

멸강나방의 발육과 생식에 미치는 먹이의 영향

고해랑 · 김정화 · 김길하*

충북대학교 농과대학 농생물학과

Effect of Diets on Development and Reproduction of Rice Armyworm, *Pseudaletia separata* (Lepidoptera: Noctuidae)

Hae-Rang Ko, Jeong-Wha Kim and Gil-Hah Kim*

Department of Agricultural Biology, Chungbuk National University, San 48, Gaesindong Cheongju, Chungbuk 361-763, Republic of Korea

ABSTRACT : Development and reproduction of the rice armyworm, *Pseudaletia separata*, were investigated on different diets (corn leaf, rice leaf, Chinese cabbage leaf, cabbage leaf, sweetpotato leaf, soybean leaf and silkworm artificial diet). Egg and pupal periods were not different among the diets. But larval periods showed significant difference among diets. Developmental period from egg to adult was shortest as 32.5 d on corn leaf and longest as 46.6 d on soybean leaf. At 16 days after hatching, larval weights on rice and silkworm artificial diet were heavier than those on other diets. The larvae reared on cabbage leaf and sweetpotato leaf failed to pupate. Survival rates from larva to adult were highest (70.6%) on corn leaf lowest (39.8%) on soybean leaf. The longevity of female adults was not affected by the larval diets. Female adults showed higher fecundity when the larvae were fed with corn leaf, rice leaf and silkworm artificial diet than other diets. Net reproduction rate (R_0) was highest as 1218.5 on silkworm artificial diet. The intrinsic rate of natural increase (r_m) ranged from 0.115 to 0.175, and was maximum on corn leaf.

KEY WORDS : Rice armyworm, *Pseudaletia separata*, survival rate, intrinsic rate of natural increase

초 록 : 멸강나방의 발육과 생식에 먹이(옥수수잎, 벼잎, 배추잎, 양배추잎, 콩잎 그리고 누에인공사료)가 미치는 영향을 조사하였다. 알과 번데기기간은 먹이간에 유의성이 없었으나, 유충기간은 유의성이 있었다. 총발육기간(알에서 성충까지)은 옥수수잎에서 32.5일로 가장 짧았고 콩잎에서 46.6일로 가장 길었다. 부화 후 16일째의 유충 무게는 벼잎과 누에인공사료에서 무거웠던 반면, 고구마잎과 양배추잎에서는 가벼웠고 용화하지 못했다. 번데기 무게는 벼잎에서 가장 무거웠다. 부화유충에서 성충까지의 생존율은 옥수수잎에서 70.6%로 가장 높았고, 콩잎에서 39.8%로 가장 낮았다. 암컷 성충의 수명은 먹이간에 큰차이는 없었다. 암컷 한 마리당 평균 총산란수는 벼잎, 옥수수잎, 누에인공사료에서 사육한 경우가 배추잎, 콩잎보다 많았다. 1세대 순증가율(R_0)은 누에인공사료에서 1218.5로 가장 높았으며, 내적자연증가율(r_m)의 범위는 0.115-0.175로 옥수수잎에서 가장 높았다.

검색어 : 멸강나방, 생존율, 내적자연증가율

멸강나방은 나비목 밤나밤과에 속하는 해충으로 한국, 일본, 중국에서 *Mythimna separata* (Choi and Cho,

1975; Oku and Kobayashi, 1974), *Leucania separata* (Li et al., 1965; Koyama, 1970)의 학명으로 분류되었으나,

*Corresponding author. E-mail: khkim@trut.chungbuk.ac.kr

지금은 *Pseudaletia separata*로 정정하여 사용하고 있다(Anonymous, 1987, 1994).

일본에서 Koyama (1970), Oku와 Kobayashi (1974)가 멸강나방의 발생생태를 보고한 바 있고, 국내에서는 Choi와 Cho (1975)가 이 해충의 발생소장 및 인공사료개발에 관에 관해 보고하였을 뿐 연구가 미흡한 실정이다. 이 해충은 중국 남부지방에서 기류를 타고 날아오는 이동성 해충으로 벼, 조, 맥류, 옥수수 등의 화분과와 감자, 대두, 목화잎까지 가해하는 광식성 또는 잡식성 해충이다(Choi and Cho, 1975; Oku and Kobayashi, 1974). 하지만, 아직 각 가해작물에 대한 정량적인 평가가 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구는 수도와 발작물에 돌발적으로 대 발생하여 큰피해를 주고 있는 멸강나방의 몇가지 식물을 먹이로 공급하여 발육기간, 생존율, 성충의 수명과 산란수를 조사하고, 생명표 통계량을 추정하여 발육생태의 기초자료를 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험곤충

본 연구에 사용한 멸강나방(*Pseudaletia separata*)은 1998년 한국화학연구소 농약활성실에서 분양받아 충북대 농생물학과 곤충실험실에서 누에인공사료(대한잠사회)를 먹이로하여 1년이상 누대사육한 것을 실험에 이용하였다. 실내 사육조건은 온도 25-26°C, 광주기 16L:8D, 상대습도 40-60%로 하였다.

시험기주

본 실험에 사용한 기주식물은 충북대 온실에서 3-4주 이상 재배한 옥수수(*Zea mays*, 수원옥), 벼(*Oryza sativa*, 동진), 배추(*Brassica pekinensis*, 서울얼갈이), 콩(*Glycine max*, 황금콩), 고구마(*Impomoea batatas*, 홍미), 양배추(*Brassica oleracea*, 대월)이었다. 기주식물들은 생육초기의 어린잎을 사용하였으며, 재배하는 동안에는 어떠한 살충제도 처리하지 않았다. 기주식물별 멸강나방 발육기간 조사를 위하여 유산지와 5% 설탕물이 들어 있는 케이지(25×25×25 cm)내에 암수 10쌍의 성충을 넣고 알을 얻었다. 알기간은 알을 낳은 부분(12시간이내)의 유산지를 가위로 오려서 페트리 디쉬(직경 9×1.5 cm)에 넣고 매일 부화유무를 관찰

하여 실시하였다. 부화한 유충(부화 12시간이내 유충)은 기주(옥수수잎, 벼잎, 배추잎, 콩잎, 고구마잎, 양배추잎, 누에인공사료)가 놓여진 플라스틱 용기(22×18×8 cm)에 100마리씩 3반복으로 접종하고 사육하면서 4, 8, 12, 16일째에 각 먹이별 50마리 개체를 선택하여 무게를 측정하고, 유충기간과 생존율(조사 부화 유충 중 번데기로 성공한 비율)도 매일 조사하였다. 번데기 무게는 유충에서와 같은 방법으로 사육하면서 그 중 100개체를 선택하여 용화 후 3일째에 암컷과 수컷으로 나누어 측정하였고, 번데기기간과 생존율(조사 번데기 중 우화한 비율)도 조사하였다. 각 기주식물로 사육해서 얻은 성충의 수명과 산란수는 암·수 1쌍씩(20반복)을 유산지와 5% 설탕물이 들어 있는 원통형 상자(직경 9×15 cm)에 넣고 매일 조사하였다. 수컷이 죽은 경우는 암컷수명이 다하기 전에 우화 후 3일된 수컷 성충을 넣어주었다. 이 실험 조건은 25-26°C의 온도(Vision, multiroom incubator)와 광주기 16L:8D, 상대습도 40-60%로 하였다. 자료분석은 Duncan의 다중검정(P=0.05)으로 비교하였다(SAS Institute, 1991).

생명표 통계량 추정

생명표 분석은 멸강나방의 총수명(일수)을 x , 암컷 성충의 일수별 생존율을 l_x , 암컷 성충의 일수별 산란수를 m_x 라고 했을때 1세대 순증식률(R_0)은 $\sum l_x m_x$, 1세대에 걸리는 평균기간(T)은 $\sum x l_x m_x / R_0$, 그리고 내적자연증가율(r_m)은 $\log_e R_0 / T$ 로 계산하였다(Price, 1997). 1쌍씩 20반복으로 20개체의 일수별 수명과 생존율, 산란수를 조사하였다. 성비는 0.5의 일정비율로 하였다.

결과 및 고찰

발육과 생존율에 미치는 영향

먹이별 멸강나방의 알, 유충 및 번데기기간은 Table 1과 같다. 알기간과 번데기기간은 먹이들 사이에 유의성이 없었으나, 유충기간은 옥수수잎에서 18.2일로 다른 먹이들과 비교하여 발육기간이 짧았고 콩잎에서는 31.8일로 발육기간이 길게 나타났다. 전체 발육기간 역시 옥수수잎에서 32.5일로 가장 짧았고 콩잎에서 46.6일로 가장 길었다. 따라서 각 먹이간에 유의성이 인정되었다. 양배추잎과 고구마잎으로 사육한 부화유

Table 1. Developmental periods in days (Mean ± SD) of eggs, larvae, and pupae of *P. separata* reared on different diets

Diets	n	Egg ^a	n	Larva	n	Pupa	From egg to adult
Corn leaf	530	4.4 ± 0.5a	100	18.2 ± 0.9d	100	9.8 ± 0.7a	32.5 ± 0.6d
Rice leaf	600	4.3 ± 0.6a	100	23.2 ± 1.3b	100	10.5 ± 0.7a	38.0 ± 0.5b
Chinese cabbage leaf	575	4.6 ± 0.5a	100	24.1 ± 1.4b	100	10.0 ± 0.7a	38.7 ± 0.5b
Cabbage leaf	374	4.7 ± 0.5a	100	— ^b	—	—	—
Soybean leaf	410	4.7 ± 0.5a	100	31.8 ± 2.5a	100	10.1 ± 0.8a	46.6 ± 0.7a
Sweetpotato leaf	451	4.6 ± 0.5a	100	—	—	—	—
Silkworm artificial diet	535	4.1 ± 0.3a	100	20.0 ± 1.0c	100	10.1 ± 0.9a	34.1 ± 0.3c

^a Adult female with all diets oviposited on glassine paper.

^b All died during larval period.

Means within in column followed by the same letters are not significantly different (p=0.05; Duncan's multiple range test)

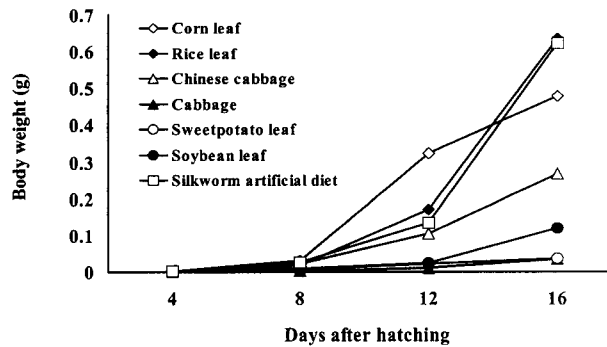


Fig. 1. Body weight of larvae of *P. separata* reared on different diets.

충은 전용전까지 모두 사망하여 유충기간을 조사할 수 없었다. Choi와 Cho(1975)는 멸강나방 유충의 영기는 7령까지 있으며, 유충기간은 18.0-19.5일이라 하여 본 실험의 옥수수잎과 비슷한 결과를 나타내었다. 밤나방과에 속하는 곤충들에 대한 결과를 보면, Hwang 등(1987)은 담배나방의 유충기간은 온도(18, 23, 28°C)에 관계없이 담배잎보다 고추열매에서 사육한 유충이 짧았다고 하였으며, Bae 등(1997)은 담배거세미나방의 알기간과 번데기기간은 먹이들 사이에 유의성이 없었으나 유충기간은 콩잎에서 가장 짧았고 다음이 들깨잎 및 고구마잎 순이었으며, 인공사료에서 가장 길었다고 하여, 먹이의 종류에 따라 차이가 있음을 보고하였다.

유충의 무게는 먹이의 종류에 따라 현저한 차이를 나타내었다(Fig. 1). 부화 후 16일째의 유충 무게는 벼 잎과 누에인공사료에서 각각 0.635 g, 0.621 g으로 나머지 먹이들과 비교하여 무거웠던 반면, 고구마잎과 양배추잎에서는 0.035 g 이하로 가벼웠고 번데기 단계로 용화하지 못했다. Sison과 Shanower (1994)은 왕담배나방 유충이 pigeonpea(나무콩의 일종)의 꼬투리를 먹은 유충이 잎이나 꽃을 먹은 유충보다 각각 2.6배,

Table 2. Pupal weight (g, Mean ± SD) of *P. separata* reared on different diets

Diets	n	♀	♂
Corn leaf	100	0.252 ± 0.031c	0.239 ± 0.027c
Rice leaf	100	0.344 ± 0.038a	0.332 ± 0.037a
Chinese cabbage leaf	100	0.222 ± 0.029d	0.218 ± 0.029d
Soybean leaf	100	0.144 ± 0.021e	0.143 ± 0.018e
Silkworm artificial diet	100	0.301 ± 0.030b	0.292 ± 0.026b

Means within in column followed by the same letters are not significantly different (p=0.05; Duncan's multiple range test)

Table 3. Survival rate (% ± SD) of eggs, larvae, and pupae of *P. separata* reared on different diets

Diet	Pupation rate (From larva to pupa)	Emergence rate From larva to adult)	From larva to adult
Corn leaf	82.7 ± 3.5a	85.3 ± 4.2a	70.6 ± 5.2a
Rice leaf	74.3 ± 2.1b	89.3 ± 4.6a	66.4 ± 2.8ab
Chinese cabbage leaf	67.7 ± 3.1c	77.3 ± 5.0b	52.4 ± 4.2c
Soybean leaf	50.7 ± 5.5d	78.7 ± 5.5b	39.8 ± 3.2d
Silkworm artificial diet	73.7 ± 2.5b	87.3 ± 3.1a	64.3 ± 1.7b

Means within in column followed by the same letters are not significantly different (p=0.05; Duncan's multiple range test)

1.5배 더 무거웠다고 하였다. 용화한 번데기의 무게도 기주간에 다양했으며(Table 2), 암컷 번데기의 무게는 벼에서 0.344 g으로 콩의 0.144 g과 비교하여 2배 이상 무거웠고, 수컷도 비슷한 결과를 나타내었다. Bae와 Park (1999)은 담배거세미나방의 번데기 무게는 들깨잎에서 가장 무거웠다고 하였다. Casimero 등(2000)은 왕담배나방의 번데기 무게는 6종의 먹이중 인공사료에서 가장 무거웠고 토마토잎에서 가장 가벼웠다고 하여, 먹이의 종류에 따라 차이가 있음을 보고하였다.

먹이별 생존율은 Table 3과 같다. 용화율은 옥수수잎에서 82.7%로 가장 높았고 우화율은 옥수수잎, 벼잎 그리고 누에인공사료에서 각각 85.3, 89.3, 87.3%로 높았다.

부화유충에서 성충까지의 생존율은 옥수수잎에서

70.6%로 가장 높았고 콩잎에서 39.8%로 가장 낮았다. 이상의 결과에서 먹이별 유충기간은 옥수수잎에서 짧았고 콩잎에서 길었으며, 번데기 무게는 벼잎에서 무거웠고 콩잎에서 가벼웠다. 그리고 생존율은 옥수수잎에서 높았다. 이것은 멸강나방에게 적합한 먹이에서는 발육기간은 짧고 생존율이 높으나, 반대로 부적합한 먹이에서는 발육기간이 길고 생존율은 낮음을 의미한다.

곤충은 기주잎의 영양상태, 물리적 및 화학적방어물질의 반응에 따라 기주 적합성의 중요한 원인이 결정된다(Harborne, 1988; Miller and Miller, 1986). 멸강나방의 발육 및 생존은 먹이의 종류가 크게 관여하는 것으로 생각된다. 본 시험에서 양배추잎과 고구마잎으로 사육한 유충은 유충기간 동안 모두 사망하였고, 옥수수잎에서 사육한 것은 콩잎에서 보다 유충기간이 평균 13.6일이나 짧았다.

성충의 수명과 산란수에 미치는 영향

멸강나방 암컷 성충의 산란전기간은 먹이들 사이에

Table 4. Longevity (days, Mean±SD) and fecundity of the female of *P. separata* reared on different diets

Diet	n	Preoviposition ^a period	Longevity	No. eggs per female
Corn leaf	20	3.1±0.9a	11.3±2.4ab	816.6±157.6b
Rice leaf	20	3.1±0.6a	12.6±1.4a	980.7±105.1ab
Chinese cabbage leaf	20	3.0±0.7a	10.3±1.5b	472.5±217.1c
Soybean leaf	20	3.6±0.6a	11.0±2.0ab	463.3±196.1c
Silkworm artificial diet	20	3.6±0.8a	11.8±1.2ab	1049.1±218.9a

^a Days from emergence to the first oviposition. Means within in column followed by the same letters are not significantly different (p=0.05; Duncan's multiple range test)

유의성이 없었으며, 암컷 성충의 수명은 벼잎에서 12.6일로 다른 먹이들(10.0-11.8일)과 비교하여 길었으나 큰 차이는 없었다(Table 4). 벼잎과 누에인공사료에서 사육된 암컷 한 마리당 평균 총산란수는 각각 980.7, 1049.1개로 배추잎과 콩잎보다 2배정도로 많았다. 대부분의 암컷 성충은 우화 후 3일째부터 산란을 시작했으며, 암컷 성충의 일수별 산란수는 성충의 수명에 따라 다양했다(Fig. 2). 일수별 산란곡선에서 최고점은 옥수수잎, 벼잎, 배추잎, 콩잎 그리고 누에인공사료에서 각각 196.3, 218.5, 87.8, 101.1, 201.5의 값으로 우화 후 6-8일 사이에 나타났고, 산란기간은 성충의 수명만큼 지속되었다.

Choi and Cho (1975)는 멸강나방의 암컷성충에 설탕물, 꿀물, 물을 공급하여 수명을 조사한 결과 각각 14.7일, 12.7일, 그리고 9.0일로 차이가 있었으며, 성충의 흡즙 기주별(아카시아, 크로바, 짚레, 바이렉스, 알팔파) 산란수는 바이렉스에서 가장 많았고, 알팔파에서 가장 적었다. Bae와 Park (1999)은 담배거세미나방의 성충수명은 인공사료, 고구마잎, 콩잎 및 들깨잎 순으로 길었고, 총산란수는 인공사료보다 천연기주에서 현저히 많아, 먹이에 영향을 받는다고 보고하였다.

생명표통계량

먹이에 따른 멸강나방의 생명표 통계량추정 결과는 Table 5와 같다. 1세대에 걸리는 평균시간(*T*)은 옥수수잎에서 39.0일로 다른 먹이들 보다 짧았고 콩잎에서는 53.1일로 길었으며, 1세대 순증가율(*R₀*)은 누에인공사료에서 1218.5로 가장 높았고 배추잎과 콩잎에서 각각 487.1, 438.5로 낮았다. 그리고 내적자연증가율(*r_m*)은 옥수수잎과 누에인공사료에서 각각 0.175,

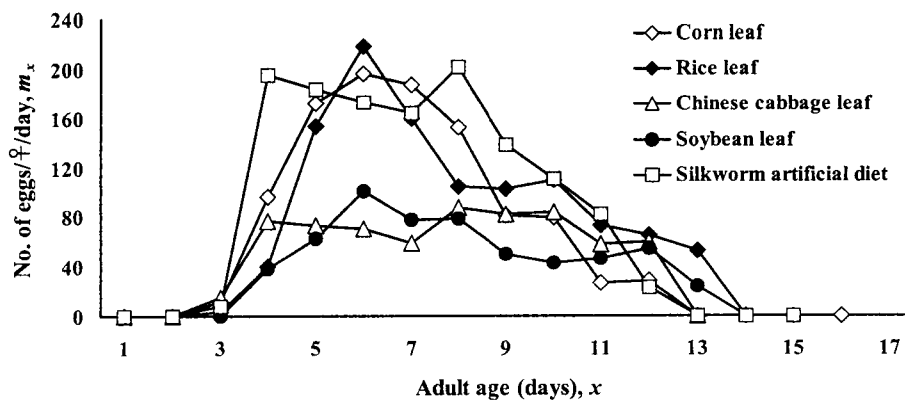


Fig. 2. Daily change in the number of eggs of the female of *P. separata* reared on different diets.

Table 5. Comparison of life-table parameters of *P. separata* reared on different hosts

Diet	R_0^a	T^b	r_m^c
Corn leaf	913.0	39.0	0.175
Rice leaf	989.9	45.4	0.152
Chinese cabbage leaf	487.1	45.4	0.136
Soybean leaf	438.5	53.1	0.115
Silkworm artificial diet	1218.5	41.1	0.173

^a Net reproductive rate per generation.

^b Mean generation time in day.

^c Intrinsic rate of natural increase.

0.173으로 다른 것에서 보다 높았다. 이 결과에서 옥수수잎과 누에인공사료가 멸강나방에 적합한 먹이라 생각된다.

이상의 결과에서 먹이가 멸강나방의 발육과 생식에 중요한 영향을 미치다는 것을 보여주었으며, 부화유충에서 성충까지의 생존율이 옥수수잎, 벼잎에서 크게 높았으므로 이 해충에 적합한 먹이라 생각되며, 배추잎과 콩잎은 전자에 비하여 적합성이 떨어지며, 양배추잎과 고구마잎은 부적합한 먹이라 생각된다. 양배추잎과 고구마잎으로 사육한 유충발육이 다른 먹이에 비하여 떨어지는 이유는 잎에 유충의 사망률을 높이는 저해물질 또는 생존에 필요한 필수영양분의 결여 및 잎의 경도(hardness)가 원인일 것으로 생각되나 이 점에 있어서는 자세한 검토가 있어야 할 것으로 생각된다. 특히 흥미있는 것은 누에 인공사료 공급에서 벼잎과 대동한 생존율을 나타낸 것은 사료조성의 주성분이 뽕잎임을 고려할 때 천연뽕잎에 대한 검토가 필요하다. 생명표 통제량추정을 통한 이 곤충의 증식에 적합한 먹이는 옥수수잎, 인공사료, 벼잎, 배추잎, 콩잎 순으로 나타났으나 이 결과는 제한된 7종의 먹이에 대한 것이므로 앞으로 종내의 품종별 또는 생육기별로 먹이의 적합성이 검토되어야 할 것으로 생각된다.

Literature Cited

- Anonymous. 1987. Major insect and other pests of economic plants in Japan. Jap. Soci. Appl. Entomol. Zool. 379 pp. Japan Plant Protection Association.
- Anonymous. 1994. Check list of insects from Korea. Entomol. Soci. Korea & Korean Soci. Appl. Entomol. 744 pp. Kon-kuk University Press.
- Bae, S.D., K.B. Park and Y.J. Oh. 1997. Effect of temperature and food source on the egg and larval development of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius. Korean J. Appl. Entomol. 36: 48~54.
- Bae, S.D. and K.B. Park. 1999. Effect of temperature and food source on pupal development, adult longevity and oviposition of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius. Korean J. Appl. Entomol. 38: 23~28.
- Casimero, V., R. Tsukuda, F. Nakasuji and K. Fujisaki. 2000. Effect of larval diets on the survival and development of larvae in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). Appl. Ent. Zool. 35: 69~74.
- Choi, K.M. and E.H. Cho. 1975. On the seasonal fluctuation of the oriental rice armyworm, *Mythimna separata* Walker and its artificial diet development. Exp. Res. Rept. RDA: 103~135.
- Harborne, J.B. 1988. Insect feeding preferences. pp. 147~185. In Introduction to ecological biochemistry, 3rd ed., 356 pp. Academic Press, New York.
- Hwang, C.Y., K.M. Choi and J.S. Park. 1987. Studies on bionomics of the oriental tobacco budworm, *Heliothis assulta* Guenee. Exp. Res. Rept. RDA. 29: 95~113.
- Koyama, J. 1970. Some consideration on the chronological records of outbreaks of the armyworm (*Leucania separata* Walker). Jap. J. Appl. Ent. Zool. 14: 57~63.
- Li, M.C., R.I. Chen, T.Y. Liu and C.S. Leo. 1965. Studies on the source of the early spring generation of the armyworm, *Leucania separata* Walker, in Kirin province. I. Studies on the hibernation and problems of the source. Acta. Entomologica Sinica 14: 21~31.
- Miller, J.R. and T.A. Miller. 1986. Insect-plant interactions. 342 pp. Springer-Verlag New York Inc.
- Oku, T. and T. Kobayashi. 1974. Early summer outbreaks of the oriental armyworm, *Mythimna separata* Walker, in the Tohoku district and possible causative factors (Lepidoptera: Noctuidae). Appl. Ent. Zool. 9: 238~246.
- Price, P.W. 1997. Insect ecology, 3rd ed., 874 pp. John Wiley & Sons Inc., New York.
- SAS Institute. 1991. SAS/STAT User's Guide: Statistics, version 6.04. SAS Institute, Cary, N. C.
- Sison, M. L.J. and T.G. Shanower. 1994. Development and survival of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on short-duration pigeonpea. J. Econ. Entomol. 87: 1749~1753.

(Received for publication 4 February 2002;
accepted 2 March 2002)