, L.P., S.H. Hutchins, and L.G. Higley. 1986. Economic injury levels in theory and practice. Ann. Rev. Entomol. 31: 341-368.
- RDA. 2008. 2007 Regional income data of agricultural product. 430pp.
- SAS Institute, 2004. SAS/Stat guide: Statistics. SAS Institute, Cary, NC.
- Schuster, D. 2005. Scouting for insects, use of thresholds and conservation of beneficial insects on tomato. Florida Cooperative Extension Service Publication ENY-685, Gainesville, FL, 5pp.
- Stern, V.M., R.F. Smith, R. van den Bosch and K.S. Hagen. 1959. The integrated control concept. Hilgardia. 29: 81-101.
- Stone and Pedigo. 1972. Development and economic injury level of the green cloverworm on soybean in Iowa. J. Econ. Entomol. 65:197-201.
- Taylor J.E. and D.G. Riley. 2008. Artificial infestations of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae), used to estimate an economic injury level in tomato. Crop Prot. 27(2):268-274.

(Received for publication February 19 2009;  
revised March 9 2009; accepted March 12 2009)