

## 들깨에서 차면지응애의 주내분포 특성

서윤경 · 백성훈<sup>1</sup> · 김민중<sup>1</sup> · 안승원 · 최용석<sup>1\*</sup>

공주대학교 산업과학대학원 원예학과, <sup>1</sup>충청남도농업기술원 친환경농업과

## Within-plant Distribution of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) on Leaf Perilla

Youn-Kyung Seo, Sunghoon Baek<sup>1</sup>, Min-Jung Kim<sup>1</sup>, Seoung-Won Ann, and Yong-Seok Choi<sup>1\*</sup>

Horticulture department, Kongju National University, Yesan 32418, Korea

<sup>1</sup>Bioenvironmental division, Chungnam Agricultural Research & Extension Services, Yesan 32418, Korea

**ABSTRACT:** The populations of *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae) have been causing serious economic damages to farmers by directly feeding on leaves of green perilla. However, sampling of *P. latus* is impossible because there is no suitable sample unit until now. Thus, this study was conducted to suggest suitable sample unit and required sample number for *P. latus* on green perilla. Individuals of *P. latus* started to occur from the leafstalk within a leaf. They required approximated 25 days to spread to all areas within a leaf. New shoots would be a suitable sample unit for *P. latus* on green perilla because its density on shoots per cm<sup>2</sup> was always higher than the densities on fully grown and moderately grown leaves. Required sample number at  $D = 0.25$  was estimated as a shoot when eggs, nymphs, and adults of *P. latus* were observed within a leaf. Therefore, Using this small sample unit for sampling of *P. latus* on green perilla could be economical and efficient.

**Key words:** *Polyphagotarsonemus latus*, Green perilla, Within-plant distribution, Sample unit

**초 록:** 차면지응애(*Polyphagotarsonemus latus*)는 잎들깨에서 잎을 직접적으로 가해하여 농가 소득에 치명적인 피해를 야기하고 있지만 표본단위가 설정되어 있지 않아 적절한 표본 조사가 이루어지지 못하는 상황이다. 따라서, 본 연구에서는 잎들깨의 주내분포 연구를 통하여 표본단위와 최적표본수를 제시하고자 수행하였다. 차면지응애는 하나의 들깨잎에서 엽병 부위를 중심으로 개체가 형성되어 전체잎으로 퍼져나가는 특징을 보였으며, 이때 기간은 접종 후 25일이 소요되었다. 단위면적당 차면지응애의 밀도를 조사한 결과, 접종 후 경과 기간에 관계없이 신초에서의 밀도가 증엽과 성엽보다 높아 대표성을 띠기 때문에 표본단위는 신초가 적합할 것으로 판단되었다. 주당 표본수는 1개의 신초에 있는 알과 약성충 모두를 조사할 경우 정밀도 0.25를 충족할 것으로 추정되었다. 따라서, 시설 잎들깨에서 차면지응애의 표본조사는 주당 1개의 신초에서 알과 약성충을 조사할 때 가장 정확도가 높고 경제적이었다.

**검색어:** 차면지응애, 잎들깨, 주내분포, 표본단위

들깨(*Perilla frutescens* var. *japonica* HARA)는 들깨기름에 함유된 기능성 물질인  $\alpha$ -리놀렌산 같은 오메가-3 지방산이 성인병 예방에 효과적이며 들깨잎에 함유된 아미노산, V<sub>B</sub>, V<sub>C</sub> 그리고 안토시아닌(anthocyanin) 같은 건강에 필요한 성분들이 골고루 들어 있어 면역체계의 개선효과가 밝혀져 국내에서 꾸준한 소비가 이루어지고 있을 뿐만 아니라 외국에서도 관심이 높아지고 있는 추세이다(Choi, 2007). 잎들깨는 신선 잎채소로서의 수요증가로 인하여 재배면적도 증가하고 있어 시설하우스에서 연중 재배되고 있고 노지에서 하계에 주로 재배되고 있다(Choi, 2007). 전국 시설재배 잎들깨는 약 900 ha에서 4만 6천 톤 정도 생산되고 있고 잎들깨 노지재배는 약 300 ha 정도로 추산된다(Choi, 2007). 잎들깨 시설하우스 면적은 밀양, 부산, 경산 등 영남권이 약 600 ha로 전국 잎들깨 재배면적의 65%를 차지하고 있고 그 외 금산을 비롯한 충남지역에서 30%를 차지

준한 소비가 이루어지고 있을 뿐만 아니라 외국에서도 관심이 높아지고 있는 추세이다(Choi, 2007). 잎들깨는 신선 잎채소로서의 수요증가로 인하여 재배면적도 증가하고 있어 시설하우스에서 연중 재배되고 있고 노지에서 하계에 주로 재배되고 있다(Choi, 2007). 전국 시설재배 잎들깨는 약 900 ha에서 4만 6천 톤 정도 생산되고 있고 잎들깨 노지재배는 약 300 ha 정도로 추산된다(Choi, 2007). 잎들깨 시설하우스 면적은 밀양, 부산, 경산 등 영남권이 약 600 ha로 전국 잎들깨 재배면적의 65%를 차지하고 있고 그 외 금산을 비롯한 충남지역에서 30%를 차지

\*Corresponding author: yschoi92@korea.kr

Received July 6 2020; Revised August 25 2020

Accepted October 5 2020

하고 있으며 남양주, 광양, 곡성 등을 포함하여 5%가 재배되고 있다(Choi, 2007). 최근들어 일본 등의 외국에서 잎들깨 특유의 향을 선호하는 사례가 증가하면서 충남 금산지역에서는 꾸준히 수출물량이 증가하고있는 추세이다(Seo et al., 2020). 하지만 잎들깨에 발생하는 해충들 중에서 응애류의 산란에 의한 알이 잎에 잔존하면서 수출에 차질이 빚어지는 사례가 급증하고 있으며 이로 인하여 농가 피해가 증가하고 있는 실정이다.

잎들깨에 발생하는 해충은 9목 22과 39종이 확인되었고 이들 해충 중 응애류는 점박이응애, 차응애, 차면지응애 3종이 발생하며 점박이응애와 차응애는 육안관찰이 가능하여 방제를 초기에 실시할 수 있으나 차면지응애는 육안으로 관찰되지 않는다는 문제가 있다(Choi, 2007). 차면지응애는 시크라멘면지응애와 함께 국내외에서 가장 많은 피해를 주는 해충이다(Karl, 1965; Lindquist, 1986). 차면지응애는 굴, 목화, 감자, 차나무 등의 노지작물과 고추, 딸기, 오이, 수박, 가지, 토마토 같은 시설작물 뿐만 아니라 거베라 국화 등 화훼류까지 피해를 줄 만큼 기주 범위가 매우 넓은 해충으로 알려져 있다(Ewing, 1939; Li, 1990; Lindquist, 1986; Liu et al., 1991). 차면지응애는 크기가 매우 작아서 육안관찰이 어려우며 피해증상은 식물바이러스나 병원균, 식물 독소, 제초제에 의한 피해 또는 비료의 결핍증상과 같은 피해와 혼동하기 쉽다(Pena and Bullock, 1994; Beattie and Gellatley, 1983; Cross and Bassett, 1982; Jeppson et al., 1975). 차면지응애에 의한 잎의 피해증상은 잎이 앞뒤로 말리거나 생장점이 위축되어 고사하며 꽃을 가해했을 때는 착색불량이나 조기낙화 등의 증상이 나타난다. 과실에서는 기형이 되거나 은백화 현상이 일어나고 표면이 코르크화 되어 상품성이 떨어지는 것처럼 작물의 가해부위에 따라서 피해 증상이 다르게 나타난다(Campbell, 1979; Schoonhoven et al., 1978).

잎들깨는 잎을 직접 수확한다는 점을 고려할 때 차면지응애에 의한 잎의 피해는 상품성 저하와 생산량감소로 이어져 농가 소득에 치명적일 수밖에 없다. 이러한 차면지응애를 효율적으로 관리하기 위해서는 예찰이 필수적이나 현재까지 차면지응애의 표본조사를 위한 표본단위(sample unit)는 제시된 바가 없다. 표본단위는 개체군의 특성의 결정짓는 요소일뿐만 아니라 표본조사 기술, 밀도추정, 공간분포, 표본조사 시기 등 여러가지 요소에 영향을 주는 중요한 요소이다(Pedigo and Butin, 1994). 표본단위는 주내분포 특성을 규명함으로써 결정될 수 있으며 표본조사의 안정성(stability), 포장내 감염 구역 설정 가능 여부, 항상성(consistency), 경제성, 표본조사의 정밀도(precision), 적당한 표본크기 등을 고려하여 선정되어야만 한다(Morris, 1955). 현재까지 차면지응애의 주내분포 특징 역시 연구된 사례가 없다.

따라서, 본 연구에서는 잎들깨에 발생하는 차면지응애에 대한 주내분포의 생태학적 특성을 구명하고 차면지응애의 엽내 공간적분포 특성을 밝힘으로써, 이를 바탕으로 효율적인 표본단위를 선정하고 더 나아가 방제전략을 구축하기 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 잎들깨 표본조사

잎들깨의 성엽, 중엽, 신초에서 부위별 차면지응애의 밀도를 조사하기 위하여 육묘배드(높이 1.2 m × 폭 2 m × 길이 4 m)가 설치된 시설하우스에서 잎들깨를 육묘하였다. 하우스는 자동개폐 시설과 저면관수 시설을 갖추고 있고 온도는 25°C에 맞춰 관리가 이루어졌으며 관주는 1일 1회 10분간 실시하였다. 봄재배를 위해 농가에서 파종하는 시기에 맞춰 3월 10일에 72구 트레이에 잎들깨 종자(품종: 만추)를 파종한 후 약 10 cm 크기로 자란 시기인 4월 20일에 12각 8호분의 포트(지름 24.8 cm × 높이 21.9 cm)에 이식하였다. 파종하고 시험이 종료될 때까지 잎들깨는 농가에서 잎을 수확하는 시기에 맞춰 잎을 수확하고 수확한 잎은 제거하면서 최대한 농가 재배방식에 맞춰 관리하였다. 4월 25일 실내 사육중인 차면지응애가 접종되어 있는 피망 잎을 4등분하여 각각의 잎들깨 포트 바닥에 접종하였다. 바닥에 올려둔 피망잎이 바람에 날려 손실될 우려를 피하기 위하여 핀으로 고정하였다.

잎들깨 포트에 차면지응애를 접종하고 10일 후인 5월 5일부터 잎들깨 한 주의 성엽, 중엽, 신초를 채취하여 실험실로 옮겨와 실체현미경(®Leica EZ4) X20~36 하에서 관찰하였다. 주내분포 조사를 위해서 주내 신초, 중엽, 성엽 각 1개씩의 잎만 조사해도 50%를 조사하는 것이기 때문에 샘플수를 1주내 신초, 중엽, 성엽을 대상으로 하였고 접종 후 10일, 15일, 20일, 25일, 30일까지 샘플을 채취하였다. 중엽과 성엽은 잎의 주맥을 중심으로 겹치지 않도록 지름 1 cm 간격으로 천공기를 활용하여 잎 디스크를 표시하고 표시된 위치에서 지름 1 cm 간격으로 좌우로 겹치지 않도록 엽폭 내에서 표시할 수 있는 만큼 잎디스크를 표시하였다. 엽내 차면지응애의 분포를 공간적으로 분석하기 위해서 각각의 잎디스크의 중심을 이용하여 좌표를 구하였다. 좌표는 잎 기저부에 있는 잎디스크의 X, Y를 0, 0.5로 정하고 이를 기점으로 우측으로 1 cm 단위당 1씩 X 좌표값이 양의 값으로 증가하고 좌측으로 1씩 음의 값으로 감소하도록 좌표를 선정하였고, 잎 기저부의 잎디스크를 기점으로 잎의 첨단부로 가면서 1씩 Y 좌표값이 늘어나도록 표기하고 기록하였다. 잎

내 좌표표를 기록한 지름 1 cm 읽디스크에 존재하는 차면지응에 알, 약충, 성충의 밀도를 전수조사 하였다.

### 차면지응애의 잎 및 주내분포 특징

하나의 들깨 잎에 존재하는 차면지응애의 시간 흐름에 따른 공간분포를 규명하기 위해 SADIE (Spatial analysis by distance indices)를 사용하였다. SADIE는 patch와 gap을 가지고 집중도의 정도를 결정한다(Perry, 1995). 여기서, patch는 하나의 잎 내에서 상대적으로 밀도가 높은 지역을 의미하고 gap은 상대적으로 밀도가 낮은 지역을 의미한다. 집중도의 정도는  $I_a$ 로 판단 되는데,  $I_a$ 는  $D/E_a$ 로 계산된다. 여기서  $D$ 는 공간분포를 균등하게 만들기 위해 잎내 표본들이 움직여야 하는 최소 총거리로 정의된다(Perry et al., 1999). 따라서  $D$ 값이 커질수록 분포의 공간적 집중도는 높아질 수 밖에 없다.  $E_a$ 는 균등도에 대한 평균 기대 거리로 정의되어진다. 여기서,  $I_a > 1$ 은 집중분포,  $I_a = 1$ 은 임의분포,  $I_a < 1$ 은 균일분포를 의미한다(Perry et al., 1999). 공간적 분포의 통계적 유의성은 잎내 차면지응애의 분포가 임의분포한다는 가정하에 임의로 잎내 표본 조사 지점 하나의 값을 제외하고  $I_a$  값을 계산하는 과정을 반복하여 임의분포로 계산되는 비율로 계산하였다(Perry et al., 1999; Perry and Dixon, 2002). SADIE는 또한 잎내 각 조사지점의 patch나 gap에 대한 기여도를 단위가 없는 지수를 사용하여 수량화할 수 있다(Perry et al., 1999).  $|v_i| = 1$ 은 조사지점의 자료가 균등분포에 대한 기여를 하고 있음을 의미하고,  $v_i > 1$ 은 patch에 기여하고 있음을 의미하며,  $v_i < -1$ 은 gap에 속하는 자료임을 의미한다. 이번 연구에서는  $v_i$  값 1.5와 -1.5를 사용하여 잎내 차면지응애 분포를 지도화하기 위한 2개의 결정지수로 사용하였고, 여기서 1.5는 우연에 의해 patch나 gap의 기여가 결정될 확률보다 50% 높은 수준을 의미한다(Perry et al., 1999). 모든 SADIE의 통계는 SADIEShell version 1.22(Rothamsted Experimental Station; Harpenden, Herts, UK)를 사용하여 계산하였으며, ArcGIS version 10.1 (ESRI; Redlands, CA, USA)을 사용해서 잎내 차면지응애의 patch들과 gap들을 지도화하였다. 본 실험에서 수행한 공간분포 조사는 잎의 크기가 작아 충분한 표본조사가 불가능한 신초를 제외하고 성엽과 중엽에서 수행하였다.

성엽, 중엽, 신초에 따른 차면지응애의 발생량은 각 조사 시기 별로 차면지응애의 발육단계(알, 약성충, 알+약성충)와 잎 나이(성엽, 중엽, 신초)의 모든 조합에 대한 카이제곱 검정(SAS Institute, 2011)을 통해 분석하였다. 또한 엽면적에 의한 차면지응애의 밀도 차이를 배제하고 단위 면적당( $\text{cm}^2$ ) 발생량의 차이를 통계적으로 규명하기 위하여 동일한 방법으로 통계처리 하였다.

### 들깨 한 주당 밀도를 대표할 수 있는 최적 표본수 결정

최적표본수(optimal sample size)는 표본조사의 목적을 충족할 수 있고 원하는 정밀도(precision level)에 도달할 수 있는 표본단위의 최소수를 의미한다(Pedigo and Buntin, 1994). 최적 표본수를 결정하는 식들이 다양하게 존재하지만 Taylor power's law의 지수들을 계산할 수 없기 때문에 Ruesink (1980)의 식을 사용하였으며, 그 식은 아래와 같다.

$$N = 1 / (D^2 \times m) \quad (1)$$

여기서,  $N$ 은 표본수,  $D$ 는 정밀도(degree of precision),  $m$ 은 선택된 표본단위당 존재하는 평균 차면지응애의 마릿수를 의미한다.

### 결과 및 고찰

#### 차면지응애의 들깨 잎내 개체군 동태

차면지응애를 잎들깨 하단부에 집중한지 15일이 지난 5월 10일부터 신초, 중엽, 성엽 모두에서 발견되기 시작하였다. 신초는 잎의 크기가 작아서 어디서부터 발생되기 시작하는지를 확인하기 어려웠지만 중엽과 성엽은 엽병부위를 중심으로 개체군이 형성되기 시작하였으며 접종후 15일이 지난 5월 10일과 20일이 지난 5월 15일에는 유사한 발생특성을 보였다(Fig 1). 접종 후 25일이 지난 5월 20일에는 잎 전체에서 발견되었으나 이 시기에도 상대적으로 엽병 부근에 더 많은 밀도가 형성되었다(Fig. 1, Tables 1 and 2). 이는 엽병 부근에서 밀도가 높아짐에 따라 종내경쟁을 피하기 위해 점차 엽내의 다른 부분으로 확산하기 때문에 이러한 엽내 공간분포가 형성되는 것으로 판단되었다. 접종 후 30일이 지난 5월 25일에는 개체군 밀도가 급격히 감소하면서 상대적으로 엽내 피해가 적은 부분에서만 차면지응애 개체들이 발견되었다(Fig. 1, Table 1). 엽내 피해가 적은 부분이 제한적이다보니 한 엽내 공간분포도 집중분포에서 임의분포로 바뀌는 현상을 나타내었다(Table 2). 접종 후 35일이 지난 5월 29일에는 개체군이 다시 엽병 중심으로 집중되는 현상을 보였다(Fig. 1, Table 2). 이는 차면지응애가 최대발생밀도를 보이다가 먹이원이 부족해 지면서 다른 잎으로 이동하기 위해 일어나는 현상으로 보인다. 차면지응애가 최초 발생하여 잎으로 이동하면서 엽병에서 밀도가 급격히 증가했다가 먹이원에 따라 엽내에서 확산된 후 먹이원이 부족해 지면서 다른 잎으로 이동하기 위해 엽병부위로 몰린다는 것은 거미줄을

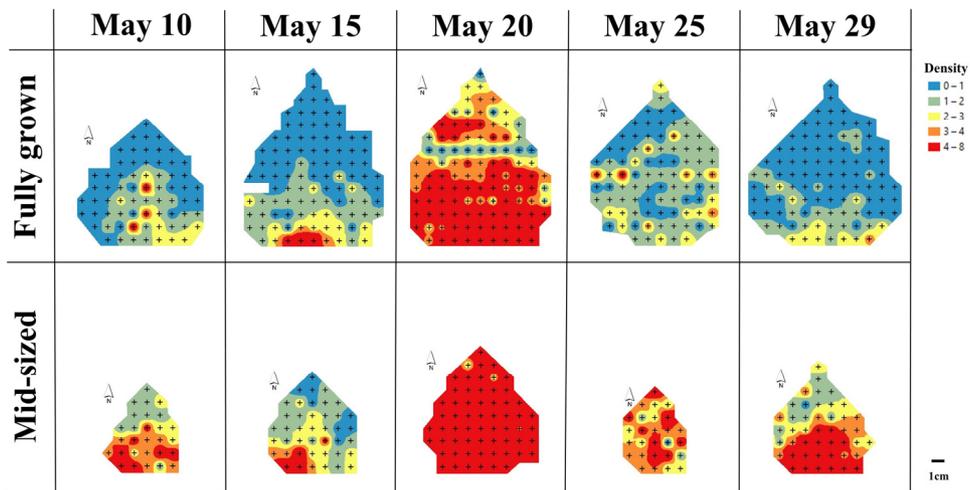


Fig. 1. Within-leaf distribution of *P. latus* on *P. frutescens* according to observation date.

Table 1. The number and density (per cm<sup>2</sup>) of *P. latus* within a leaf of *P. frutescens*

	Days after inoculation									
	10		15		20		25		30	
	Number	Density	Number	Density	Number	Density	Number	Density	Number	Density
Egg										
Fully grown	12a*	0.2b	71a	0.7b	294a	2.7b	32ab	0.4b	16c	0.2b
Mid-sized	23a	0.8b	53a	1.3b	301a	4.9b	36a	1.3b	77a	1.7b
New shoot	12a	6.0a	6b	3.0a	140b	70.0a	21b	10.5a	41b	20.5a
Nymph + Adult										
Fully grown	64a	0.9b	40a	0.4b	221b	2.0b	95a	1.1b	66b	0.7b
Mid-sized	64a	2.3b	33a	0.8b	372a	6.1b	60b	2.2b	126a	2.8b
New shoot	18b	9.0a	9b	4.5a	166c	83.0a	23c	11.5a	37c	18.5a
Total										
Fully grown	76a	1.1b	111a	1.1b	515b	4.8b	127a	1.4b	82b	0.8b
Mid-sized	87a	3.1b	86a	2.0b	673a	11.0b	96b	3.6b	203a	4.5b
New shoot	30b	15.0a	15b	7.5a	306c	153.0a	44c	22.0a	78b	39.0a

\*Numbers followed by the same letter within a column in a developmental stage (e.g., egg, nymph + adult, and total) are not significantly different at  $\alpha = 0.05$ , all pair-wise chi square test.

치고 이동하는 점박이응애와는 다르게 차면지응애는 식물의 잎과 줄기를 걸어서 이동한다는 증거가 될 것이다.

### 들깨에서 차면지응애의 표본단위 설정

차면지응애의 밀도 변화를 엽내에 발생하는 개체수로 파악해 보면, 알은 성엽이나 신초보다 중엽에서 통계적으로 유의하게( $P < 0.05$ ) 높았고 약성충은 일시적으로 신초와 중엽보다 성

엽에서 통계적으로 유의하게( $P < 0.05$ ) 높았다(Table 1). 그러나 적절한 표본 단위는 한 조사 시기에 상대적으로 발생량은 높고 변이는 적어야 하기 때문에(Morris, 1955, Baek et al., 2020) 엽내 발생하는 개체수로는 표본단위를 선정할 수 없었고, 차면지응애는 육안으로 관찰할 수 없을 정도로 아주 작기 때문에 조사의 용이성과 비용 등을 고려할 경우 일정 단위 면적으로 조사하는 것이 효과적일 것이다.

따라서, 차면지응애의 발생량을 엽면적으로 나누어 단위

**Table 2.** Spatial distribution of *P. latus* and its related SADIE statistics within a leaf of *P. frutescens*

	Days after inoculation									
	10		15		20		25		30	
	Fully grown	Mid-sized	Fully grown	Mid-sized	Fully grown	Mid-sized	Fully grown	Mid-sized	Fully grown	Mid-sized
Egg										
$I_a^*$	0.925	1.674	2.801	1.655	2.361	2.328	1.565	0.907	1.652	1.825
$P_a$	0.6538	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.5897	0.0128	0.0128
Spatial pattern	Random	Aggre.**	Aggre.	Aggre.	Aggre.	Aggre.	Aggre.	Random	Aggre.	Aggre.
Nymph + Adult										
$I_a$	1.706	1.026	1.811	1.273	2.172	2.663	1.056	0.826	1.846	2.031
$P_a$	0.0128	0.3974	0.0128	0.0641	0.0128	0.0128	0.3205	0.8846	0.0128	0.0128
Spatial pattern	Aggre.	Random	Aggre.	Random	Aggre.	Aggre.	Random	Random	Aggre.	Aggre.
Total										
$I_a$	1.752	1.654	2.758	1.947	2.598	2.778	1.025	0.844	2.057	2.032
$P_a$	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.3333	0.859	0.0128	0.0128
Spatial pattern	Aggre.	Aggre.	Aggre.	Aggre.	Aggre.	Aggre.	Random	Random	Aggre.	Aggre.

\*Overall degree of clustering ( $I_a$ ) with its associated  $P$  values ( $P_a$ ).  $I_a = 1$  suggests a random,  $I_a > 1$  suggests an aggregated, and  $I_a < 1$  suggests a regular spatial distribution pattern.

\*\*Aggre. indicates spatial aggregated pattern.

cm<sup>2</sup>당 발생하는 밀도를 비교한결과, 조사 시기에 상관없이 단 위면적당 차면지응애의 밀도는 성엽과 중엽에 비하여 신초에서 통계적으로 유의하게( $P < 0.05$ ) 항상 높게 형성되는 것을 확인할 수 있었다(Table 1). 그러므로, 표본단위 선정시 항상성 (consistency), 상대적으로 적은 표본크기, 효율성 등을 고려해야 한다는 주장(Morris 1955, Baek et al., 2020)에 따라 잎들개에서 차면지응애의 표본단위를 선정할 경우 성엽과 중엽보다는 신초가 적당하였다. 일반적으로 잎들개를 상업적으로 재배할 경우, 신초, 중엽, 성엽 각 2개의 잎만이 첨단부에 남기는 특이적인 재배법을 유지하고 있다. 따라서, 다른 작물이나 수목류에서의 수평적(동, 서, 남, 북) 혹은 수직적(상, 중, 하) 주내분포는 잎들개의 경우에는 의미가 없었다.

조사 목적에 따라 성엽이나 중엽을 표본단위로 선정해야 하는 경우가 있다면, 이 경우에도 한 잎내 일부분만을 표본으로 취하는 방법은 삼가할 필요가 있다. 이는 잎들개내 주내분포 조사결과(Table 2)에서 볼 수 있듯이 성엽과 중엽에 발생하는 차면지응애는 대부분 임의분포가 아니라 집중분포를 보이기 때문이다. 집중분포하는 개체군을 임의로 표본조사할 경우 밀도가 높은 지역을 선별하면 실제보다 높게 밀도 추정이 되고, 밀도가 낮은 지역을 우연히 선별하게 되면 실제보다 낮게 밀도 추정이 된다. 따라서, 잎들개에서 차면지응애의 밀도를 조사할 때 부득이하게 중엽이나 성엽을 조사해야만 한다면 잎내 특정 부

위를 선별적으로 조사하기 보다는 전체잎을 조사해야만 하며, 이 경우에도 원하는 정밀도에 도달하기 위해서는 신초보다는 더 많은 잎을 조사해야만 한다.

신초를 표본단위로 선정할 경우, 알과 약성충 중 차면지응애의 어떤 발육단계가 표본조사의 대상으로 적합할지 여부도 확인하였다. 알은 이동이 없고, 약성충은 이동성이 매우 좋기 때문에 알이 표본조사의 대상으로 적합해 보일수도 있지만 차면지응애의 알은 매우 작기 때문에 조사자에 따른 오류 발생 가능성이 높아 약성충이 더 좋을 수도 있다(Seo et al., 2020). 신초에 발생하는 알과 약성충의 발생량을 통계 분석을 해 본 결과, 조사 시기에 상관없이 항상 통계적으로( $P < 0.05$ ) 차이는 없었다. 따라서, 조사자의 선호에 따라 알, 약성충 구분없이 조사를 수행해도 무방할 것으로 생각된다.

### 잎들개 주당 밀도를 대표할 수 있는 최적 표본수 결정

차면지응애는 크기가 매우 작기 때문에 필드에서 몇 개의 잎만 간단히 조사하여 주당 미도를 추정할 수 없다. 따라서, 안정적으로 표본조사를 수행하기 위하여 최적표본수가 사전에 결정되어 있어야만 한다. 이번 연구 결과에 따라 신초를 표본조사 단위로 선정할 경우, 차면지응애 개체군이 처음 발견된 후 잎을 모두 가해하여 이동할 때까지 본 실험에서 관찰된 신초 한 잎당

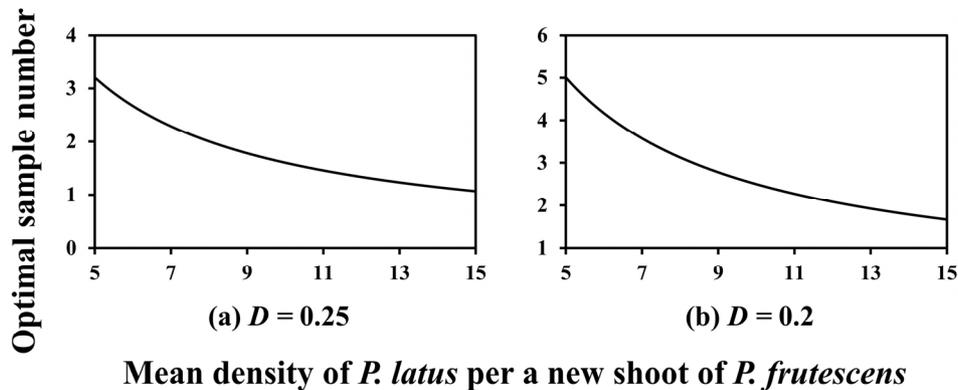


Fig. 2. Required sample number according to mean densities of *P. latus* in a fixed precision level ( $D$ ) of (a) 0.25 and (b) 0.2.

최소 밀도는 알 6개, 약성충 9마리, 알과 약성충 모두를 고려할 경우 15개였다. 따라서, 방제를 목적으로 잎들개에서 차면지응애의 밀도를 조사할 경우( $D = 0.25$ ; Pedigo and Buntin, 1994), 알은 주당 3개의 신초를, 약성충은 주당 2개의 신초를, 알과 약성충 모두는 주당 1개의 신초를 조사한다면 충분히 원하는 정밀도 수준에서 표본 조사를 수행할 수 있을 것으로 보인다(Fig. 2). 그러나, 연구 목적으로 잎들개에서 차면지응애의 밀도를 조사할 경우( $D = 0.2$ ; Pedigo and Buntin, 1994), 알은 주당 5개의 신초를, 약성충은 주당 3개의 신초를, 알과 약성충 모두는 주당 2개의 신초를 조사해야만 원하는 정밀도에 도달할 수 있다(Fig. 2). 이번 연구 결과는 차면지응애의 최소 밀도를 기준으로 했기 때문에 이 연구에서 제시된 정도의 주당 표본수를 조사한다면 안정적으로 잎들개 한 주당 밀도를 대표할 수 있을 것으로 생각된다.

그러나, 실제 상업적 포장에서는 잎들개의 효율적 관리와 생산량 극대화를 위해 신초 2잎, 중엽 2잎, 성엽 2잎 정도로 제한된 잎을 유지하도록 관리한다(Choi, 2007). 따라서, 상업적 재배지에서 이번 연구 결과를 적용하기 위해서는 신초 1잎당 존재하는 알, 약성충을 모두 조사해야만 방제 목적으로 요구되는 정밀도 0.25를 충족시킬 수 있다. 이러한 상업적 재배지에서 연구 목적인 정밀도 0.2를 추구할 경우에는 신초에 존재하는 알, 약성충을 모두 조사한다고 하더라도 신초 2잎이 필요한데, 이 경우 더 이상 들개잎 수확이 불가능해지는 상황을 고려해야만 한다. 따라서, 정밀도 0.2 수준의 실험이 필요한 경우 한 포장내 제한된 숫자의 들개들만 조사하거나 일부 실험에 필요한 만큼 측지가 제거되지 않은 들개들을 유지할 필요가 있다.

이번 연구에서 제시된 표본조사방법을 활용한다면 잎들개에서 차면지응애를 찾고 개체수를 추정하는 시간과 노력을 절감할 수 있을 것이다. 또한 하나의 규격적이고 적은 크기의 표

본단위를 사용함으로써 잎들개에서 차면지응애의 표본조사는 보다 정확하고 경제적이며 조사자와 상관없이 신뢰성 있는 조사가 될 것이다. 또한, 규격의 표본단위를 바탕으로 피해해석 실험이나 방제 기술 개발을 함으로써 잎들개에서 차면지응애 실험 내용과 실험자와 상관없이 상호 이용 가능할 것으로 사료된다.

## 사 사

본 연구는 금산군 용역과제로 수행되었고 충청남도농업기술원의 ‘충남, 제주지역 돌발 및 남방계 해충 발생실태 및 피해조사’ 과제(PJ015090052020)의 일부에서 공동으로 진행되었다.

## 저자 직책 & 역할

서윤경: 공주대학교, 박사과정; 실험설계 및 수행, 논문작성  
 백성훈: 충청남도농업기술원, 선임연구원; 데이터 분석, 논문작성  
 김민중: 충청남도농업기술원, 선임연구원; 데이터 분석  
 안승원: 공주대학교, 교수; 자문  
 최용석: 충청남도농업기술원, 연구사; 연구총괄, 논문교정

모든 저자는 원고를 읽고 투고에 동의하였음.

## Literature Cited

Baek, S., Lee, J.H., Park, D.K., Park, Y., Kim, M.J., Kim, K., Seo, H.Y., Choi, Y.S., 2020. Within-tree distribution of *Ricania shantungensis* (Hemiptera: Ricaniidae) eggs on chestnuts. *J. Asia Pac. Entomol.* 23, 536-539.

- Beattie, G.A.C., Gellatley, J.G., 1983. Mite pests of citrus, Agfacts H2, AE3, Dept. Agriculture, New South Wales, pp. 38-41.
- Campbell, C.W., 1979. Tahiti lime production in Florida. Fla. Coop. Extension Serv. Institute of food and agric. Sci. Bull. 187, 45.
- Choi, Y.S., 2007. Pest control for environmental friendly green perilla leaves in polyvinyl houses. Doctor Thesis, Chungnam National University.
- Cross, J.V., Bassett, P., 1982. Damage to tomato and aubergine by broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks). Plant pathology 31, 391-393.
- Ewing, H.E., 1939. A revision of the mites of the subfamily Rarnoneminae in North America, The West Indies, and the Hawaiian Islands. U.S.D.A. Tech. Bull. 653, 63.
- Jeppson, L.R., Keiffer, H.H., Baker, E.W., 1975. Mites injurious to economic plants. Univ. California Press, Los Angeles. pp. 28-35.
- Karl, E., 1965. Untersuchungen zur Morphologies und Ekologie von Tarsonemiden gärtnerischer Kulturpflanzen. I. *Tarsonemus pallidus* Banks. Biol. Zbl. 84, 47-80.
- Li, L.S., 1990. Recent progress in the study of agricultural mites. Scien. Agric. Ainica 23, 22-30.
- Lindquist, E.E., 1986. The world genera of Tarsonemidae (Acari: Heterostigmata): A morphological, phylogenetic, and systematic revision, with a reclassification of family-group taxa in the Heterostigmata. Mem. Entomol. Soc. Canada. 136, 517.
- Liu, T.S., Wang, W.J., Wang, Y.S., 1991. Survey on the hosts damaged by the broad mite and its control. Plant Prot. Bull. Taipei 33, 344-353.
- Morris, R.F., 1955. The development of sampling techniques for forest insect defoliators, with particular reference to the spruce budworm. Can. J. Zool. 33, 225-294.
- Pedigo, L.P., Buntin, G.D., 1994. Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture. CRC press, Florida, pp. 127-129.
- Pena, J.E., Bullock, R.C., 1994. Effects of broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* feeding on vegetative plant growth. Florida Entomol. 77, 180-184.
- Perry, J.N., 1995. Spatial analysis by distance indices. J. Anim. Ecol. 64, 303-314.
- Perry, J.N., Dixon, P., 2002. A new method for measuring spatial association in ecological count data. Ecoscience 9, 133-141.
- Perry, J.N., Winder, L., Holland, J.M., Alston, R.D., 1999. Red-blue plots for detecting clusters in count data. Ecol. Lett. 2, 106-113.
- Ruesink, W.G., 1980. Introduction to sampling theory. in: Kogan, M. Herzog, D.C. (Eds), Sampling Methods in Soybean Entomology. Springer, New York, pp. 61-78.
- SAS Institute, 2011. SAS/STAT user's guide, version 9.3., SAS Institute, Cary, North Carolina.
- Schoonhoven, A.V., Piedrahita, J., Valderrama, R., Galvez, G., 1978. Biología, danoy control del acaró tropical *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acariana: Tarsonemidae) en frijol. Turrialba. 28, 77-80.
- Seo, Y.K., Ann, S.W., Choi, Y.S., 2020. Incidence of *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) on green perilla (*Perilla frutescens* var. *japonica* Hara). Korean J. Appl. Entomol. 59, 145-152.