

딸기 시설재배지에서 점박이응애의 발생과 분포

최용석^{1*} · 황인수¹ · 김규상¹ · 조효려¹ · 서정학¹ · 박덕기² · 이영수³ · 유용만⁴

¹충남농업기술원 농업환경연구과, ²한밭수목원, ³경기도농업기술원, ⁴충남대학교 농생물학과

Occurrence and distribution of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) in strawberry greenhouse

Yong-Seok Choi^{1*}, In-Su Hwang¹, Kyu-Sang Kim¹, Hyo-Ryu Jo¹, Jeong-Hak Seo¹, Deok-Gee Park², Young-Su Lee³, Yong-Man Yu⁴

¹Bioenvironmental Division, Chungcheongnam-do Agricultural Research & Extension Services, Yesan, 340-861, Republic of Korea

²Tree garden in Dajeon Metropolitan City, Dajeon, 302-834, Republic of Korea

³Environmental Agricultural Research Division, Gyeonggi Agricultural Research and Extension Services, Hwasung 445-784

⁴Department of Applied Biology, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon, 305-764

Received on 7 October 2014, revised on 5 November 2014, accepted on 11 November 2014

Abstract : Mean densities of two-spotted spider mite (TSM), *Tetranychus urticae* Koch adults from January to April in 2014 to investigate the occurrence and dispersion pattern of *T. urticae* on purpose of developing a monitoring method in the strawberry PVC house. Difference of density of *T. urticae* adult on middle and both side of leaf wasn't significantly. Density of *T. urticae* in investigation at different furrows and investigating points was the highest at the right and left sides of a furrow in strawberry PVC house. In results of comparing the dispersion indices of Taylor's power law (TPL) with Iwao's patchiness regression (IPR), TPL described better mean-relationship for the dispersion indices compared to IPR. Slopes and intercepts of TPL from leaf samples did not differ among surveyed regions. Also, Distribution of *T. urticae* in a strawberry PVC house was the gravitation of the distribution because b and β values of TPL and IPR was bigger than 1.

Key words : *Tetranychus urticae*, Strawberry, Dispersion index

I. 서론

딸기는 재배면적에 있어 우리나라의 시설작물 중 수박, 참외 다음으로 재배되고 있는 중요한 작물이다. 우리나라에서 딸기 재배는 비닐하우스 시설에서 하고 있으며 노지 재배는 제주도의 일부에서 재배되고 있다. 딸기는 장미과에 속하며 장미와 함께 점박이응애의 발생이 많은 작물로 알려져 있다(Butcher et al., 1989). 비닐 하우스 재배 딸기에서 점박이응애의 발생은 재배 초기인 10월부터 발생이 시작되어 5°C 이상인 시설내에서 생존이 가능하기 때문에 겨울에도 밀도가 증가한다(Kim et al., 2001). 또한, 약제 저항성이 잘 발달하여 지속적인 화학방제에도 불구하고 방

제가 쉽지 않은 해충이다(Croft et al., 1984). 점박이응애에 의한 딸기의 피해는 딸기의 발육에 직접적으로 작용하지는 않으나, 잎의 세포액을 흡즙하기 때문에 엽록소가 감소하여 광합성에 영향을 주어 그 결과 수확량이나 딸기의 발육에 간접적으로 영향을 준다.

병해충종합관리(IPM)에 있어 신뢰성있고 경제적인 해충발생 예찰은 절대적으로 필요한 구성요소이다(Ruesink and Kogen, 1982). 병해충 종합관리에 있어 경제적이고 효과적인 의사결정을 위해서는 해충의 밀도를 정확히 추정하고, 밀도나 피해수준에 따라 방제여부를 결정하는 방법이 필요하다. 해충의 밀도 추정과 피해수준의 분류를 효율적으로 실천하기 위한 방법으로 표본추출법을 개발, 이용할 수 있으며 다양하게 조사 표본수를 조정할 수 있기 때문에 고정된 조사 표본수에 기초한 방법보다 비용과 노력이

*Corresponding author: Tel: +82-41-635-6115

E-mail address: yschoi92@korea.kr

적게 드는 장점이 있다(Waters, 1955).

본 연구에서는 딸기의 시설재배에 있어 발생하는 점박이응애의 포장내 공간적분포를 분석하였고 추후 적정 표본수를 확인하기 위한 표본중지선 결정을 위하여 Iwao's patchiness regression (Iwao, 1968)과 Taylor's power law (Taylor, 1961)에 근거한 분포의 정확도를 확인하였다.

II. 재료 및 방법

충남도내 딸기 시설재배 농가에서 2014년 1월부터 4월까지 7~10일 간격으로 딸기 점박이응애를 조사하였다. 전년도부터 발생한 점박이응애 밀도를 낮추기 위하여 농약인 abamectin을 사용하였고, 약제살포 10일 후부터 조사하였다. 딸기의 품종은 설향이였으며 조사면적은 600-660 m² 이었고, 논산지역에서 4개 포장, 당진지역에서 6개 포장을 조사하였다. 딸기 재배는 지역의 농가관행에 의한 병해충 방제 및 시비를 실시하였으며 농가가 스스로 병해충 방제 시기 및 방제농약을 결정하였다.

1. 일간 분포와 지역간 분포

조사지점의 선정은 조사포장의 형태 및 면적과 냉쿨성인 딸기의 재배특성을 고려하여 20 m 간격으로 하였고 4개의 고랑에 지그재그형태로 지점을 선정하였으며 각각의 지점에서 50 cm 간격으로 양쪽으로 2주씩 선정하여 지점당 총 5주를 조사주로 하였다. 조사주에서 가장 큰 잎을 선정하고 딸기의 형태를 고려할 때 중앙 잎을 기준으로 양쪽 잎을 포함하여 총 3개의 잎을 조사하였으며 조사자의 보는 눈에 따라 안보일 수 있는 점박이응애 약충은 배제하고 성충을 대상으로 조사를 실시하였다. 지역당 점박이응애 밀도와 분산은 조사일에 포장당 점박이응애의 밀도를 합하여 계산하였다. 일당 점박이응애 성충의 밀도와 분산은 조사포장 별로 계산하였고 고정 정확도(D=SE/m)에서 잎의 위치에 따른 개체군 밀도 추정에 필요한 표본크기를 TPL에서 계산된 상수를 이용하여 결정할 수 있으며(Green, 1970), 평균 밀도에 따라 D값을 유지하는데 필요한 표본 크기(n)는

$$N = a m^{(b-2)} D^{-2}$$

식에 의해 구했다.

2. 통계분석

분산지수는 Iwao's patchiness regression (IPR)과 Taylor's power law (TPL) 두 가지 방법을 이용하였다. IPR은 일당 평균밀도(m)에 대한 평균 군집도(\bar{m})

$$\bar{m} = m + \frac{s^2}{m} - 1$$

의 회귀식

$$\bar{m} = \alpha + \beta m$$

이다(Iwao, 1968; Lloyd, 1967). β 는 생물이 환경을 이용하는 형태(분포형태)와 관계되는 반면에 α 는 생물의 단위 면적당 밀도를 나타낸다(Southwood, 1978).

TPL은 log 평균(m)에 대한 log 분산(s^2)의 회귀식

$$\log s^2 = \log a + b \log m$$

이다(Taylor, 1961; Taylor, 1971). 기울기(b)는 종 특이적인 집중상수를 나타내는 것이고, 절편(log a)은 환경, 표본 조사 과정과 이용된 표본 단위에 관계되는 규모요인이다.

회귀식 상수를 추정하는데는 SAS (SAS Institute, 1995)의 일반선형회귀모델(PROC GLM)을 이용하였고, 각 선형모델의 적합성은 결정계수(r^2)의 추정에 의해 평가하였다. 또한 회귀선의 기울기가 1.0보다 크다는 것은 Student t-test를 이용하여 판정하였으며, 각 조사포장간 회귀식 절편과 기울기의 동일성은 공분산분석(ANCOVA)으로 검정하였다(Sokal and Rholf, 1981).

III. 결과 및 고찰

논산과 당진 두 지역에서 조사한 딸기 시설포장내 점박이응애 밀도는 중앙엽과 양쪽 좌우의 잎에서의 밀도를 비교할 때 큰 차이는 없었으며 지역간 밀도차이는 크게 나타났다(Fig. 1). 당진의 경우, 새롭게 딸기를 재배하는 지역으로 점박이응애는 약제 사용에 의하여 밀도가 낮게 유지되었고, 대부분 약제는 abamectin을 이용하고 있었다. 논산의 경우, 대부분의 조사포장이 친환경 방제방법을 사용하고 있었기 때문에 점박이응애의 밀도가 지속적으로 증가했

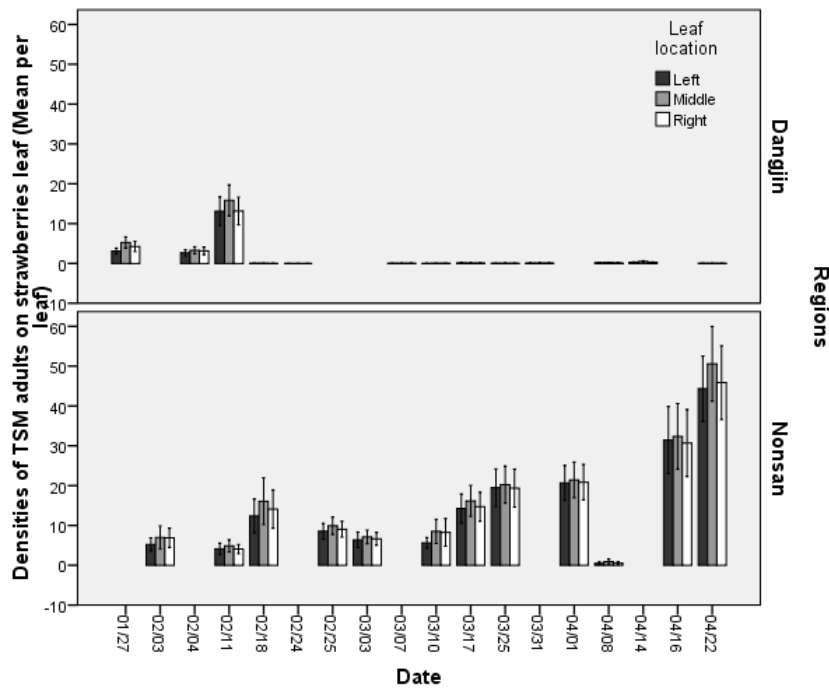


Fig. 1. The densities of TSM adults on strawberry leaf in Dangjin and Nonsan, 2014.

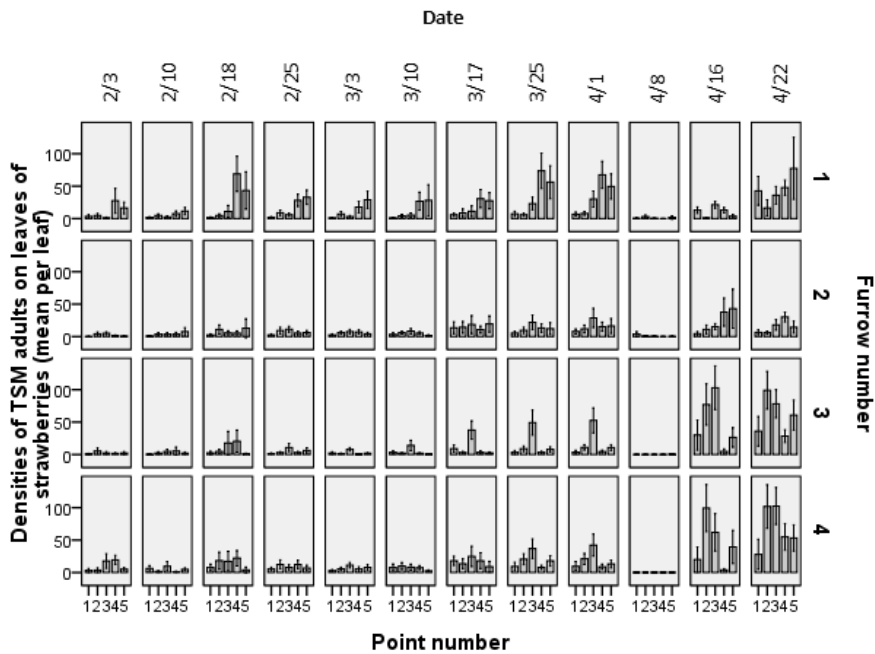


Fig. 2. The densities of TSM on leaves of strawberries at different furrows and investigation points in 4 PVC houses in Nonsan (P=0.05).

던 것으로 판단되었다.

3. 포장내 분포

딸기 점박이응애 포장내 조사에서 고랑의 경우, 논산과

당진 모두 하우스 측면쪽인 1번과 4번 고랑의 점박이응애 밀도가 중앙인 2번과 3번 보다 높았고, 조사지점간의 경우, 논산에서는 하우스의 입구쪽인 1번지점 보다 하우스 후방 쪽으로 갈수록 밀도가 높았으며 4월 이후부터는 조사지점 전체에서 밀도가 높아졌다(Fig. 2). 당진에서는 하우스의

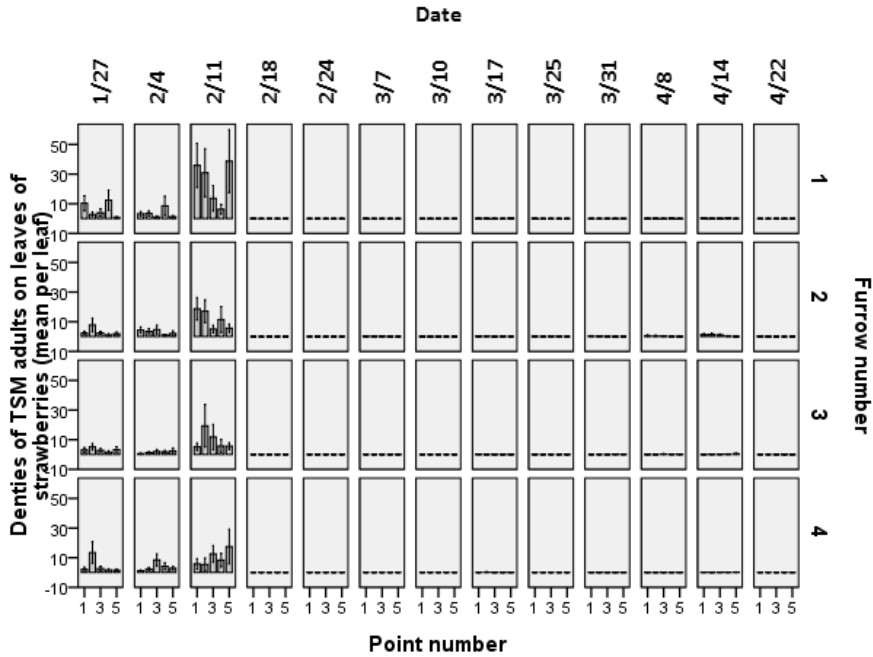


Fig. 3. The densities of TSM on leaves of strawberries at different furrows and investigation points in 6 PVC houses in Dangjin (P=0.05).

입구쪽에서 다소 밀도가 높게 조사되었으나 2월 11일 조사에서부터 조사지점 전체에서 밀도가 높아졌다(Fig. 3).

있간 분포에 있어 TPL의 결정계수(r^2) 범위는 논산 0.77, 당진 0.92 이었으나 IPR의 r^2 범위는 논산과 당진이 각각 0.21, 0.50 로 점박이응애의 공간분포는 TPL이 IPR 보다 더 잘 설명하였다(Table 1). 또한 TPL의 상수값인 a 와 b 값이 IPR의 α 와 β 보다 변이가 작았다. 특히 TPL b 는 논산과 당진이 각각 1.45와 1.76 이었으나 IPR의 β 는 6.26과 12.69로 넓게 나타났다. TPL의 b 값은 1보다 컸고($P < 0.05$) IPR의 경우 회귀식 자체에 유의성이 커서 분석의 의미가 없었다. 이는 점박이응애가 딸기 시설내에서 집중분포형태를 취하고 있음을 보여주는 것이다. 이에 대한 유사결과에 대한 선행결과는 찾아보기 어려웠으나 레몬에서 꿀응애의 분포(Jones and Parrella, 1984)와 사과에서 사과응애의 분포(Nyrop et al., 1989; Nyrop and Binns, 1991) 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

TPL의 절편(a)와 기울기(b)에 대해 공분산분석을 한 결과 두 지역간에 유의성은 없었다($F=1.36$ $df=34$, $P=0.25$; $F=2.11$, $df=34$, $P=0.16$). 따라서, Taylor 일반 회귀식을 이용할 수 있으며, 평균과 분산간의 함수관계 모델에 이용할 수 있을 것이다.

지역간 분포에 있어 TPL의 결정계수(r^2) 범위는 논산

0.80, 당진 0.94 이었으나 IPR의 r^2 범위는 논산과 당진이 각각 0.50, 0.61 였고(Table 2), TPL의 상수값인 a 와 b 값이 IPR의 α 와 β 보다 변이가 작았다. 지역간의 TPL b 값과 IPR의 β 값의 비교에서도 있간의 분석과는 다소 차이는 있었으나 TPL,보다 IPR이 다소 넓게 나타났다. TPL과 IPR의 b 값과 β 은 모두 1보다 커서 점박이응애가 집중분포형태를 보임을 입증해 주었다($P < 0.05$). 또한 TPL과 IPR의 절편과 기울기에 대한 공분산분석의 결과에는 지역간 유의성은 없었다($F=2.05$, $df=33$, $P=0.16$, $F=4.1$, $df=34$, $P=0.05$).

Kim 등(2001)은 딸기 시설포장내 점박이 응애의 발생 정도는 모주의 점박이응애 발생 정도와 정식 후 외부에서 시설 내로 이입한 점박이응애 밀도에 따라 차이가 있다고 설명하고 있으며 작업자나 농기구에 의하여 묻어 들어오는 문제점도 제시하고 있으나, 딸기 시설포장내에서의 개체군 분포에 대한 동향에 관한 연구는 이루어지지 않았다. 딸기 점박이응애는 하우스 측면에서의 유입에 의해 밀도가 전체적으로 퍼져나가는 양상이었으며 농작업이나 농기구에 의하여 완전 임의로 분포하는 양상은 보이지 않았다.

추후 보다 많은 다량의 표본수를 확보하여 고정정확도에서의 표본추출법을 이용한 조사 표본수를 결정하고 딸기 시설하우스에서의 점박이응애 밀도를 효율적으로 추정하는 정밀 예찰법 개발하여 병해충종합관리 측면에서 이용가

Table 1. Inter-leaf dispersion indices for TSM, *T. urticae* adult on strawberry PVC house in Nonsan and Dangjin, 2014.

Region	n ^a	TPL			IPR		
		log a±SEM	b±SEM	r ²	α±SEM	β±SEM	r ²
Nonsan	14	3.12±0.27	1.45±0.23	0.77	24.82±13.64	6.26±3.50	0.21
Dangjin	21	2.74±0.17	1.76±0.12	0.92	4.91±6.38	12.69±2.86	0.50
Combined	35	2.77±0.12	1.74±0.08	0.93	9.81±5.99	10.12±1.99	0.44

^aThe number of m and s² or \bar{m} pairs used to calculate the regression statistics.

Table 2. Inter-region dispersion indices for TSM, *T. urticae* adult on strawberry PVC house in Nonsan and Dangjin, 2014.

Region	na	TPL			IPR		
		log a±SEM	b±SEM	r ²	α±SEM	β±SEM	r ²
Nonsan	14	2.64±0.57	1.50±0.21	0.80	31.19±16.21	2.76±0.83	0.50
Dangjin	21	1.86±0.17	1.85±0.10	0.94	5.97±11.37	5.51±1.01	0.61
Combined	35	1.92±0.16	1.78±0.08	0.94	13.16±9.46	4.07±0.63	0.56

^aThe number of m and s² or \bar{m} pairs used to calculate the regression statistics.

치를 판단할 것이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 ‘시설토마토 담배가루이 방제를 위한 트랩식물과 천적 활용기술 개발(과제번호: PJ009478) 과제’의 지원에 의해 수행되었으며 표본조사 샘플의 데이터 분석에 도움을 주신 제주도농업기술원의 송정흡 박사께 감사 표를 포함합니다.

참고 문헌

Butcher MR, Penman DR, Scott RR. 1989. The relationship between two-spotted spider mite and strawberry yield in Canterbury. *New Zealand journal of Experimental Agriculture* 15(3):367-370.

Croft BA, Miller RW, Nelson RD, Westgard PH. 1984. Inheritance of early-stage resistance to formetanate and cyhexatin in *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology* 77(3):575-578.

Green RH. 1970. On fixed precision sequential sampling. *Researches on Population Ecology* 12:249-251.

Iwao S. 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal population. *Researches on Population Ecology* 10(1):1-20.

Kim YH, Kim JH, Park SG. 2001. Occurrence of two-spotted

spider mite on strawberry in commercial vinyl greenhouses. *Korean journal of applied entomology* 31(2):139-142.

Jones VP, Parrella MP. 1984. Dispersion Indices and sequential sampling for the citrus red mite (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology* 77(1):75-79.

Lloyd M. 1967. Mean crowding. *Journal of Animal Ecology* 36(1):1-30.

Nyrop JP, Agnello AM, Kovach J, Reissig WH. 1989. Binomial sequential classification sampling plans for European red mite (Acari: Tetranychidae) with special reference to performance criteria. *Journal of Economic Entomology* 82(2):482-490.

Nyrop JP, Binns M. 1991. Quantitative methods for designing and analyzing sampling program for use in pest management. pp. 67-132. In D. Pimentel [ed.], *Handbook of Pest Management in Agriculture*, vol. 2. CRC Boca Raton, FL.

Ruesink WG, Kogen M. 1982. The quantitative basis of pest management: sampling and measuring. pp. 315-352. In. Metcalf, R.L., Luckmann, W.H. [eds.], *Introduction to Insect Pest Management*. Wiley, New York.

Sokal RR, Rohlf FJ. 1981. *Biometry*. 2nded. Freeman, New York.

Southwood TRE. 1978. *Ecological methods*. 2nded. Chapman & Hall, London.

Taylor LR. 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature* 189:732-755.

Taylor LR. 1971. Aggregation as a species characteristic. pp. 357-377. In Patil, G.P., Pielou, E.C., Waters, W.E. [eds.], *Statistical ecology*. Vol. 1. Penn. State Univ. Press, Philadelphia.

Waters WE. 1955. Sequential sampling in forest insect surveys. *Forest Science* 1. pp. 68-69.