

파 포장에서 파밤나방 유충의 공간분포

Spatial Distribution Pattern of Beet Armyworm, *Spodoptera exigua*(Hubner), Larvae in the Welsh Onion Field

고현관¹ · 최재승 · 엄기백¹ · 최귀문¹ · 김정화²

Goh, H. G¹, J. S. Choi, K. B. Uhm¹, K. M. Choi¹, and J. W. Kim²

ABSTRACT Larval densities and spatial distribution patterns of beet armyworm, *Spodoptera exigua*, were studied in the welsh onion field located in Asan from June to November, 1991. During the period, there were two density-peaks; mid August and mid-late September. The larvae showed clumped distribution patterns, but the patterns changed into random as larval density decreased in October. Each larval instar showed clumped pattern except 6th instar surveyed on September 25, which distributed in a random pattern. The larval distribution pattern were also influenced by the host plants; clumped pattern on such host as red pepper and welsh onion, versus random pattern on such hosts as chrysanthemum, peanut and soybean.

KEY WORDS Beet armyworm, *Spodoptera exigua*, spatial distribution

초 록 파에서의 파밤나방 유충의 시기별 공간분포 양식을 충남 아산군 인주면 파 재배 단지에서 조사하였다. 유충의 발생 최성기는 8월 중순과 9월 중하순으로 2회였고 유충의 공간 분포 양식은 2가지 형으로 10월의 임의 분포를 제외하고는 모두 집중 분포를 하고 있었다. 유충의 영기별로 공간 분포 양식을 분석한 결과 각 영기 모두 집중분포를 하고 있었고 집중도는 영기가 낮을 수록 높았다. 전남 광주외 무안 지방에서 기주 식물별로 파밤나방 유충의 공간 분포 양식을 조사한 결과 발생량이 많았던 고추, 대파 및 주기주 작물인 쪽파, 배추, 무우 등에서는 집중 분포를 하였고 녹두, 팥, 땅콩, 상치, 호박, 국화, 콩, 개비름 등 발생량이 적었던 직물에서는 임의 분포를 하였다.

검 색 어 파밤나방, 밀도, 공간분포

파밤나방은 기주 범위가 넓은 잡식성 해충이면서 약제에 대한 저항성이 높은 해충으로 알려져 있어서 앞으로 효과적인 방제법이 개발되지 않으면 발생량은 더욱 증가할 것으로 보여진다. 특히, 파밤나방은 중부 지방의 파 재배지에서의 발생량은 많지 않으나 남부 해안 지대의 파 주산 단지를 중심으로 대발생하고 있다

(고등 1991).

모든 생물은 서식 공간내에 있어서 종 특유의 분포 양식을 갖고 있고 해충도 예외는 아니다. 이와 같은 생물의 공간적 존재 양식을 일반적으로 종의 공간분포라고 한다. 종의 공간 분포는 종의 증식과 사망 및 이동과 분산의 과정을 통하여 결정되며 각각의 과정에는 종의 독자성이 존재하게 된다(覽見 1987).

해충의 공간 분포 또는 분포 양식을 조사하는 목적은 해충 집단의 공간 분포 양식의 시간

1 농업기술연구소(Agricultural Science Institute, RDA, Suwon 441-707, Korea)

2 충북대학교(Chungbuk National University, Cheongju 360-763, Korea)

적 변화를 관찰하여 집단으로서의 해충의 생태적 특성을 이해하고, 해충의 분포 양식에 따른 표본추출 계획을 수립하여 해충관리에 필요한 해충 집단의 밀도를 추정하는데 있다(覽見 1987).

해충의 공간 분포를 조사할 때 해충 개체간의 거리를 기준으로 공간 분포를 측정하기도 하나 대부분의 경우 일정한 크기의 단위 공간 안에 서식하고 있는 해충의 개체수 즉 평균 밀도와 분산을 기준으로 공간 분포 양식을 파악하고 있다(覽見).

따라서 본 시험은 파에서의 파밤나방의 표본추출 계획을 수립하는데 기여하고자 파밤나방 유충의 발생 시기별, 영기별, 기주식물별 유충의 개체수를 기준으로 하여 평균과 분산값을 구한 다음 이를 토대로 공간 분포 양식을 분석하였다.

재료 및 방법

파에서의 파밤나방 유충의 시기별 공간분포 양식을 충남 아산군 인주면 파 재배 단지에서 조사하였다. 1991년 6월 하순 부터 9월 상순까지 약 10일 간격으로 주당 마리수를 영기별로 918주 조사하였고 시기별 총 유충의 공간 분포 양식과 영기별 분포 양식을 분석하였다. 모

든 분석은 Ludwig & Reynolds(1988)가 제시한 공식을 이용하였다.

분산 지수(ID)는 분산에 대한 평균 값의 비율로서 얻어지며 표본수가 클 때 ($N \geq 30$)는 d 값을 이용하여 분포 양식을 결정하였다. 즉

$$ID = S^2/\bar{x}, \quad x^2 = ID(N-1), \quad d = \sqrt{2x^2} - \sqrt{2(N-1)-1}$$

이 때 d값이 1.96보다 적으면 임의 분포를 하고, 1.96보다 크면 집중 분포를 하게 된다($P > 0.05$).

작물별 파밤나방 유충의 공간 분포 양식은 전남 광주와 무안에서 1991년 8월 하순에 조사하였다. 조사 표본수($N < 30$)가 적어서 x^2 값으로 분포 양식을 결정하였다. 즉 x^2 값이 확률 $P=0.975$ 의 값과 0.025값 사이에 분포하면 임의 분포가 성립되고, x^2 값이 0.975값 보다 적으면 균일 분포, x^2 값이 0.025값 보다 크면 집중 분포가 성립된다(Ludwig & Reynolds 1988). 한편 Green's index($GI=IC/n-1$) 값을 구하여 집중도를 비교하였다.

결 과

파를 가해하는 파밤나방 유충의 시기별 밀도 변화와 이에 따른 유충의 공간 분포 양식은 표 1과 같다. 유충은 6월 하순부터 발생하기 시작

Table 1. Change in spatial distribution pattern of *Spodoptera exigua* larvae on welsh onion field

Date	X	S ²	ID	D	Distribution
6.27	0.0131	0.0173	1.3189	6.3684	clumped
7.9	0.0033	0.0054	1.6491	12.1807	clumped
22	0.0208	0.0336	1.6133	11.5821	clumped
31	0.0660	0.1014	1.5357	10.2570	clumped
8.9	0.0370	0.0488	1.3187	6.3639	clumped
19	0.1166	0.6920	5.9345	61.5122	clumped
30	0.1035	0.1670	1.6138	11.5904	clumped
9.6	0.0403	0.0627	1.5678	10.8096	clumped
19	0.1991	0.8599	4.3211	46.2080	clumped
25	0.1428	0.1873	1.3209	6.4057	clumped
10.8	0.0566	0.0557	0.9996	-0.3395	random
17	0.0381	0.0389	1.0208	0.4555	random
29	0.0196	0.0192	0.9819	-0.3786	random
11.9	0.0120	0.0140	1.1694	3.4973	clumped

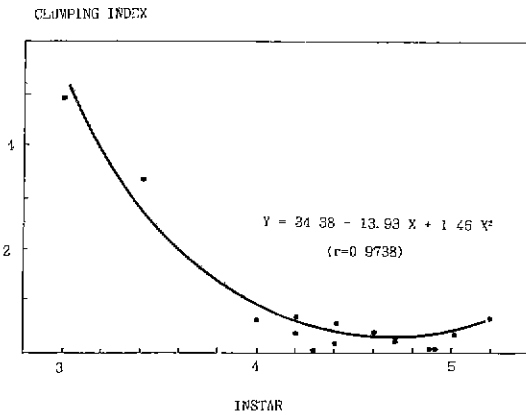


Fig. 1. Relationship between clumping index of *Spodoptera exigua* larvae and its instar in the field.

하여 11월 상순까지 발생하고 있었고 발생 최성기는 8월 중순과 9월 중하순으로 2회였다. 이에 따른 유충의 공간 분포 양식은 2가지 형으로 10월의 임의 분포를 제외하고는 모두 집중 분포를 하고 있었고 밀도가 높았던 시기인 8월 중순과 9월 중하순에는 집중도를 의미하는 d값이 크게 나타나 집중분포 정도가 현저히 높았다.

조사시기별 파밤나방 유충의 평균 영기와 집중 지수와의 상관관을 구한 결과는 그림 1과 같다. 평균 영기와 집중 지수 사이에는 정의 상관관이 있었고 상관 계수 r은 0.9738로서 1% 수준에서 유의성이 있었고 곡선 회귀식은 $Y = 34.38 - 13.93X + 1.46X^2$ (Y는 집중 지수, X는 평

균 영기)으로 나타나 영기가 어릴 수록 집중 분포를 하였으나 유충이 점점 커짐에 따라 집중도가 낮아져 점점 분산하는 것으로 나타났다.

파밤나방의 발생량이 가장 높았던 9월 중순에 유충의 영기별로 공간 분포 양식을 분석한 결과는 표2와 같다. 각 영기 모두 집중 분포를 하고 있었고 유충의 밀도는 3령, 2령, 4령, 5령, 6령 순으로 높았으며 집중도는 영기가 낮을 수록 높았다. 즉 2령의 d 값은 3령과 4령의 d 값보다 2~3배 높았고 5령과 6령의 d 값 보다 현저히 높아 약 10~25배 정도 였다.

파밤나방의 유충 집중도가 낮았던 9월 하순의 각 영기별 공간 분포 양식은 표3과 같다. 임의 분포를 하고 있는 6령 유충을 제외하고는 3-5령 유충은 집중 분포를 하고 있었으며 집중율은 영기가 진행됨에 따라 낮아졌다.

파밤나방의 발생량이 많았던 전남 광주와 무안 지방에서 기주 식물별로 파밤나방 유충의 공간 분포 양식을 조사한 결과는 표4와 같다. 조사 표본수가 30 이하였으므로 χ^2 값을 구하여 분포양식을 결정하였다. 발생량이 높았던 고추, 대파 및 주기주 작물인 쪽파, 배추, 무우 등에서는 집중 분포를 이루었고 녹두, 팥, 땅콩, 상치, 호박, 국화, 콩, 개비름에서는 임의 분포를 이루고 있었다. 한편 집중 정도를 의미하는 GI 값은 고추에서 0.556으로 가장 높았고 고구마 0.222, 쪽파 0.105으로 나타나 이들 작물에서 유충 밀도의 집중도가 높음을 알 수 있다.

Table 2. Spatial distribution pattern of *Spodoptera exigua* larvae of different stage on welsh onion field¹⁾

Instar	\bar{X}	S ²	ID	D	Distribution pattern
2	0.0490	0.3215	6.5607	66.88	clumped
3	0.0730	0.2269	3.1089	32.70	clumped
4	0.0381	0.0847	2.2230	20.04	clumped
5	0.0305	0.0383	1.2566	5.19	clumped
6	0.0153	0.0172	1.252	2.61	clumped

1) Based on the number of larvae/918 hills of welsh onion on September 19 in Asan.

Table 3. Spatial distribution pattern of *Spodoptera exigua* larvae of different stage on welsh onion field¹⁾

Instar	\bar{X}	S ²	ID	D	Distribution pattern
3	0.0403	0.0693	1.7185	13.33	clumped
4	0.0534	0.0724	1.3557	7.05	clumped
5	0.0261	0.0320	1.2272	4.63	clumped
6	0.0229	0.0246	1.0724	1.53	random

1) Number of larvae/918 hills of welsh onion were observed on September 25 in Asan.

Table 4. Spatial distribution pattern of *Spodoptera exigua* larvae on various host plants¹⁾

Area	Host plant	No. larvae /hill	S ²	ID	χ^2	χ^2 value		Green index	Distri-bution pattern
						0.975	0.025		
Kwang-ju	Mungbean	0.15	0.239	1.596	30.33	8.23	31.53	0.031	R
	Adzuki bean	0.70	1.222	1.603	14.42	2.70	19.02	0.067	R
	Red pepper	5.50	63.611	11.566	104.09	2.70	19.02	0.556	C
	Sweet potato	0.30	0.900	3.000	27.00	2.70	19.02	0.222	C
	Peanut	0.20	0.178	0.889	8.00	2.70	19.02	-0.012	R
	Lettuce	0.05	0.050	1.000	19.00	8.23	31.53	0.000	R
	Pumpkin	0.30	0.233	0.778	7.00	2.70	19.02	-0.025	R
	Shallot	0.15	0.450	3.000	57.00	8.23	31.53	0.105	C
	Chrysanthemum	0.20	0.168	0.840	15.96	8.23	31.53	-0.008	R
Muan	Livd amaranth	0.40	0.489	1.222	10.99	2.70	19.02	0.025	R
	Welsh onion	2.95	5.945	2.105	39.99	8.23	31.53	0.058	C
	Shallot	0.38	0.681	1.792	69.89	24.43	59.34	0.020	C
	Chinese cabbage	0.23	0.353	1.534	59.83	24.43	59.34	0.018	C
	Cucumber	0.10	0.162	1.621	47.01	15.31	44.46	0.021	C
	Soybean	0.50	0.722	1.444	12.99	2.70	19.02	0.049	R
	Peanut	1.00	1.778	1.778	16.00	2.70	19.02	0.086	R

1) R=Random distribution, C=Clumped distribution

Number of larvae/hills on various host plants were observed on August 27~28.

고 찰

일정한 공간내에서 해충 개체의 위치 및 분포 양식과 개체군 밀도의 분산은 해충의 생태 연구의 기초가 된다. 해충 개체군의 분포 양식의 변화는 개체군 밀도의 변화를 의미하기 때문에 분포 양식을 통하여 개체군의 크기를 측정할 수 있고 포장에서의 표본 추출 프로그램을 작성할 수 있다.(Nowierski & Gutierrez 1986, Ruesink 1980).

등물 개체군의 공간 분포는 서식처에서의 등물 개체군과 환경과의 상호 작용의 결과 얻어지는 것이다. 등물 공간 분포는 평균과 분산 값을 이용하여 보통 다음과 같이 3가지 유형으로 나타낸다. 규칙 분포는 개체군 내에 개체들이 일정한 간격으로 규칙적으로 분포하는 것이고($\sigma^2 < \mu$), 임의 분포는 각각의 개체가 서로 독립적으로 존재할 때 이며($\sigma^2 = \mu$), 집중 분포는 한 개체가 존재할 때 다른 개체가 존재할 확률이 높은 경우($\sigma^2 > \mu$)이다(Southwood 1978).

곤충의 공간 분포의 예로서 팔바구미의 난은 규칙 분포를 나타내고, 이화명나방의 난괴는 임의 분포를 하며, 집중 분포를 하는 것으로는 배추흰나비의 난이 보고된 바 있다(伊藤 등 1985). 그러나 대부분의 곤충은 그들이 존재하는 공간이 유한한가 혹은 무한한가에 따라서 공간 분포의 양식이 다르지만 곤충의 개체수가 낮은 발생 초기에는 임의 분포를 이루나 그 이후에는 대부분의 종이 집중 분포로 변화한다고 한다(覽見). Walnut aphid의 경우 밀도가 낮은 봄과 초여름에는 집중도가 낮고 밀도가 증가하는 늦여름 부터 초가을까지는 집중도가 점차로 증가하다가 늦가을에 이르러 밀도가 감소하면 집중도가 점차 감소한다고 하였다(Nowierski & Gutierrez 1986). 그러나, *Lygus hesperus* (Schotzko & Okeeffe 1989)의 경우 초기에는 밀도가 낮아 집중분포를 이루지만 밀도가 증가함에 따라 임의 분포로 그 형태가 변화한다고 보고하였다.

과에서의 파밤나방 유충의 공간 분포 양식을 분석한 결과 10월 조사를 제외하면 조사 시기 대부분의 경우 집중 분포를 이루고 있었다. 집중 분포를 이루고 있는 경우 그 집중도가 높았다. 한편 기주 식물별로 조사한 결과 파밤나방 유충의 주 기주 식물인 고추, 대과, 쪽파에서는 집중분포를 이루었고 발생량이 많았던 기주일수록 집중도가 높았다. 한편, 상추, 국화, 땅콩 등 밀도가 낮았던 기주 식물에서는 임의 분포를 이루고 있었다.

GI값은 집중도를 비교하는 척도로서 가장 많이 이용되고 있다(Ludwig & Reynolds 1988). GI 값은 0과 1 사이에 분포하며 최대의 집중도를 이룰 때의 값은 1이고 임의 분포할 경우 그 값은 0이 된다. GI값은 고추, 고구마, 쪽파를 가해하는 파밤나방의 유충에서 높았고, 상추, 국화, 땅콩 등을 가해하는 파밤나

방의 유충에서는 낮았다.

파밤나방의 공간 분포 양식은 기주 작물의 종류에 따라 다르고 동일 작물이라도 발생시기, 발생 층태 및 발생량에 따라 차이가 있음을 알 수 있다. 따라서, 파밤나방 유충의 표본을 추출할 때 이와 같은 분포 양식과 값을 이용하면 효과적인 계획을 수립할 수 있을 것이다.

인용문헌

- 고현관, 박종대, 최용문, 최귀문, 박인선. 1991. 파밤나방의 기주 및 피해. *한응곤지* 30(2) : 111~116.
- Ludwig, J. A. & J. F. Reynolds, 1988. *Statistical ecology a primer on methods and computing*. A wiley-interscience publication. 337pp.
- Nowierski, R.M. & A.P. Gutierrez, 1986. Microhabitat distribution and spatial dispersion pattern of the walnut aphid(Homoptera : Aphididae) in California. *Environ. Entomol.* 15 : 555~561.
- 高井 幹夫, 1989. ネギにおける シロイチモジヨトウの被害と防除. *植物防疫* 43(6) : 25~28.
- 覽見 正衛, 1987. 分布 様式과 Sampling. *植物防疫* 41(3) : 48~53.
- 伊藤 嘉昭, 法橋 信彦, 藤崎 憲治, 1985. 動物의 個體群と群集. *生物學教育講座*. 東海大學出版會.
- Ruesink, W. C. 1980. Introduction to sampling theory, pp.61~78. *In* M. Kogan and D. C. Herzog (eds.), *Sampling methods in soyben entomology*. Springer-Verlag, New York.
- Schotzko, D. J. & L. E. Okeeffe, 1989. Geostatistical description of the spatial distribution of *Lygus hesperus* in Lentils. *J. Econ. Entomol.* 82 : 1277~1288.
- Southwood, T. R. E. 1978. *Ecological methods : with particular reference to the study of insect populations*, John Wiley & Sons. New York. 524pp.
- (1992년 10월 7일 접수)