韓應昆誌 33(1) : 6~11 (1994)
Korean J. Appl. Entomol.

고추와 담배포장에서의 담배나방 알의 공간분포 및 기주식물내 분포

Intra- and Inter-plant Distribution of *Helicoverpa assulta* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs in Red Pepper and Tobacco Fields

한만위[1] · 이준호[2] · 손준수[3]
Man-Wi Han[1], Joon-Ho Lee[2] and Joon-Soo Son[3]

ABSTRACT The spatial distribution patterns of the oriental tobacco budworm (OTB), *Helicoverpa assulta*, eggs were studied in red pepper and tobacco fields. With a plant as a sample unit, Taylor's power law analyses indicated that OTB egg spatial patterns were clumped in red pepper fields (a=1.3914, b=1.1648) and were uniform in tobacco fields (a=1.6035, b=0.6880). In red peppers OTB eggs were found in leaves (76.2%), fruits (16.8%), stems (6.5%), and flowers (0.4%). The upper leaf surface (70.1%) contained significantly more eggs than the lower surface (25.2%). In tobaccos most eggs were also found in leaves. However, the lower surface (66.3%) contained significantly more eggs than the upper surface (33.7%).

KEY WORDS *Helicoverpa assulta*, egg, spatial distribution, within-plant distribution, red pepper, tobacco

초 록 담배나방 알의 고추와 담배에서의 포장내 공간분포와 식물내 분포 특성을 조사하였다. 식물체 1주를 표본단위로 할 때 고추포장에서의 알의 공간분포는 집중분포 유형(a=1.3914, b=1.1648)을 보였으나 담배포장에서는 균일분포 유형(a=1.6035, b=0.6880)을 보였다. 알의 고추 부위별 빈도는 잎(76.2%), 과실(16.8%), 줄기(6.5%), 꽃(0.4%)의 순서로 대부분 잎에 위치하였다. 잎에서는 70.1%가 잎의 앞면, 25.2%가 잎의 뒷면에 위치하였다. 담배의 경우도 대부분 잎에 위치하였으나, 잎 앞면과 잎 뒷면이 각각 33.7%와 66.3%로 잎 뒷면에 더 많이 위치하였다

검색어 담배나방, 알, 공간분포, 식물내 분포, 고추, 담배

해충관리를 위한 표본조사의 목적은 올바른 방제 결정을 내리기 위한 정보의 수집에 있으며 합리적인 표본조사법은 인적자원, 경제성 및 용이성과 함께 조사결과의 정확성, 정밀성 및 재현성과 같은 통계학적 기준을 고려해서 선택하여야 한다. 이를위한 중요한 기초자료로는 해충의 공간분포양식과 기주식물내 분포양식에 대한 정보이다.

담배나방(*Helicoverpa assulta*)은 담배와 고추의 주요해충으로서 발생시기가 불규칙하여 명확한 세대구분이 어렵다. 또한 이용하는 기주식물도 발생시기에 따라 다르기 때문에 포장에서의 발생패턴에 대한 개체군동태분석이 쉽지 않다(한 1993). 담배나방은 어린 유충기에 고추의 열매를 식입하기 때문에 담배나방의 고추에 대한 피해를 예측하고 방제여부를 결정하는데 있어서는 고추의 피해과율이나 유충밀도보다는 알밀도의 추정이 보다 이상적이다. 그러나 담배나방의 알은 크기가 작고 낱개로 있기 때문에 포장조사의 경우 많은 노력과 시간이 요구되는 어

[1]농업기술연구소 곤충과(Dept. of Entomology, Agricultural Sciences Institute RDA, Suwon 441-707, Korea)
[2]서울대학교 농업생명과학대학 농생물학과 곤충학 전공(Div. of Entomology, Dept. of Agricultural Biology, College of Agriculture and Life sciences, Seoul National Univ., Suwon 441-744, Korea)
[3]한국 인삼연초연구소 수원 경작시험장 병해충연구실(Agronomy division, Korea Ginseng & Tobacco research Institute, P.O. Box 59, Suwon, Korea)

려운 점이 있다. 그렇지만 식물체의 일정 부분에 있는 알의 수가 전체 식물체에 있는 알의 수와 밀접한 관계가 있다면 그 일부분만을 조사함으로써 밀도추정의 신뢰성을 유지하면서도 시간과 노력을 절감할 수 있을 것이다.

본 연구는 이러한 관점에서 담배나방 알의 고추와 담배에서의 식물내분포(株內分布)와 포장내 공간분포 특성을 파악하여 전체 식물체를 조사하지 않고도 알밀도를 추정할 수 있는 표본조사법을 수립하는데 필요한 자료를 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

고추

알의 공간분포 : 경기도 수원시 서둔동 소재 농업기술연구소 고추포장에서 1989년부터 1992년까지 4년간 담배나방 알의 밀도를 조사하였다. 고추 재배는 농촌진흥청(1988) "소득작목 기술중점지도방향"에 준하여 하였으며 품종은 1989년과 1990년은 "새로나", 1991년과 1992년은 "적토마"를 재배하였다. 농약은 사용하지 않는 것을 원칙으로 하였으나 1989년의 경우 묘 시기에 진딧물 방제를 위하여 살충제 1회, 7월 초순에 탄저병 방제를 위하여 살균제 1회 살포하였으며, 1991년은 포장에서 진딧물 방제를 위하여 6월 하순에 1회 살충제를 살포하였다. 알밀도 조사는 3~5일 간격으로 6월 하순부터 9월 말까지 육안으로 하였으며, 調査株數는 식물이 어렸을 때는 50주로 하였으나 식물체의 성장에 따라 조사에 소요되는 시간이 크게 증가하여 다 자란 때는 10주로 하였다. 조사 株의 선정은 임의로 이랑을 선정한 후 1989년과 1990년은 연속된 주에서 조사하였으며 1991년과 1992년은 隔株로 조사하고 조사된 이랑을 표시하여 조사된 주는 다시 조사되는 일이 없도록 하였다.

알의 기주식물내 분포 : 기주식물내에서의 담배나방 알분포를 조사하기 위하여 위에서 언급한 방법으로 재배한 고추 포장에 1991년 8월 중순 망(청색모기장)으로 된 cage(2×4 m; cage 당 28주의 고추 재식)를 2개 설치하고 실내에서 인공사육한, 우화후 1일 이내의 담배나방 성충 3쌍을 cage마다 방사한 후 다음날부터 매일 산란수와 산란부위를 조사하였다. 조사주수는 cage당 10주에서 15주를 육안전주조사(肉眼全株調査)하였으며, 수직적 위치는 신초로부터의 마디수를 토대로 하고 잎의 앞면, 뒷면, 모서리, 엽병, 줄기, 꽃, 과실 등을 대상으로 조사하였다.

담배

알의 기주식물내 분포 : 담배나방의 또하나의 기주인 담배에서 시기별 알 밀도변동과 기주 부위별 알 분포 조사를 위하여 1991년 한국인삼연초연구소 수원경작시험장내에 이식시기를 4월 27일과 6월 10일로 각각 달리하여 심은 NC744 품종에서, 6월 초순부터 8월 초순까지 시기에 따라 3~7일 간격으로 10~30주 육안전주조사하였다. 담배나방 알이 발견된 잎의 높이는 지제부에 가장 가까운 잎을 1번으로 하고 새로 나오는 순(bud)중 전개를 시작한 잎을 끝번으로 하여 위로 올라가면서 각잎의 순서를 결정하였다. 결과분석시에는 시기별 상대적 위치를 균일화하기 위해서 전체 잎수에 대한 잎의 위치를 나눈 값을 상대적 위치로 이용하였다. 담배나방 알이 발견된 부위별 위치는 잎의 앞면과 뒷면을 구분하여 기록하였다.

자료분석 : 공간분포 특성은 알 밀도가 아주 낮았던 1991년을 제외한 3년의 자료를 각 조사시기를 관측점으로 하여 Taylor(1961)의 평균밀도(m)와 분산(s^2)과의 관계식, $s^2=a(m)^b$을 이용하여 분석하였다. 파라메터 a와 b 값은, 양변을 자연대수로 변환한 직선회귀식, $\ln(s^2)=\ln(a)+b\times\ln(m)$으로부터 구하였다.

발견주율과 평균과의 관계는 Wilson & Room (1983)이 제안한 다음과 같은 관계식을 이용하였다.

$$P(i)=1-\mathrm{Exp}\{m\times[\ln(am^{b-1})\times(am^{b-1}-1)^{-1}]\}$$

여기서 P(i)는 알을 발견할 확률, m은 각 조사치의 평균이며, a와 b는 Taylor식의 파라메터 값이다.

표본크기의 결정은 Karandinos(1976)가 유도한 식, $n=(Z_{\alpha/2}/D)^2\ s^2/m^2$에서 Wilson *et al.*(1983)의 방법에 따라 Taylor(1961)의 식, $s^2=a(m)^b$을 치환하여 얻은 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$n=(Z_{\alpha/2}/D)^2\ a\ m^{b-2}$$

이 식에서 a, b, s, m은 Taylor식의 파라메터값이며, $Z_{\alpha/2}$는 정규분포에서 양의부분 확률값이고 D는 평균에 대한 비율값으로 정확도의 목표를 정하기 위해서

Table 1. Results of Taylor's power law analysis for *H. assulta* eggs in red pepper and tobacco fields

Year	Sample size	a	b	r^2	Range of means
Red pepper					
1989	27	1.3893**	1.1839**	0.9714	0.03-4.80
1990	22	1.1734**	1.2054**	0.9530	0.10-8.30
1992	17	1.8054**	1.2101*	0.9503	0.04-5.15
Overall	86	1.3914**	1.1648*	0.9551	0.03-8.30
Tobacco					
1991	13	1.6035**	0.6880**	0.9287	0.03-1.70

All values of parameters were significantly different from 1(t-test; *, $p<0.05$; **, $p<0.01$)
A sample unit was a single plant

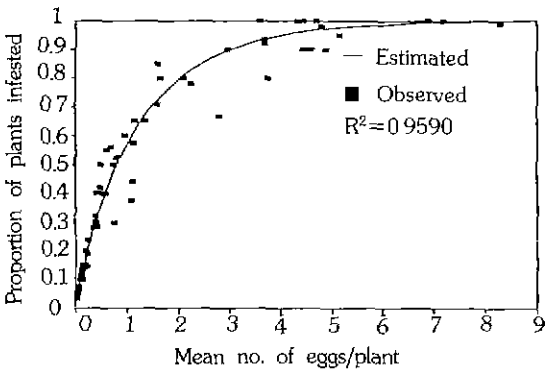

Fig. 1. Relationship between the proportion of red pepper plants infested with eggs of *H. assulta* and the mean number of eggs per plant.

미리 설정하는 임의의 상수값이다.

결 과

공간분포

고추포장에서의 알의 공간분포를 고추 1주를 표본단위로 하여 Taylor(1961)의 식을 이용하여 분석한 결과는 표1과 같다. 조사된 3년(1989, 1990, 1992) 모두 집중도를 나타내는 b값이 각각 1.18, 1.20, 1.21로서 집중분포 유형을 보였다. 또한 담배나방의 공간분포는 연도별 발생량의 차이와 관계없이 연도간에는 유의한 차이가 없었다. 따라서 3년 전체를 종합할 수 있었으며 Taylor식의 a값과 b값은 각각 1.3914와 1.1648이었다. 알밀도와 알의 주당 존재확률과의 관계를 Wilson & Room(1983)의 관계식을

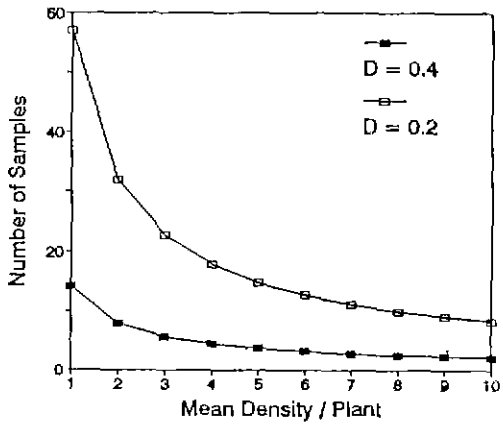

Fig. 2. Optimal sample size curves for eggs of *H. assulta* using total plant sampling in red peppers

이용하여 나타내면 그림 1과 같다. 모델의 적합성을 나타내는 r^2값은 0.9590으로 높은 적합성을 나타냈다. 고추 1주에 알이 존재할 확률은 주당 알밀도가 1이 될 때까지는 급격하게 상승하여 50%를 보이며 알밀도가 3이상이 되면 알 발견주율은 90% 이상이 되었다.

고추에서 담배나방 알밀도에 따른 표본크기를 Wilson & Room (1983)의 관계식을 적용하여 나타내면 그림 2와 같다. 대체로 밀도증가에따라 표본크기는 줄어드는 경향을 보이고 있다. 수원지방에서 담배나방에 의한 고추피해과율은 8월하순이 가장 높고 7월하순에서 8월상순의 알밀도가 피해와 관련이 높으며, 피해가 10% 이상이 될 때의 알밀도는 주당 2개 이상이다(한 1993). 따라서 방제여부의 결정에 중요한 담배나방 알밀도를 주당 2개로 가정하면 이 시기의 예찰에는 30주 정도에서 전체 알 밀도를 조사하거나 10~15주를 조사하여 알의 존재비율을 계산하면 방제결정에 필요한 밀도추정이 가능할 것으로 생각된다. 담배포장에서의 알의 공간분포는 담배 1주를 표본단위로 하였을 때 b값이 0.6880으로 고추포장에서와는 달리 균일분포양상을 보였다(표 1). 이것은 담배포장에서의 알 밀도가 고추포장에 비하여 매우 낮았기 때문으로 생각되지만 앞으로 이러한 기주에 따른 분포양상의 차이는 좀더 연구되어야 할 것이다.

기주식물내 분포

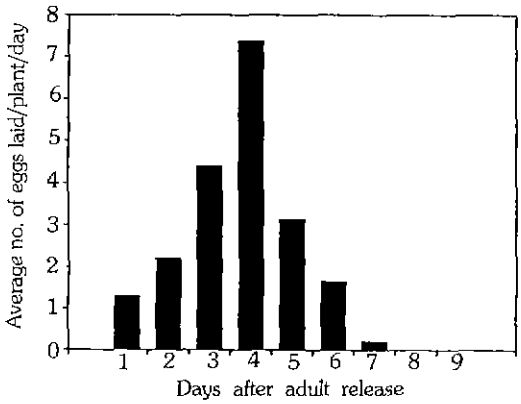

Fig. 3. Oviposition pattern of *H. assulta* in a red pepper field cage. Three pairs of one day old adults were released.

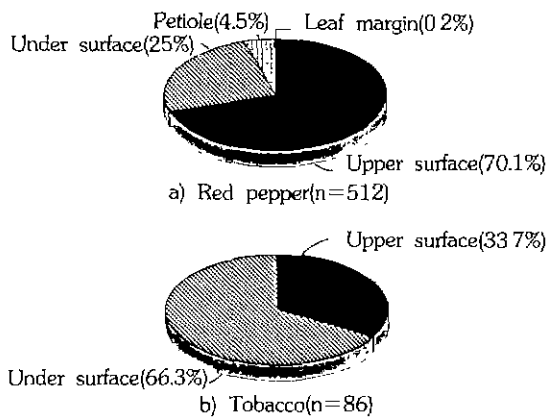

Fig. 5. Distribution of *H. assulta* eggs on the leaves of red pepper (a) and tobacco (b) plants.

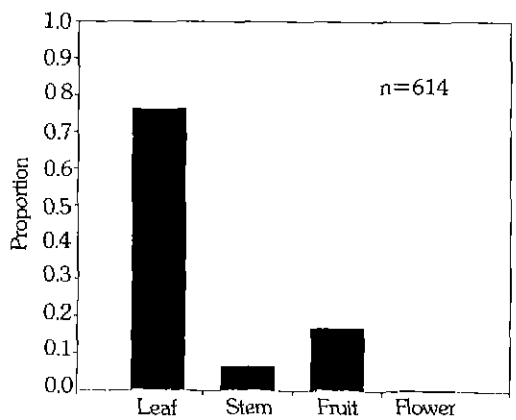

Fig. 4. Distribution of *H. assulta* eggs within red pepper plants.

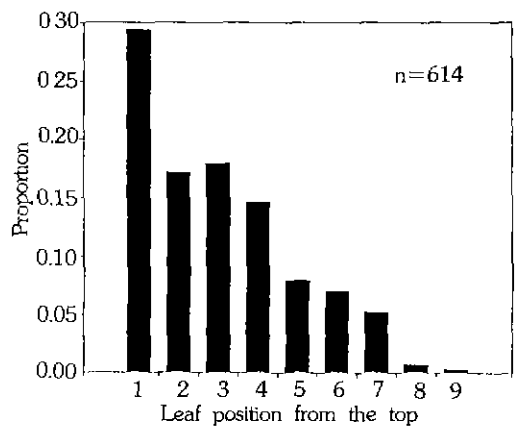

Fig. 6. Vertical distribution of *H. assulta* eggs in a red pepper plant.

고추포장의 망실내에 우화 후 24시간 이내의 성충 3쌍이 산란한 일별 주당 알밀도의 변화는 그림 3과 같다. 알은 성충 방사 1일 후부터 발견되었고 3~4일후에 가장 많았으며 5일후부터는 감소하기 시작하여 8일후부터는 더 이상의 산란을 볼 수 없었다.

알의 식물체 부위별 산란빈도를 보면 발견된 672개 알 중에서 잎(76.2%), 과실(16.8%), 줄기(6.5%), 꽃(0.4%)의 순서로 대부분이 잎에 산란되었다(그림 4). 잎에서는 70.1%가 잎의 앞면에 산란되었으며 다음이 잎 뒷면(25.2%)이었고 잎자루와 잎의 모서리에 산란된 것은 극히 적었다(그림 5a). 담배의 경우도 대부분이 잎에 산란되었지만, 잎 앞면과 잎 뒷면이 각각 33.7%와 66.3%로 잎 뒷면에 많이 산란되어 고추에서와는 다른 분포양상을 보였다(그림 5b).

고추에서 잎의 위치에 따른 산란 상황은 그림 6과 같다. 산란수는 신초로부터 멀어질수록(높이가 낮아질수록) 적어지는 경향을 나타냈는데 신초로부터 4마디까지에 산란된 알의 수는 전체 산란수의 70% 이상이었다. 그러나 담배의 경우, 식물체의 윗부분보다는 중상위 부위에 많아 고추와는 다른 양상을 보였다(그림 7).

고 찰

고추와 담배에서 담배나방 알의 식물체부위별 분포는 잎이 가장 많았고, 고추 잎에서의 각 부위별

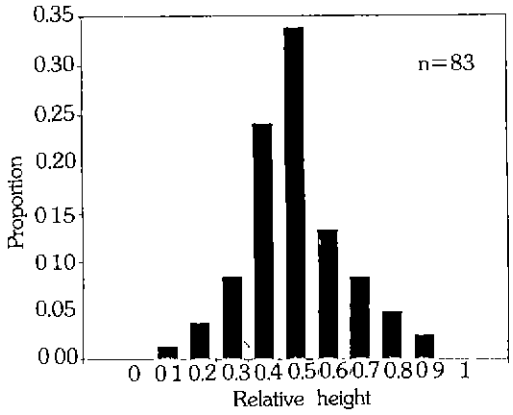

Fig. 7. Vertical distribution of *H. assulta* eggs in a tobacco plant. Relative height was calculated by dividing order of leaf from the bottom by total number of leaves.

산란은 70% 이상 잎 앞면에 산란하는 경향을 나타냈지만 담배잎에서는 뒷면에 많이 산란하는 경향을 보였으며(그림 3), 기주식물내에서의 수직적인 분포는 고추의 경우 생장점부위 혹은 상부 끝부분에 70% 이상이 산란됨을 알 수 있었는데, 황(1987)과 Nakazawa *et al.*(1971)도 비슷한 경향을 보고한 바 있다. 그러나 담배의 경우 고추와는 달리 기주의 수직 위치상 중상의 위치에 산란을 많이 하는 경향을 보여(그림 7) 작물에 따라 산란선호장소가 달라질 수 있는 것으로 생각된다.

성충의 작물 부위별 산란선호성에 관한 연구는 담배나방의 근연종인 *H. zea*에서 많이 이루어졌는데 기주에 따라 알의 식물체내 분포 패턴이 다양한 것으로 보고되고 있다. Grain sorghum의 경우 이삭내에서의 분포는 높이에 따른 특성은 없었으며(Kring *et al.* 1989), 땅콩의 경우 외곽의 어리고 연약한 잎에 주로 산란하는 경향을 나타냈고(Pencoe & Lynch 1982), 콩의 경우 가지의 끝부분에 산란을 선호하였으며(Terry *et al.* 1987) 잎의 앞면 보다는 잎의 뒷면에서 알이 많이 발견되었는데 이는 잎 뒷면의 구조가 털이 많이 나있어 산란하는데 좋거나 천적으로부터의 방어 혹은 작물체가 밤에는 잎이 말려서 밑부분이 위로 노출되기 때문이라고 추론하였다(Hillhouse & Pitre 1976). 목화의 경우 시기에 따라 다소간의 변이는 있지만 잎과 신초부위에 산란이 많이 된다고 하였다(Farrar & Bradley 1985). 이와 같이 기주식물이나 지역 혹은 환경에 따라서 담배나방의 산란 선호부위가 다양하게 나타나는 것은 Schneider *et al.*(1986)이 정리한 것 처럼 식물체의 물리, 화학적 성질에 의해 결정되어지는 것으로 생각된다. 즉, 진화상 산란된 알이 부화하여 섭식을 시작하는데 가장 유리한 환경을 선호하는 것으로 기주, 품종, 생육상태 등에 따라 다양하게 변화할 수 있는 것으로 생각된다

Taylor(1984)는 증식률이나 번식이 세대나 환경의 영향을 많이 받는 것과는 달리 공간분포 양식은 종의 독특한 특성으로 종의 생태적특성을 대변하는 요인이라고 하였으며 *Aphis fabae*의 경우 지역이나 기주와 관계없이 b값이 일정함을 예로 제시하였다. Wilson & Room(1983)은 목화에 발생하는 절지동물의 분포양식을 3가지 표본조사 방법을 이용하여 각각의 a, b값을 제시하였는데 조사방법이나 종에 따라 다양할 수 있다고 하였다. 담배나방의 근연종인 *H. punctigera*를 호주의 목화에서 육안조사한 경우 b값이 1.14로 담배나방과 매우 비슷하였으나 미국 Arkansas 지방의 grain sorghum에서 조사된 *H. zea*의 b값은 기생당한 알의 경우 1.18이었지만 전체 알의 경우 1.31로 다소 높은 경향을 보였는데 근연종간에도 다소의 차이가 있음을 알 수 있다(Wilson & Room 1983, Kring *et al.* 1989).

알밀도 조사는 많은 시간과 숙련된 예찰기술이 필요하기 때문에 예찰에의 이용이 쉽지는 않다. 따라서 알밀도를 쉽게 조사할 수 있는 간이조사방법의 개발이 필요하다. 포장에서 곤충의 존재유무확률과 밀도와의 관계는 Southwood(1978), Kuno(1991) 등에 의해 정리된 바 있는데 어떤 생물학적 의미를 내포하는 기능적 관계식이라기 보다는 단순히 두 요인간의 서술적 모델로서 설명되고 있다(Gerrard & Chiang 1970, Nachman 1981, Wilson & Room 1983). 이러한 밀도와 존재확률의 관계는 밀도추정이나 방제결정을 위한 축차표본조사법등에 이용하여 조사에 필요한 인력이나 시간비용을 줄일 수 있기 때문에 밀도조사가 어려운 응애나 진딧물류에서 시도가 많이 되고있다(Bechinski & Stoltz 1985, Nowierski & Gutierrez 1986, Hoy 1991, Schaalje 1991).

담배나방의 경우도 알밀도와 피해와의 관계가 정립되고 경제적 피해수준 혹은 경제적 피해 허용수준이 확립되면 방제여부 결정을 위한 간편한 축차

표본조사법 확립에 본 연구결과는 기초자료로 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 알의 기주식물내 분포 특성에서 언급한 바와 같이 약 49% 이상이 신초부근의 잎, 즉 고추의 윗부분 잎 앞면에 존재하므로 신초의 잎 앞면만을 조사한 경우와 주 전체 밀도와의 관계를 보다 정확히 설정하면 존재유무확률-밀도 관계식과 함께 방제 결정을 위한 간편한 알밀도 조사방법 개발에 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

Bechinski, E. J & R L. Stoltz. 1985. Presence-absence sequential decision plans for *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in garden-seed beans, *Phaseolus vulgaris*. *J. Econ. Entomol.* **78**: 1475-1480.

Farrar, R. R. Jr. & J. R. Jr. Bradley. 1985. Within-plant distribution of *Heliothis* spp.(Lepidoptera: Noctuidae) eggs and larvae on cotton in North Carolina. *Environ. Entomol.* **14**: 205-209.

Gerrard, D. J. & H. C. Chiang. 1970. Density estimation of corn rootworm egg populations based upon frequency of occurrence. *Ecology.* **51**: 237-245

한만위. 1993. 담배나방의 발생예찰 모델에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문집. 97pp.

Hillhouse, T L. & H. N. Pitre. 1976. Oviposition by *Heliothis* on soybeans and cotton. *J. Econ. Entomol.* **69**. 144-146.

Hoy, C. W. 1991. Variable-intensity sampling for proportion of plants infested with pest. *J. Econ. Entomol.* **84**: 148-157.

황창연. 1987. 담배나방의 생활사와 기생봉에 관한 연구. 충남대학교 박사학위 논문집. 56pp.

Karandinos, M. G. 1976. Optimum sample size and comments on some published formulae. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* **22**: 417-421.

Kring, T. J., W. C. Yearian & V. B. Steward. 1989. Within-plant and within-panicle distribution of *Heliothis zea*(Lepidoptera: Noctuidae) and *Celama sorghiella*(Lepidoptera: Noctuidae) eggs in grain sorghum. *Environ. Entomol* **18**: 150-156.

Kuno, E. 1991. Sampling and analysis of insect populations. *Annu. Rev. Entomol.* **36**: 285-304.

Nachman, G. 1981. A mathematical model of the functional relationship between density and spatial distribution of a population. *J. Anim. Ecol.* **50**: 453-460.

Nakazawa, K., Y. Kimura & A. Hosoda. 1971. Lepidopterous pests control in peppers with special reference to the biology of the Oriental tobacco budworm, *Helicoverpa assulta* (Guenee) (Lepidoptera: Noctuidae). *Bull. of Hiroshima Agric. Exp. Station.* **30**: 53-76. (In Japanese).

농촌진흥청. 1988. 1988년도 소득작목기술 중점 지도방향(채소, 과수, 잠업, 유지작물). 279pp.

Nowierski, R. M. & A P. Gutierrez. 1986. Numerical and binomial sampling plans for the walnut aphid, *Chromaphis juglandicola* (Homoptera. Aphididae). *J Econ. Entomol.* **79**: 868-872.

Pencoe, N. L. & R. E. Lynch. 1982. Distribution of *Heliothis zea* eggs and first-instar larvae on peanuts. *Environ. Entomol.* **11**: 243-245.

Schaalje, G. B., R. A. Butts & T. J. Lysyk. 1991. Simulation studies of binomial sampling: A new variance estimator and density predictor, with special reference to the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). *J. Econ. Entomol.* **84**: 140-147.

Schneider, J C., J. H. Benedict, F Gould, W R. Jr. Meredith, M. F. Schuster & G. R. Zummo. 1986 Interaction of *Heliothis* with its host plants. *Southern Cooperative series Bull.* **316**: 3-21.

Southwood, T. R. E. 1978 Ecological Methods. Chapman & Hall. London. 524pp.

Taylor, L R. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature.* **189**: 732-735.

Taylor, L. R. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annu Rev. Entomol.* **29**: 321-357.

Terry, I., J. R. Jr. Bradley & J. W. van Duyn 1987 Within-plant distribution of *Heliothis zea*(Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs on soybeans *Environ Entomol.* **16**: 625-629.

Wilson, L. T. & P. M. Room. 1983. Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton with implications for binomial sampling. *Environ. Entomol.* **12**: 50-54.

(1993년 9월 28일 접수)