소규모 감귤원에서 네눈썹가자나방 유충의 공간분포 특성에 대한 이해

최경산 · 김동순^{1,2*}

농촌진흥청 국립원예특작과학원 온난화대응농업연구센터

¹제주대학교, 생명자원과학대학, SARI, 식물자원환경 전공, ²제주대학교, 아열대농업생명과학연구소

Spatial Distribution Pattern of *Ascotis selenaria* (Lepidoptera: Geometridae) larvae in a Small-Scale of Citrus Orchard

Kyung San Choi and Dong-Soon Kim^{1,2*}

Agricultural Research Center for Climate Change, National Institute of Horticultural & herbal science, Rural Development Administration, 690-150, Korea

¹Faculty of Bioscience and Industry, College of Applied Life Science, SARI, Jeju National University, Jeju 690-756, Republic of Korea

²The Research Institute for Subtropical Agriculture and Biotechnology

ABSTRACT: This study was conducted to understand the settlement process of *Ascotis selenaria* larvae into citrus orchards with respect to oviposition site and analysis of the spatial distribution pattern of the larvae. *A. selenaria* eggs were not found on citrus trees in field and green house, but not on citrus trees in the field. *A. selenaria* larvae showed a significant clump distribution in the greenhouse. In the open citrus field, the index of dispersion was around 1.0 in most cases, with a weak clumping degree. However, the *d*-statistic was between -1.96 and 1.96, indicating a statistically significant random distribution. In addition, the Green's index (a clumping index) was very low in all cases, even though the clump distribution was accepted. for most samples, the probability distribution of larval frequency in the field satisfied the probability distribution functions of Poisson (random pattern) and the negative binomial (clump pattern) distribution. In addition, the temporal distribution of the larvae in the open field showed a pattern which was formed by colonizers from outside oviposition sites. Further, the difference in larval spatial distribution between field and greenhouse orchards was discussed.

Key words: *Ascotis selenaria*, Spatial distribution, Dispersion index, Clumping index, Citrus

초 록: 본 연구는 네눈썹가자나방 유충의 공간분포 특성을 분석하여 산란처와 관련된 유충의 감귤원 내로 정착과정을 이해하고자 실시하였다. 노지와 하우스 모두 감귤나무에서는 알이 발견되지 않았고, 부지화 시설재배 하우스의 방충망에서 발견되었다. 시설재배 부지화에서 네눈썹가자나방 유충은 통계적으로 유의하게 집중분포를 보였다. 온주밀감 노지재배원에서 분산지수(*ID*)는 전체적으로 1.0내외로 약한 집중 정도를 나타냈다. 하지만, 검정통계량인 *d*-값은 대부분 조사일에 -1.96에서 1.96 사이에 있어 임의분포가 통계적으로 유의하였다. 집중정도를 나타내는 *GI* 지수는 전체적으로 낮아 집중정도가 약하였으며, 집중분포로 검정된 경우에도 집중정도는 크지 않았다. 네눈썹가자나방 유충수의 빈도분포는 포아송(임의분포)과 음이항 분포(집중분포)를 동시에 만족시키는 경우가 많았다. 또한 유충 공간분포의 시간적 변화는 초기 정착지점에서 분산하는 양상이 아니라 무작위로 외부로부터 비산하여 새로 정착되는 양상을 보였다. 기타 시설과 노지감귤원에서 네눈썹가자나방 유충 공간분포 양상의 차이에 대하여 고찰하였다.

검색어: 네눈썹가자나방, 공간분포, 분산지수, 집중지수, 감귤

감귤(*Citrus* spp.)에 발생하는 자나방류 7종 중에서 네눈썹가자나방(*Ascotis selenaria*)이 감귤 과실을 가해하여 연간 약 4~5%의 피해를 유발하는 것으로 최근 보고되었다(Choi et al.,

2011b). 외국에서도 네눈썹가자나방은 아보카도(*Persea americana*), 커피(*Coffea* spp.), 차(*Thea sinensis*), 오렌지(*Citrus sinensis*), 레몬(*Citrus limon*), 사과(*Malus* spp.), 땅콩(*Arachis hypogaea*), 알팔파(*Medicago sativa*) 등 다양한 작물에 심한 피해를 주는 것으로 알려져 있다(Wysoki, 1982).

Abasa(1972)는 네눈썹가자나방 암컷이 지상에서 약 60 cm

*Corresponding author: dongsoonkim@jeju.ac.kr

Received May 1 2013; Revised June 6 2013

Accepted July 1 2013

높이의 커피나무 줄기에 머물며 산란처는 지상에서 122 cm 이상을 넘어가지 않았다고 보고하였고, Erichsen and Schoeman (1994)는 네눈썹가지나방 암컷이 아보카도 줄기나 가지의 밀폐된 장소에 산란한다고 보고하였다. Choi et al. (2011a)도 실내에서 네눈썹가지나방 암컷이 틈새에만 산란하는 특성을 보였다고 보고하였다. 현재까지 국내 감귤원에서 네눈썹가지나방의 산란처에 대해 알려져 있지 않다. 특이하게도 네눈썹가지나방의 암컷 당 산란수는 1,019~2,955개 범위에서 매우 많지만 (Choi et al., 2011a), 노지 감귤원에서 발견되는 유충 수는 이와 비례하지 않는다(Choi et al., 2011b). 일반적으로 난괴 상태로 알을 낳은 곤충의 경우 산란지점을 중심으로 심한 집중분포를 나타내기 때문에 자나방의 공간분포를 파악하다면 감귤원에서 정착과정을 이해할 수 있을 것이다.

곤충을 포함한 생물의 공간분포(spatial distribution) 양상은 기본적으로 균일분포(uniform), 임의분포(random), 집중분포(clumped) 등 3가지 유형으로 요약할 수 있다. 이러한 고유의 분포상은 궁극적으로 생물과 환경 또는 개체와 개체 간의 상호작용의 결과로써 나타난다. 더불어 시간적인 공간분포상의 변화(temporal distribution)에 대한 파악은 개체군의 성장과 분산, 정착 등 곤충의 생활계를 이해하는데 단서가 될 수 있다 (Ludwig and Reynolds, 1998). 생물의 공간분포를 결정하는 방법으로 분포지수(분산-평균비, Green's index 등), 분포모형(포아송분포, 부의 이항분포 등), 회귀모형(Taylor's power index 등), 거리측정법, 기타 지구통계학(geostatistics) 등이 제시되었다. 회귀모형은 표본조사법의 개발에 필수적이고(Nyrop and Binns, 1991), 지구통계학은 공간구조를 분석하는 도구로써 지리적 연속면을 제작하여 지하자원 탐사 등 자원의 공간분포를 토대로 매장량을 추정하는데(Kitanidis and Vomvoris, 1983) 유용하게 사용된다. 거리측정법은 두 개체 간의 거리를 기반으로 독립성을 검정하여 분포양상을 결정한다(Ludwig and Reynolds, 1998). 소규모 감귤원에서 네눈썹가지나방 유충의 단순한 분포양식을 분석하고자 하는 본 연구의 목적으로 볼 때 분포지수와 분포모형의 방법을 이용하는 것이 적당한 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 네눈썹가지나방의 산란처를 조사하고, 유충의 분산지수, 집중지수 및 확률빈도분포 등을 분석하여 산란처에 따른 유충의 감귤원 내로 정착과정을 이해하고자 실시하였다. 기존자료(Choi et al., 2011b)를 유충의 분산지수, 집중지수 및 확률빈도분포 등 새로운 측면에서 분석하여 산란처에 따른 유충의 감귤원 내로 정착과정에 대한 추가적인 이해를 얻고자 실시하였다.

재료 및 방법

산란처 및 유충 조사

본 연구의 분석에 이용한 자료는 Choi et al. (2011b)이 본 연구와는 다른 측면에서 발표한 조사 자료로써 다음과 같이 조사되었다.

네눈썹가지나방의 감귤원 내 산란여부 및 공간분포를 구명하기 위하여 제주도 서귀포시 하례리 감귤시험장에 있는 노지 온주감귤원(1,200 m²)과 부지화(Shiranui : [*C. unshiu* × *C. sinensis*] × *C. reticulata*) 시설재배 하우스(165 m²)에서 난괴 및 유충밀도를 조사하였다. 노지감귤원은 돌담과 삼나무(*Cryptomeria japonica*)로 조성된 방풍림으로 둘러싸여 있었으며, 중앙에 3 m 폭의 소로를 기준으로 20년생 감귤이 3 × 3 m 재식간격으로 나무가 10열 10~11행으로 양쪽에 배치되어 있었다. 부지화는 5년생 나무로 총 9주가 2열로 재식간격은 약 3 m 되도록 교차되어 재식되어 있었다.

노지 온주감귤원에서 2008년부터 2010년까지 약 7일 간격으로 전수조사를 실시하였으며, 신초와 과실을 육안으로 조사하였고 발견된 난괴 및 유충을 기록하였다. 유충의 경우 발육단계별 구분하였고 나무 당 마리수로 나타내었다. 발견된 유충은 모두 제거(채집)하였으며, 따라서 다음 조사시에 발견되는 유충은 모두 새로 정착한 것으로 간주하였다. 또한 산란처를 조사하기 위하여 감귤나무줄기 부분도 같이 조사하였다. 부지화 시설재배원에서 조사는 2007년과 2008년에 노지감귤원과 같은 방법으로 실시하였다. 다만, 산란처를 조사하기 위하여 하우스 시설의 부속물이 포함되었다.

유충의 공간분포 분석

네눈썹가지나방의 산란처와 관련하여 감귤원으로 정착과정을 이해하기 위하여 유충의 공간분포 양식을 분석하였다. 성충이 난괴상태로 알을 낳기 때문에 감귤나무에 산란한 난괴에서 유충이 부화하여 분산하는 경우는 심한 집중분포를 나타낼 것으로 가정하였다.

분포모형의 적용. 감귤나무 1주를 표본단위로 취급하여 표본단위 당 네눈썹가지나방 유충수에 따른 표본의 빈도분포를 구하고, 포아송분포(Poisson distribution)와 음이항분포(Negative binomial distribution)에 적합하여 분포양식을 분석하였다. 포아송분포를 따르는 경우 임의분포, 음이항분포를 따르는 경우 집중분포하는 것으로 판단하였다(Ludwig and Reynolds, 1998).

검정통계량은 χ^2 -값의 근사치가 되는 ‘(관측치-기대치)²/기대치’의 합으로 구하였고, 자유도는 ‘관측치/기대치 조합수-2’에서 검정하였다(Ludwig and Reynolds, 1998).

분산지수(dispersion index)

$$ID = \frac{s^2}{\bar{X}} \quad (\bar{X} : \text{표본평균}, s^2 : \text{표본분산})$$

표본수가 30 이상인 노지감귤원의 검정통계량은 $d = \sqrt{2\chi^2 - \sqrt{1(N-1)-1}}$ 로 구하였으며, 총 발견된 개체수(N)에 따라 카이스퀘어 값의 근사치를 $\chi^2 = ID(N-1)$ 와 같이 추정하였다(Ludwig and Reynolds, 1998). Elliott(1973)은 검정통계량 d 가 -1.96에서 1.96 사이에 있는 경우는 임의분포, -1.96보다 작으면 균일분포, 1.96보다 크면 집중분포하는 것으로 정의하였다(Ludwig and Reynolds, 1998). 표본수가 30 이하인 하우스 부지화 과원에서는 자유도 $n-1$ 에서 검정통계량으로 χ^2 을 이용하여 검정하였다. 검정통계량 값이 χ^2 -확률분포표에서 확률(P) 값 0.975 ~ 0.025 사이에 있으면 임의분포, 0.975보다 큰 확률 구간에 위치하면 규칙분포, 0.025보다 작은 확률 구간에 위치하면 집중분포로 판단하였다(Ludwig and Reynolds, 1998).

Green's index (집중지수)

$$GI = (ID - 1) / (N - 1) \quad (N : \text{총개체수})$$

Green(1966)이 제시한 GI는 표본의 크기(n)와 독립적으로 집단 간의 집중정도를 비교할 수 있다. 이 값이 1.0 즉 한 표본에서 만 모든 개체수가 발견되는 경우 최대 집중을 나타내고, 0.0에 근접할수록 임의분포하는 것으로 판단하였다(Ludwig and Reynolds, 1998).

유충 공간분포의 시간적 변화

유충 공간분포의 시간적 변화를 파악하기 위하여 일정기간 간격으로 채집된 유충 자료를 시간적으로 누적하여 분산양상을 비교하였다. 성충발생기와 관련된 유충의 분포양상을 명확히 하기 위하여 2011년 1세대 성충 발생기에 한하여 채집된 유충자료를 이용하였다(6월 1일, 6월 8일, 6월 15일, 6월 22일). 즉 이렇게 함으로써 다른 세대와 혼합되지 않고 과원으로 정착하는 유충의 양상을 파악할 수 있었다. 과원에 식재된 나무의 행과 열을 각각 x와 y 좌표로 취급하여 조사 지점(나무)별 유충수를 4단계(0, 1, 2, 3)로 표준화하여 등고선 그래프로 표현하였다.

Fig. 1. *A. selenaria* female laying eggs between tangled threads of the net in the citrus greenhouse.

결 과

산란처 조사 결과

조사기간 동안 감귤 잎과 과실에서 유충은 발견되었지만 난과(알)와 성충은 노지감귤 나무에서 전혀 관찰되지 않았다. 부지화 시설하우스에서 나무에서는 난과가 관찰되지 않았으나, 하우스 시설 부속물인 방충망 틈새에서 관찰되었다(Fig. 1). 또한 네눈썹가지나방 성충이 방충망과 시설내부 비닐에 머물러 있는 것이 종종 관찰되었다.

유충 공간분포 분석

부지화 시설재배원에서 조사한 자료 중에서 공간분포 통계량의 산출은 2007년 6월 17일과 7월 10일 자료를 이용하여 실시하였고, 그 결과는 Table 1에 나타내었는데, 다른 시기 조사된 자료는 발생밀도가 낮아 무의미하였기 때문에 제외하였다. 감귤나무 당 각각 평균 2.4와 2.1마리의 유충이 발생하였다. 두 시기의 분산지수인 ID 값은 각각 10.96과 2.90로 집중분포를 나타내었고, 통계적으로 유의성이 있었다(see χ^2 -statistics in Table 1). 집중의 정도에서 6월 17은 분산이 평균의 차이보다 매우 크기 때문에 강한 편이었고, 7월 10일 자료에서는 다소 약한 것으로 나타났다.

온주밀감 노지재배원에서 채집된 유충이 10마리 이상 되는 조사일의 자료를 이용하여 유충의 공간분포를 분석한 결과는 Table 2와 같았다. 분산지수(ID)는 전체적으로 1.0 보다 약간 큰 값으로 약한 집중 정도를 나타냈다. 하지만, 검정통계량인 d -값은 대부분 조사일에 -1.96에서 1.96 사이에 있어 임의분포가 통계적으로 유의하였다. 다만, 2009년 7월 6일, 2010년 6월 15

Table 1. Spatial distribution indices of *A. selenaria* larvae on citrus trees in the citrus greenhouse, 2007

Date Investigated	Total no. of larvae collected	Mean ($\bar{X}$)	Variance (s^2)	Dispersion index		Clumping index (GI)
				ID	χ^2 -statistics	
Jun. 17	22	2.4	26.8	10.96	87.6** ¹	0.47
Jul. 10	19	2.1	6.1	2.9	23.2**	0.11

¹Significant at $P=0.01$ by χ^2 -square test.

Table 2. Statistical analysis results for the spatial distribution indices of *A. selenaria* larvae on citrus trees in a citrus orchard on Jeju Island

Date Investigated	Total no. of larvae collected	Mean ($\bar{X}$)	Variance (s^2)	Dispersion index		Clumping index (GI)	χ^2 -statistics			
				ID	d-statistic		Poisson	df	Negative binomial	df
2008 Jul. 22	47	0.52	0.65	1.25	1.7	0.006	4.88 ^{ns1}	2	1.02 ^{ns}	1
2009 Jun. 2	13	0.14	0.17	1.21	1.18	0.015	2.29 ^{ns}	2	0.54 ^{ns}	1
2009 Jul. 6	19	0.21	0.39	1.86	4.94	0.048	74.46**	2	2.0 ^{ns}	1
2010 Jun. 8	15	0.14	0.16	1.14	1.04	0.01	1.76 ^{ns}	2	0.42 ^{ns}	1
2010 Jun. 15	42	0.38	1.16	3.05	10.96	0.049	29.03**	3	0.99 ^{ns}	2
2010 Jun. 22	16	0.15	0.14	0.93	-0.051	-0.001	0.05 ^{ns}	2	4.04*	1
2010 Jul. 20	18	0.16	0.19	1.19	1.31	0.011	3.25 ^{ns}	2	0.90 ^{ns}	1
2010 Aug. 23	12	0.11	0.1	0.91	-0.73	-0.009	0.76 ^{ns}	1	- ²	
2010 Aug. 31	15	0.14	0.25	1.79	5.15	0.058	94.3**	2	1.12 ^{ns}	1

¹ns, not significant; *, significant at $P=0.05$; and **, significant at $P=0.01$ by χ^2 -square test.

²No available data.

일과 8월 31일의 d -값이 1.96보다 큰 값으로 집중분포가 유의성이 있었다. 집중정도를 나타내는 GI 지수는 전체적으로 낮아 집중정도가 약하였으며, 집중분포로 검정된 경우에도 집중정도는 크지 않았다. 네눈썹가 지나방 유충수의 빈도분포 자료의 포아송과 음이항분포 모형에 대한 적합도에 대하여 χ^2 -통계량을 통하여 검정한 결과 두 분포의 양쪽에 만족되는 경우가 많았다. 자료 중 2009년 7월 6일, 2010년 6월 15일과 8월 31일 자료는 통계적으로 유의하게 포아송 분포와 차이가 있었고, 음이항 분포와는 차이가 없어 집중분포를 나타냈다. 반면, 2010년 6월 22일 자료는 음이항분포와 유의하게 차이가 있고 포아송 분포와 차이가 없어 임의분포를 나타냈다.

유충 공간분포의 시간적 변화

2011년 네눈썹가 지나방 1세대 성충이 산란한 알에서 발생한 유충들의 감귤원으로 정착 및 분포의 시간적 변화는 Fig. 2와 같았다. 감귤원에 정착을 시작한 초기인 6월 1일에는 좌표 (2, 10) 지점(x, y)에서 유충이 집중적으로 발견되었다. 일주일 후인 6월 8일에는 새로운 여러 지점에서 유충이 일정한 경향없

Fig. 2. A contour map showing the spatial and temporal distribution of *A. selenaria* larvae on citrus trees. The data points are based on the cumulative number of larvae per tree collected during the period of the 1st adult flight (please see details in Choi et al., 2011b).

이 발견되었다. 6월 15일 조사에서는 좌표 (1, 4)와 (7, 3) 지점에서 새로운 콜로니가 형성되었다. 기타 다수의 지점에서 낮은 밀도로 유충의 정착이 새롭게 확인되었다. 6월 22일 분포는 근본적으로 6월 15일과 다르지 않았다.

고찰

외국에서 커파(Abasa, 1972)와 이보카도(Erichsen and Schoeman, 1994)에 네눈썹가지나방이 산란한다는 보고가 있다. 그러나 본 조사에서 네눈썹가지나방 알이 감귤나무에서 발견되지 않았다. Choi et al. (2011a)는 실내에서 네눈썹가지나방의 암컷은 틈새 부위에만 산란하는 습성을 보인다고 보고 하였고, Erichsen and Schoeman (1994)도 아보카도의 줄기나 밀폐된 장소에 네눈썹가지나방 암컷이 산란하는 것으로 보고하였다. Choi et al. (2011a)는 네눈썹가지나방 암컷은 산란관 옆에 자극이 주어지면 산란이 이루어진다고 보고하였다. 이러한 산란행동으로 볼 때, 감귤나무는 줄기 표면이 매끈하고 줄기가 접하는 부위가 거의 없어 네눈썹가지나방 암컷 성충이 산란장소로 선택하지 않는 것으로 보인다. 부지화 하우스에서는 방충망 틈에서 산란한 알이 발견되었는데 방충망 모눈의 좁은 틈이 네눈썹가지나방의 산란처로 적당했던 것으로 보인다.

네눈썹가지나방의 암컷의 산란수는 평균 1,857개로 알려져 있기 때문에(Choi et al., 2011a) 때문에 감귤나무에 산란하여 유충이 분산했다면 강한 집중분포로 나타날 것이다. 하지만 본 조사결과 노지감귤에서 유충의 분포는 임의분포에 가까웠으며, 약한 집중분포를 하는 것으로 나타났다. 다만, 하우스 부지화에서는 유충의 분포양식이 강한 집중분포를 나타냈다. 종합적으로 판단할 때 노지와 시설에서 네눈썹가지나방 유충은 서로 다른 경로를 통하여 감귤원(나무)에 정착한 것으로 추정된다.

자나방류 중에서 네눈썹가지나방과 유사한 산란습성을 갖는 겨울물결자나방(*Operophtera brumata*) 암컷은 과원 주변에 있는 떡갈나무(*Quercus* spp.) 줄기의 틈새부위에 산란하고, 부화 유충은 실을 만들어 바람을 타고 분산하는 것으로 보고되어 있다(Embree, 1970; Edland, 1971). 노지 감귤원에서 주변 방풍수인 삼나무(*Cryptomeria japonica*)나 수목의 거친 껍질 틈 등은 네눈썹가지나방 산란처의 조건을 잘 갖추고 있다. 네눈썹가지나방 부화 유충은 부화한 자리에서 바로 섭식행동에 들어가지 않고, 분산하거나 위로 올라가려는 습성을 보인다(Choi et al., 2011a). 즉 네눈썹가지나방은 겨울물결자나방과 유사한 분산행동을 통하여 감귤원에 정착하는 것으로 추정할 수 있다. 감귤원 주변의 수목에서 부화한 유충이 임의적으로 감귤원 안으로 비산해오므로 전체적으로 임의분포를 보이겠지만, 정착

위치가 집중될 때는 집중분포도 나타낼 수도 있다고 판단된다. 이러한 네눈썹가지나방 유충의 비산이동을 통한 과원으로 정착과정은 과원내에서 네눈썹가지나방 유충의 시간적 분포의 변화를 통하여 확인할 수 있다. 즉 과원 내 산란지점에서 유충이 분산하였다면, 초기 정착지점을 중심으로 분포가 확산되는 양상을 보였을 것이다. 하지만, 새로운 지점에서 유충의 정착이 계속 확인되었고, 매 조사시기 마다 발견된 유충을 제거하였기 때문에 과원 외부에서 비산하여 임의적으로 정착하는 것으로 판단된다.

노지 감귤과는 달리 시설 감귤에서는 다른 형태로 유충의 정착이 나타날 수 있다. 방충망(또는 하우스 부속물 등)에 산란한 알에서 부화한 유충은 하우스 자재를 타고 위쪽으로 올라가다가(Choi et al., 2011a) 아래쪽으로 떨어지게 되므로 네눈썹가지나방 유충의 분포는 노지 감귤원에서는보다 시설 감귤에서 더 집중적으로 나타날 수 있다. 또한 방충망에 낀 난과가 땅바닥에 떨어져 있는 것 간혹 관찰되고, 나무 수관 아랫부분에 자나방 유충이 발견되는 것으로 보아 땅으로 기어서 이동하는 것도 생각할 수 있다(Personal observation).

본 연구에서는 분산지수, 집중지수 및 분포모형을 이용하여 감귤원에서 네눈썹가지나방 유충의 분포특성을 분석하고, 이를 토대로 이 해충의 산란처와 감귤원으로 정착과정을 추정하였다. 이러한 추정결과가 정당한지는 실제 포장 확인을 통하여 검증되어야 할 것이다. 다만, 향후 보다 더 개선된 정보를 얻을 때 까지 본 연구결과는 감귤원에서 네눈썹가지나방의 관리를 위한 기초자료를 제공해 줄 수 있을 것이다.

사사

본 연구는 농촌진흥청 시험연구과제인 ‘감귤원 자나방류 해충 발생 및 방제에 관한 연구(과제번호 : PJ004360)’로 수행되었습니다.

Literature Cited

- Abasa, R.O., 1972. Fields and laboratory studies on the adults of *Ascotis selenaria reciprocata* (Wik.) (Lep., Geometridae), a pest of arabica coffee in Kenya. Bulletin of Entomol. Research 61, 559-563.
- Choi, K.S., Park, Y.M., Kim, D.-S., 2011a. Rearing method for *Ascotis selenaria* (Lepidoptera: Geometridae) using an artificial diet. Korean J. Appl. Entomol. 50, 55-63.
- Choi, K.S., Park, Y.M., Kim, D.-S., 2011b. Seasonal occurrence and damage of Geometrid moths with particular emphasis on

- Ascotis selenaria* (Geometridae: Lepidoptera) in citrus orchards in Jeju, Korea. Korean J. Appl. Entomol. 50, 203-208.
- Elliott, J. M. 1973. Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. Scientific publication no. 25, Freshwater Biological Association, Ambleside, Westmorland, Great Britain.
- Edland, T., 1971. Wind dispersal of winter moth larvae *Operophtera brumata* L. (Lep., Geometridae) and its relevance to control measures. Norsk Ent. Tidsskr. 18, 103-105.
- Embree, D.G., 1970. The diurnal and seasonal pattern of hatching of winter moth eggs, *Operophtera brumata* (Geometridae: Lepidoptera). Can. Ent. 102, 759-768.
- Erichsen, C., Schoeman, A.S., 1994. Identification and potential pest-status of looper on avocado. South African Avocado Grower's Ass. Yearbook 17, 113-116.
- Green, R.H., 1966. Measurement of non-randomness in spatial distributions. Researches Population Ecology 8, 1-7.
- Kitanidis, P.K., Vomvoris, E.G., 1983. A geostatistical approach to the inverse problem in groundwater modeling (steady state) and one-dimensional simulations, Water Resources Research 19, 677-690.
- Ludwig, J.A., Reynolds, J.F., 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York.
- Nyrop, J.P., Binns, M., 1991. Quantitative methods for designing and analyzing sampling programs for use in pest management, in: Pimentel, D. (ed.), Integrated pest management. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 67-132.
- Wysoki, M., 1982. A bibliography of the giant looper, *Boarmia (Ascotis) selenaria* Schifferrmüller, 1775 (Lepidoptera: Geometridae), for the years 1913-1981. Phytoparasitica 10, 65-70.