

시설재배 피망에서 담배거세미나방의 유충밀도와 피해관계

박흥현 · 김광호 · 김정준¹ · 고현관² · 이상계*

농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부 작물보호과, ¹농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부 농업미생물팀,
²농촌진흥청 기술협력국 국외농업기술팀

Relationship of larval density of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) to damage in greenhouse sweet pepper

Hong-Hyun Park, Kwang-Ho Kim, Jeong Jun Kim¹, Hyun-Gwan Goh² and Sang-Guei Lee*

Crop Protection Division, Department of Agricultural Biology, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon, 441-707; ¹Agricultural Microbiology Team, Department of Agricultural Biology, National Academy of Agricultural Science, Rural Development; ²International Agriculture R&D Team, Technology Cooperation Bureau, Rural Development Administration, Suwon, Korea, 441-707

ABSTRACT: This study was conducted to determine the relationship of larval density of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius) to damage in greenhouse sweet pepper. Laboratory experiments, cage experiments by artificial release and field investigation were carried out in 2008. The leaf consumption rate increased greatly with larval development. The damaged leaves had several round or oval shape holes on the surface or lost certain parts of them, and the fruit damaged had a conspicuous hole on the surface or scar marks around the calyx. In the field investigation, fruit damage was highly correlated with larval densities and reached 3.5% damage at maximum. Cage experiments showed that numbers of non-marketable fruit increased as increasing larval densities released. The larval density at two weeks before harvest had a high relationship with the percentage of damaged-fruit at harvest. Corresponding larval density caused 1, 3, 5% of damaged-fruit was 0.2, 0.5, 0.8 larvae per plant, respectively.

Key words: Sweet Pepper, Tobacco cutworm, Damage analysis

초 록: 본 연구는 시설재배 피망에서 발생하는 담배거세미나방의 가해에 따른 피해양상을 규명하고 밀도와 피해관계를 해석하여 합리적인 해충관리의 기초자료로 활용하기 위하여 수행되었다. 잎에 대한 섭식량은 유충발육 진전에 따라 크게 증가하였다. 피해를 받은 잎은 원형 또는 타원형의 구멍이 뚫리거나 부분적으로 소실되었고, 과실은 다소 큰 구멍이 과실 표면에 뚫리거나 꽃받침 주위에 지지부한 식흔들이 있었다. 2008년 자연발생 포장에서 피해과율은 최고 3.5%에 달했고, 포장내 유충밀도와 높은 상관성을 보였다. 망사케이지 접종시험에서 유충 접종수준이 높을수록 비상품과율이 증가하였고, 수확 2주전 담배거세미나방 유충밀도와 수확된 과실에서 피해과 비율간에는 높은 상관관계가 있었다. 피해과율 1, 3, 5%를 유발하는 담배거세미나방 2령 유충밀도는 각각 0.2, 0.5, 0.8마리/주에 달했다.

검색어: 피망, 담배거세미나방, 피해해석

담배거세미나방(*Spodoptera litura*)은 콩과, 배추과, 가지과, 벼과, 광엽성 작물, 화훼류까지 120여종에 달하는 기주범위를 갖는 광식성 해충으로, 우리나라에서 농작물의 주요 해충으로 인식된 것은 1980년대 후반부터 시설작물 재배면적의 급증과 밀접한 관련이 있는 것으로 추정되며, 시설재배

가 많은 남부지방에서 발생이 많다(Shin *et al.*, 1987; Bae *et al.*, 2007). 이 해충의 돌발적인 대발생에 의한 피해들은 주로 콩, 땅콩 같은 노지작물에서 주로 보고되었으나(Shin *et al.*, 1987; Lee *et al.*, 2006; Bae, 1999), 과채류, 엽채류, 화훼류 등 시설내 작물에도 경제적인 피해가 크다(Kim *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2008, Kim *et al.*, 2009).

피망은 식생활의 변화와 외식산업의 발달등으로 소비량과 재배면적이 증가하고 있는 작물이다. 우리나라에서 재배

*Corresponding author: sglee@rda.go.kr

Received November 19 2010; revised December 4 2010; accepted December 15 2010

되는 전체 면적은 넓지 않지만, 남부 및 중부지역의 주산지들에서 다양한 작형으로 재배되고 있다. 특히 경기, 강원지역의 조숙, 고랭지재배의 과실 수확시기는 여름철로 나방류 해충의 다발생시기와 일치하여 이들 해충의 침입에 의한 피해의 우려가 큰 실정이다.

담배거세미나방의 피해는 노지작물인 콩의 경우에는 잎을 가해하여 결국 수량감소를 초래하지만(Bae, 1999; Lee *et al.*, 2006), 시설재배의 과채류의 경우에는 잎 뿐만 아니라 과실을 직접 가해하여 피해를 입힌다(Kim *et al.*, 2009). 해충 종합관리 체계하에서 담배거세미나방을 효과적으로 관리하기 위해서는 적정시기에 적절한 수준에서 이루어지는 약제 살포가 매우 중요한데, 그렇게 하기 위해서는 경제적피해수준 및 요방제수준을 기초로 합리적인 방제 의사결정이 내려져야 한다(Hyun, 2005; Park *et al.*, 2007a). 일본에서 Nakasuji and Matsuzaki (1977)가 저울재배 피망에서 유충수, 영기별 생존율, 섭식량등을 포함하여 계산한 피해지수들을 수량감소와 상관지어 시설재배 피망에서 담배거세미나방 방제수준 설정과 관련된 보고가 있으나, 우리나라에서 피망을 가해하는 담배거세미나방에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 본 논문에서는 피망에서 담배거세미나방 가해, 발생 생태 및 유충 집중 수준별 피해에 대한 연구결과를 보고한다.

재료 및 방법

담배거세미나방 유충의 섭식량 및 피해양상 조사

피망 잎에 대한 담배거세미나방 유충 영기별 1일 섭식량을 조사하고자, 풋트에 잎이 달린 채로 잎을 25 cm² 크기로 자른 후, 유충을 접종하였다. 접종 24시간 후에 연면적측정기(CI-202L, CID Bio-Science)를 이용하여 섭식 후 면적을 측정하였다. 또한 담배거세미나방 유충에 의한 피해 양상을 조사하고자, 과실이 달린 풋트에 2령 유충을 풋트당 5마리씩 접종한 후, 잎, 과실에서 나타나는 피해양상을 2주간 관찰하였다.

담배거세미나방 유충 밀도와 피해관계 분석

자연 발생 조건에서 담배거세미나방 유충 밀도와 피해조사하는 수원시 권선구 서둔동에 위치한 국립농업과학원 시설하우스 피망 재배 포장에서 수행하였다. 2008년 7월 26, 8월 6일, 15일, 29일 4회 조사하였고, 매 조사시 24주를 조사하였다. 유충 집중 수준별 피망에서 피해를 정량화하기

위한 시험은 국립농업과학원 농업생물부 시험포장의 비닐 하우스내에서 수행하였다. 비닐하우스 2개동에 망사케이지(2×2×2 m, 33-mesh)를 20개 설치하고 정식 2개월 전에 파종한 피망(뉴웨이브 품종)을 2008년 6월 10일에 시험구당 8주씩 정식하였다. 한 달 후인 7월 10일에 담배거세미나방 2령 유충을 망사 케이지당 0, 2, 4, 8, 16마리 수준으로 접종하고, 2개 하우스에 난괴법 4반복으로 배치하였다. 1차 접종한 유충의 정착률이 높지 않아, 동일한 방법으로 8월 13일에 2차 추가접종을 하였다. 접종한 담배거세미나방 2령 유충은 정착율을 높이기 위하여 실내에서 사육하던 담배거세미나방 성충을 온실에서 망사케이지(0.7×0.7×0.7 m, 33-mesh)에 넣어둔 배추 풋트에 풋트당 10쌍씩 접종하여 산란을 받아 사육하면서 2령 유충이 될 때까지 순화를 시킨 후 접종 유충으로 사용하였다. 생육중인 피망에서 담배거세미나방의 밀도는 육안으로 주당 생충수를 조사하였고, 피망 과실은 9월 중순부터 10월 상순까지 3회 수확하면서 무게와 품질을 조사하였고, 품질은 상품과와 비상품과로 구분하였다. 수확된 과실중에서 비상품과는 유충에 의한 피해가 확인된 과실로 하였다. 유충을 고밀도로 접종한 후 경우의 과실에 발생하는 피해정도를 알아보기 위해서 2010년에 보완 시험을 실시하였는데, 2008년과 동일한 크기의 망사케이지에 피망 8주당 2령 유충 24마리와 40마리를 접종한 시험구를 각각 3반복씩 설치하고, 2주 후에 과실을 수확하여 피해를 조사하였고, Fig. 4의 집중 수준에 따른 피해과 발생 비율 상관관계를 분석하는 자료로 이용하였다.

자료 분석

유충 밀도와 피해간의 상관분석 및 처리구 평균간 비교는 SAS 통계패키지(SAS, 2003)를 이용하였다. 담배거세미나방 밀도와 과실 피해수의 회귀분석은 과실 피해조사 2주전의 육안 조사한 밀도와 피해과울간의 회귀식을 이용하였다.

결 과

섭식 및 피해양상

담배거세미나방 2, 3, 4령 유충이 실온조건에서 24시간 동안 피망잎을 섭식한 양을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 2령, 3령 유충이 평균 4.9 cm², 8.8 cm²씩을, 4령 유충은 25 cm² 이상을 섭식하였는데, 이들 유충의 영기별 섭식량이 유의하게 차이가 있었고(df=2,81; F=1,186.58; p<0.0001), 4령에서 섭식량이 급격히 증가하였다. 담배거세미나방 유

충에 의한 피해는 잎과 과실에서 나타났다. 식물체 상단 부분에 접종된 어린 유충이 부드러운 새잎을 섭식하여 피해를 받은 잎에 원형 또는 타원형의 구멍을 유발하였다(Fig. 1a). 유충 발육의 진전과 더불어 아래쪽으로 내려가면서 그 부분에 위치한 잎들을 부분적으로 섭식하였다(Fig. 1b). 과실에 피해는 육안으로 충분히 식별할 수 있는 정도의 크기로 과실 표면에 구멍이 뚫리거나(Fig. 1c), 꽃받침 주위에 지지분한 식흔을 남겼다(Fig. 1d).

담배거세미나방 유충 밀도와 피해관계 분석

담배거세미나방 유충을 인위적으로 접종하지 않는 피망 재배 하우스에서 조사한 담배거세미나방 밀도와 그에 따른



Fig. 1. Damages found in leaves (a, b) and fruits (c, d) of sweet pepper by tobacco cutworm larvae.

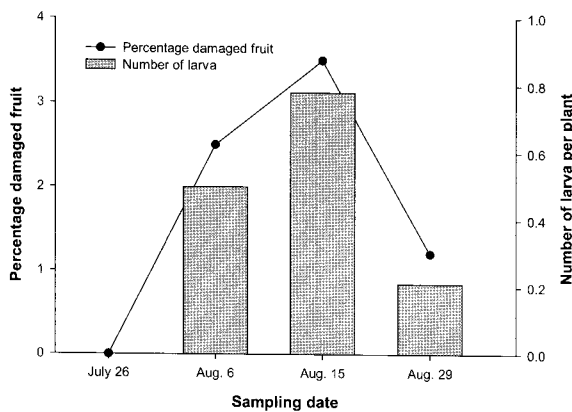


Fig. 2. The percentage of damaged-fruits and number of tobacco cutworm larvae investigated at the sweet pepper greenhouse of national academy of agricultural sciences in Suwon, 2008.

피해과 발생은 Fig. 2와 같다. 하우스내에서 유충 및 피해과 발생은 8월 상순부터 시작되었다. 주당 유충밀도는 8월 6일에 0.5마리에서 8월 15일에 0.8마리로 증가한 다음, 8월 29일에 0.2마리로 낮아졌으며, 유충 발생에 따른 피해과율은 2.5%에서 3.5%로 증가한 다음, 1.2%로 감소하였다. 자연 발생 포장에서 조사된 유충밀도와 피해과의 비율간의 결정 계수(R^2)는 0.75 였다.

담배거세미나방 2령 유충을 피망에 5 수준으로 접종 후 조사한 피해과율은 Fig. 3과 같다. 접종수준별 피해과율 변화는 조사 시기별로 일정수준에서 증감을 반복하였고, 과실의 피해과 비율의 접종수준별 구배는 대체로 유지되었다. 전체 기간 동안의 평균 피해과율은 무접종구에서 0%, 2마리 접종구 1.7%, 4마리 접종구 3.1%, 8마리 접종구에는 4.0%, 16마리 접종구에는 6.2%로 나타나 접종수준이 높을 수록 피해과 발생비율이 높았다(Fig. 3).

접종수준별 과실수와 비 상품과율은 Table 2와 같다. 접종수준에 따른 과실수에서 차이는 통계적으로 유의하지 않았으나($df=4,15$; $F=0.29$; $p=0.8797$), 비상품과율은 접종 수준이 증가함에 따라 증가하였고, 처리구간에도 유의한 차이가 있었다($df=4, 15$; $F=5.03$; $p=0.0089$). 그러나, 평균간 비교에서는 접종된 시험구간에 차이가 명확하지 않았다 (Table 2). 담배거세미나방 유충 초기 접종 수준과 2주 후에 수확된 과실에서 발생하는 피해과율간의 회귀식은 Fig. 4와 같다. 결정계수(r^2)값이 0.97로 매우 높아, 유충밀도와 그에 따른 피해과 발생은 매우 밀접함을 알 수 있다. 피해과율 1, 3, 5%를 유발하는 주당 유충밀도는 각각 0.2, 0.5, 0.8마리로 나타났다.

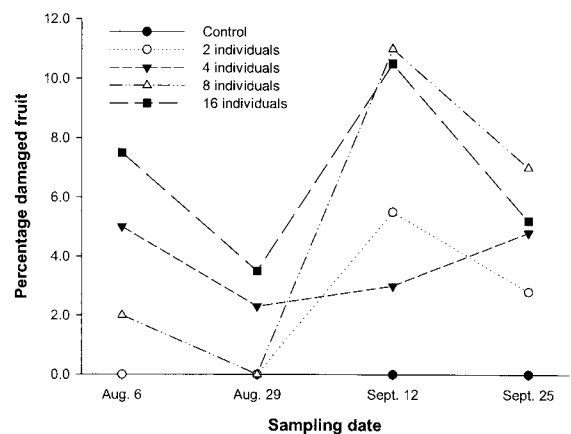


Fig. 3. The changes in percentage of damaged-fruits of cage experiment plots in which five different larva densities were released on 10 July in 2008.

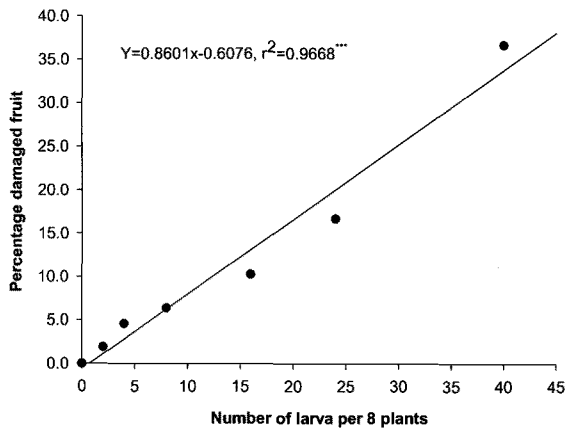


Fig. 4. Relationship between percentage of damaged-fruits and number of tobacco cutworm larvae released at two weeks before fruit harvest in cage experiments.

고찰

장거리 이동능력이 있고 기주범위가 넓은 담배거세미나방에게 시설재배면적의 증가는 먹이와 서식처를 제공함으로써 생존과 번식에 유리한 조건을 제공하게 된다(Shin *et al.*, 1987; Bae *et al.*, 2007). 노지 작물 뿐만 아니라 시설내 작물에서 경제적인 피해가 증가하는 것도 이와 밀접한 관련이 있다고 볼 수 있다(Kim *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2008, Kim *et al.*, 2009). 하지만, 흥미로운 것은 이들이 장거리 이동하고, 넓은 기주범위를 갖지만, 생존이 가능한 기주들은 한정되어 있다는 것이다. 예를 들어, 서늘한 기후에 적응한 담배거세미나방은 열대나 아열대산의 풋고추, 토란, 가지를 먹이로 생존이 거의 어렵다는 연구결과가 있어(Tojo *et al.*, 2008), 이들의 가해능력, 차세대 밀도증식 또한 적용된 기후, 먹이조건에 따라 큰 차이를 보일 것이다. 따라서 국내에서 시기별, 지역별 발생 개체군에 대한 기초 생태 연구가 필요하다고 생각된다.

담배거세미나방 유충은 기주식물의 잎, 과실에 모두 피해를 줄 수 있다. 유충이 6령을 경과하는데 걸리는 기간은 25°C 조건에서 20일이고(Rao *et al.*, 1989), 같은 조건에서 7일의 발육기간을 갖는 6령 유충은 유충 총 기간 동안 섭식한 량의 55-74% 가량의 두류 잎을 섭식할 수 있다(Bae, 1999). 본 연구에서 피망 잎을 제공하여 측정된 결과, 개체의 몸 크기가 현저하게 커지는 4령 이후에는 섭식량이 크게 증가하는 것을 볼 수 있었다(Table 1). Lee 등(2006)은 유충 밀도 증가에 따라 엽면적이 크게 줄어들었고, 이것을 기초로 콩에서 방제수준을 제시하였다. 그러나 피망에서 잎 섭식정

Table 1. Sweet pepper leaf area (mean \pm S.D.) consumed by *Spodoptera litua* larva under laboratory conditions of 25 \pm 3°C for 24 hours

Instar	n ^a	Consumed area(cm ²) ^b
Second	28	4.9 \pm 1.87 a
Third	19	8.8 \pm 2.78 b
Fourth	35	>25 c

^aNumber of larva tested.

^bWithin a column, means followed by the same letter are not significantly different at P<0.05 by Tukey's HSD test.

Table 2. Total number of fruit and non-marketable fruit rate at five different levels of *S. litura* larvae

Treatment	Total number of fruit (Mean \pm S.E.)	Non-Marketable fruit rate (Mean \pm S.E.)
Control	96.5 \pm 17.2 a	0.0 \pm 0.0 a
2 individuals	97.0 \pm 17.1 a	3.5 \pm 0.8 ab
4 individuals	101.3 \pm 12.0 a	3.8 \pm 0.7 ab
8 individuals	64.0 \pm 13.3 a	10.0 \pm 2.2 ab
16 individuals	93.5 \pm 19.7 a	13.9 \pm 2.1 b

* Fruit harvest was done three times from 12 September to 8 October.

도로 식물체의 성장, 피망 수확량 감소등의 피해를 산정하기에는 매우 힘들 것으로 생각되며, 본 연구결과에서도 접종수준에 따라 수확량의 차이가 통계적으로 유의하지 않았다(Table 2). 따라서 담배거세미나방에 의한 피해를 판단하는데도 다른 채소 가해 해충과 마찬가지로 과실에 나타난 직접적인 피해들을 기준으로 하는 것이 피해를 사정하는데 더 용이해 보인다(Park *et al.*, 2007b). 담배거세미나방이 접종된 시험구에서는 어린 유충이나 노숙유충에 의한 과실 가해는 상품성 하락을 가져왔다(Fig. 1).

성페로몬 트랩을 이용한 조사에서 담배거세미나방의 포획량이 급격히 늘어나는 시기는 7월 중하순 경으로 시설내의 침입은 주로 이 시기에 일어난다(Shin *et al.*, 1987; Bae *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2009). 본 연구에서 8월 상순에 포장에서 유충이 발견되고, 피해과가 발견된 것은 이러한 담배거세미나방의 발생소장과 관련이 깊다고 할 수 있다(Fig. 2). 본 연구에서 자연 발생한 포장에 유충 밀도는 주당 1마리를 넘지 못하고 감소하였는데, 성충 침입량과 유충기간동안의 자연 사망률등과 관련 있을 것으로 보인다(Nakasuji and Matsuzaki, 1977). 한편, 케이지당 2-16마리 수준으로 접종된 시험구에서 피해과율은 3-11%에 달해

담배겨세미나방 유충의 초기 밀도에 따라 어느 정도의 피해과가 발생할 수 있는지를 확인할 수 있었다. 그러나, Table 2의 비상과과율 결과에서 보듯이, 집중된 시험구간에 통계적인 차이가 뚜렷하지 않아 전체 기간의 자료를 이용하여 집중밀도와 비상과과율간의 관계를 도출하는 것은 부적합하다고 판단된다. 집중 초기 밀도와 2주 후 수확된 과실의 피해과과율간에는 높은 상관관계가 존재하는 것을 볼 수 있는데(Fig. 4), 수확이 주기적으로 이루어지는 시설 풋고추에서 일정기간동안의 밀도와 피해과 발생 자료가 이들간의 관계를 해석하는데 이용되었다(Park *et al.*, 2007b).

본 연구에서 이루어진 피해해석 결과를 토대로 수익역치 등을 포함하는 경제적 방제수준을 설정하기 위해서는 방제비용, 농산물 가격, 방제효율 등의 변수가 포함되어야 하는데(Park *et al.*, 2007a), 아직까지 피망에서 담배겨세미나방의 방제비용을 산정할 만한 근거 자료가 부족한 실정으로 본 연구에서는 피해과과율과 그에 해당하는 유충밀도에 관한 기초자료를 제시한다. 한편, 일본에서는 피망의 수량감소를 고려한 담배겨세미나방의 피해허용수준을 3, 4령 유충을 대상으로 주당 0.7로 설정하였는데(Nakasuji and Matsuzaki, 1977), 이는 본 연구의 결과를 적용하면 피해과과율 3-5%를 유발하는 것이다. 앞으로 피망에서 담배겨세미나방에 관한 합리적인 방제의사결정 체계를 갖추기 위해서는 시설내에서 적합한 예찰법과 밀도 조사법 등이 아울러 개발되어야 할 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원의 “주요 병해충, 잡초 경제적방제수준 설정 및 피해해석에 관한 연구” 과제에 의해 지원되었으며, 본 연구 수행에 도움을 주신 안효원 연구원 에게 감사드립니다.

Literature Cited

- Bae, S.D. 1999. Leaf characteristics of leguminous plants and the biology of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius, I. The larval development and leaf feeding amount. Kor. J. Appl. Entomol. 38: 217-224.
- Bae, S.D., H.J. Kim, G.H. Lee and S.T. Park. 2007. Seasonal occurrence of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius and beet armyworm, *Spodoptera exigua* Hubner using sex pheromone traps at different locations and regions in Yeongnam district. Kor. J. Appl. Entomol. 46: 27-35.
- Hyun, J.S. 2005. Integrated pest control - principles and practices. Kor. J. Appl. Entomol. 44: 73-90.
- Kim, H.H., S.R. Cho, H.Y. Choo, S.M. Lee, H.Y. Jeon and D.W. Lee. 2008. Biological control of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) by Steinernematid and Heterorhabditid entomopathogenic nematodes. Kor. J. Appl. Entomol. 47: 447-456.
- Kim, H.Y., J.H. Kim, B.G. Son, J.R. Cho, Y.H. Lee, Y.H. Kim and M.Y. Choi. 2009. Analysis on the mass-trapping effects by *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) sex pheromone traps deployed around the tomato glasshouse. Kor. J. Appl. Entomol. 48: 245-251.
- Kim, S.G., J.D. Park, D.I. Kim, D.J. Im, K.C. Kim and Y.M. Yu. 2003. Effects of field application of *Spodoptera litura* nucleopolyherovirus to control *S. litura* in chrysanthemum. Kor. J. Appl. Entomol. 42: 153-157.
- 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. Kor. J. Appl. Entomol. 45: 333-337.
- Nakasuji, F. and T. Matsuzaki. 1977. The control threshold density of the tobacco cutworm *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) on eggplants and sweet pepper in Vinyl-houses. Appl. Ent. Zool. 12: 184-189.
- Park, H.H., W.H. Yeh and H.M. Park. 2007a. Gain threshold estimation for some pests in major crops. Kor. J. Appl. Entomol. 46: 63-69.
- Park, H.H., J.H. Lee and K.B. Uhm. 2007b. Economic threshold of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) for unripe red pepper in greenhouse. J. Asia-Pacific Entomol. 10: 45-53.
- Rao, G.V.R., J.A. Wightman and D.V.R. Rao. 1989. Thershold temperatures and thermal requirements for the development of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). Environ. Entomol. 18: 548-551.
- SAS. 2003. SAS user's manual, Enterprise 3.0. SAS Institute, Cary, NC.
- Shin, H.Y., C.H. Kim, C.G. Park and Y.S. Lee. 1987. Biology of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius, (Lepidoptera: Noctuidae). I. Seasonal occurrence of tobacco cutworm in Southern Korea and larval development, pupal period, adult longevity and oviposition on the different food sources. Res. Rept. RDA (D. M. & U). 29: 301-307.
- Tojo, S., Y. Hayakawa, and P. Phaophan. 2008. Strains in the common cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) with differing host ranges. Appl. Entomol. Zool. 43: 491-496.