

갈색여치의 발생소장 및 발육특성

문상래 · 노두진 · 양정오 · 윤창만 · 안기수¹ · 김길하*

충북대학교 농업생명환경대학 식물의학과, ¹충북농업기술원

Seasonal Occurrence and Developmental Characteristics of Ussur Brown Katydid, *Paratlanticus ussuriensis* Uvarov (Orthoptera: Tettigoniidae)

Sang-Rae Moon, Doo-Jin Noh, Jeong-Oh Yang, Changmann Yoon, Ki-Su Ahn¹ and Gil-Hah Kim*

Dept. of Plant Medicine, College of Agriculture Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Korea

¹Chungbuk Provincial ARES, Cheongwon 363-880, Korea

ABSTRACT : This study was performed to investigate the seasonal occurrence, developmental characteristics of each nymphal stages with different temperatures (20, 25, 30°C), longevity and fecundity of ussur brown katydid, *Paratlanticus ussuriensis*, damaging by outbreaks in the orchard areas of Bitan-ri, Yeongdong, Chungbuk. *Paratlanticus ussuriensis* occurred from late-March to late-August with peak of mid-May. Newly emerged nymphs appeared from March and do damaged fruit orchards with peak of mid-May when *P. ussuriensis* existed as 4th and 5th nymphal stages. *P. ussuriensis* adult occurred from early-June to mid-Aug. with peak of mid-July. Total density of *P. ussuriensis* was showed highest in mid-May. *Paratlanticus ussuriensis* goes through nymphal stages to 7th nymph, the ovipositor began exposed to outside from the 4th instar and the body weight increased heavily from this stage and the wings were observed from 6th instar. Developmental period was longer as increased the nymphal stages. Sex ratio of collected insect was showed as 0.57; females more than males. As increased the temperature, developmental period was to be short. Preoviposition was also to be short as 5.0, 4.3, and 3.4 days at 20, 25, 30°C, respectively, and fecundity increased as 69.0, 87.1, and 104.3 at 20, 25, 30°C, respectively. Longevity of male and female at 25°C was showed the longest with 35.7, and 32.9 days and showed the shortest with 30.1 and 28.1 days at 30°C, respectively. The difference of developmental period in male and female were showed longer in female without relation of temperature. The eggs laid were frequently distributed 3 to 4 cm from soil surface, and showed the behavior laying eggs intensively when early oviposition period.

KEY WORDS : Ussur brown katydid, *Paratlanticus ussuriensis*, Seasonal occurrence, Developmental period, Ovipositor, Soil surface

초 록 : 충북 영동지역 과수원에 대발생하여 피해를 주고 있는 갈색여치의 발생소장, 영기별 발육특성, 온도별 발육기간, 수명 및 산란수를 조사하였다. 갈색여치는 2008년 3월 말부터 9월 초까지 발생하며 5월 중순이 발생최성기였다. 3월부터 부화약충이 나타나기 시작하여 과수를 가해하기 시작하는데 피해가 가장 많은 시기는 4-5령 약충인 5월 중순이며, 성충은 6월 상순부터 8월 중순까지 나타나며 발생최성기는 7월 중순이었다. 갈색여치의 전체밀도는 5월 중순이 가장 높았다. 1령에서 7령 약충기를 거쳐 성충이 되는 갈색여치는 4령부터 산란관이 바깥으로 노출되고 체중이 크게 증가하며, 6령부터 날개가 관찰되었다. 채집된 개체의 성비는 0.57로 암컷이 많았다. 영기별 약충 발육기간은 영기가 높아질수록 길어졌고,

*Corresponding author. E-mail: khkim@chungbuk.ac.kr

20, 25, 30°C의 항온조건에서는 온도가 높아질수록 짧았다. 20, 25, 30°C 순으로 온도가 높아질수록 산란전기간 역시 각각 5.0, 4.3일 그리고 3.4일로 짧아지고, 산란수는 각각 69.0, 87.1개 그리고 104.3개로 증가하였으나 성충수명은 25°C 조건에서 암수 각각 35.7, 32.9일로 가장 길고, 30°C에서 각각 30.1, 28.1일로 가장 짧았다. 암수 간 발육기간의 차이는 온도와 관계없이 암컷이 더 길었다. 산란은 토양 표면으로부터 3~4 cm 깊이에 가장 많이 분포하였으며, 산란초기에 알을 집중적으로 낳는 습성을 보였다.

검색어 : 갈색여치, 발생소장, 발육기간, 산란관, 지표면

갈색여치(*Paratlanticus ussuriensis* Uvarov, Ussur Brown Katydid)는 불과 몇 년 전만 하더라도 사람들에게 잘 알려지지 않은 산림곤충의 한 종이었다. 절지동물문(Animalia) 곤충강(Insecta) 메뚜기목(Orthoptera) 여치과(Tettigoniidae)에 속하는 곤충으로(ESK, 1994), Uvarov (1926)에 의해 우수리강 유역에서 최초로 채집되어 우리에게 알려졌으며, 제주도를 제외한 한반도 전 지역과 중국 우수리강 유역의 계곡과 활엽수가 많은 지역에 서식하는 것으로 보고되었다(Bae, 1999; Kim, 2001). 그러나 알려진 것과는 다르게 갈색여치는 최근 몇 년간 충북 영동지역 과수원에 대발생하여 과수농가에 큰 피해를 주었으며(Ahn *et al.*, 2007), 점차 그 분포범위가 확대되면서 영동 인근의 옥천, 청원, 보은 등의 지역에서도 그 피해 보고가 계속되고 있다(Bang *et al.*, 2008; Noh *et al.*, 2008).

메뚜기목 곤충의 행동이나 생태에 관련된 연구는 예전부터 많이 이루어져 왔지만(Alexander, 1962; Gwynne, 1984; Yamasaki, 1986; Masaki and Walker, 1987; Wagner and Hoback, 1999), 그 내용들은 분류학적 관점의 분포, 성비, 사이즈 등의 관찰에 의한 단순한 내용이거나, 일부 메뚜기목의 특징인 울음소리와 관련된 부분에만 주로 국한된 내용이었다. 갈색여치에 대한 연구 역시 산란이나 섭식특성 등의 기초적인 생태연구만 진행되었으며(Na *et al.*, 2007; Bang *et al.*, 2008), 과수농가에서의 피해가 급격히 증가하면서 생태연구보다는 방제와 관련된 연구가 우선적으로 이루어졌다(Ahn *et al.*, 2007; Noh *et al.*, 2008). 방제연구의 결과로 영동지역 및 인근 과수농가의 피해는 크게 감소하였으나, 이러한 연구만으로는 대발생으로 인한 피해의 근본적인 대책이 될 수 없다.

메뚜기나 여치의 대발생 원인이 기온상승(Fisher, 1994; Pickford, 1966; Powell *et al.*, 1997)과 천적감소(Agri-Facts, 2003) 때문이라는 보고가 있으나, 환경적인 변화에 초점을 맞춘 자료만으로는 곤충들의 갑작스러운 대발생에 대해 확연하게 설명하기 어렵기 때문에 생태적인 부분

에 대해 좀 더 자세히 알아볼 필요가 있다. 따라서 대발생에 대한 정확한 원인을 밝히기 위해서는 전반적인 생태에 관한 연구가 우선되어야 하고, 이에 근거하여 근본적인 해결책을 찾는 것이 효과적이고 효율적인 방제를 위하여 무엇보다 중요하다고 생각된다. 본 연구는 갈색여치의 발생소장 및 발육특성에 대한 연구를 통하여 갈색여치 대발생의 원인규명과 방제를 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

채집장소, 시기 및 발생조사

갈색여치의 생태 조사를 위해 2008년 3월부터 9월까지 10일 간격으로 매월 3회씩 총 18회에 걸쳐 채집하였다. 채집장소는 충북 영동군 영동읍 비탄리 지역(위도 36°12', 경도 127°49')에서 전년도에 갈색여치의 출현이 빈번하였다고 알려진 장소를 파악, 위치를 달리하여 세 곳을 선정하였다. 채집방법은 한 지역당 2시간씩 육안으로 관찰 후 발견되는 충을 포충망(직경 30 cm × 길이 1 m)을 이용하여 무작위로 채집하였으며, 채집시간에 따라 지역별로 밀도 변화가 있을 것을 고려하여 매회 채집시 3지역의 채집순서를 바꾸었고, 당일 채집량을 합산하여 채집시기별 영기의 밀도변화와 암수 성비의 변화를 조사하였다.

발육특성 조사

갈색여치 1령 약충 100마리(암수 각각 50마리)를 3월말 채집하여 어분과 콩잎을 먹이로 공급하며 개체사육하였으며, 성충이 될 때까지 영기별로 두둑, 체장, 다리길이, 안테나길이, 산란관, 날개길이, 몸무게 등 각 부위별 형태적 크기를 측정하였다. 길이측정은 디지털 캘리퍼스(Absolute

digimatic caliper 500-181 model, Mitutoyo Co., Kanagawa, Japan)를 사용하였고, 무게는 미세저울(Electronic micro-balance Jex-200, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 측정하였다. 조사항목 중 산란관과 날개의 크기는 영기별로 형태를 비교하기 위하여 실체현미경(Microscope stereo discovery v12, Carl Zeiss Co., Oberkochen, Germany)과 digital camera (Nikon D70s, Nikon Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 촬영 후 비교하였다.

온도별 발육기간, 산란전기, 성충수명 및 산란수 조사

3월 초 채집한 1령 갈색여치를 광조건 16L : 8D, 습도 60±10% 조건의 항온항습기(Versatile environmental test chamber MLR-351H, Sanyo electric Co., Osaka, Japan)에서 온도조건만 20, 25, 30°C로 설정하고, 각 온도별로 암수를 달리하여 30마리씩 개체사육하면서 약충의 영기별 발육기간을 조사하였다. 개체사육은 바닥에 수분을 함유한 질석(vermiculite)을 6 cm 깊이로 깔은 투명한 cylindrical plastic cage (직경 9 × 높이 20 cm)에 신선한 콩잎과 어분, 그리고 물을 공급하며 사육하였고, 뚜껑은 공기순환을 위해 망사를 부착한 페트리디쉬를 이용하였다. 산란전기, 성충수명 및 산란수 조사는 cylindrical plastic cage안에 갓 우화한 갈색여치 암수 한 쌍씩 넣었으며, 총 30쌍에 대해 수명이 다해 죽을 때까지 조사하였다. 먹이는 신선한 콩잎과 어분을 제공하였다. 실험결과 분석은 Tukey's studentized range test로 비교하였다(SAS Institute, 1991).

산란깊이와 산란시간 조사

산란깊이와 산란시간은 갈색여치 성충 암수 한 쌍씩 30쌍에 대하여 상온(25°C)에서 실험하였으며, 수분을 함유한 질석을 6 cm로 깔은 투명한 플라스틱 산란용기에 산란을 받으며 조사하였다. 산란을 시작할 때부터 완전히 마칠 때까지의 시간을 측정하였으며, 산란이 완전히 끝난 후 산란용기는 교체하였고, 산란 깊이는 알의 윗부분이 나타날 때까지 질석을 걷어낸 후 깊이를 측정하였다.

결과 및 고찰

발생소장 및 성비

2008년 3월 초부터 9월 초까지 10일 간격으로 영동군 영동을 비탄리에서 채집한 갈색여치의 발생소장은 Fig. 1과 같다. 갈색여치는 3월 말부터 부화하여 과수원 인근의 습기가 있는 낙엽 사이에 숨어지내며 잡초 등의 새순을 먹이로 서식하는 것을 확인하였다. 1령 약충은 4월 30일까지 채집되었고 4월 11일경에 밀도가 가장 높았다. 4령 약충의 최성기는 5월 초에서 5월 중순으로 나타났다. 7령은 5월 31일부터 7월 13일까지 채집되었고 최성기는 6월 중순이었으며, 성충은 최초 6월 17일 채집되어 8월 말까지 관찰되었고 최성기는 7월 13일로서 이후로 밀도가 감소하였다. 전체적인 밀도는 5월 중순이 가장 높았으며 이 시기에는 4, 5령이 가장 많이 채집되었다. 따라서 갈색여치의 발생소장은 연 1회 발생하며, 3월말에 부화를 시작하여 7령을 거쳐 우화하며, 성충은 7월 초순에서 8월 중순 사이에 산기습의 습기가 있는 낙엽이 쌓인 흙 속에 산란하고, 이 알이 월동하여 이듬해 3월말에 부화하는 것으로 보인다. 알기간은 대략 8~9개월로 판단된다.

갈색여치는 1령에서 3령까지 뒷다리의 발달이 미약하여 낙엽 사이의 잡초 등을 먹으며 자라지만, 4령부터는 뒷다리가 발달하여 나무위로 오르게 되며 과수의 신초나 어린 열매들을 가해하기 시작하였다. 갈색여치의 피해는 과원에서 5월경부터 나타난다고 보고하였는데(Ahn *et al.*, 2007; Na *et al.*, 2007) 본 조사에서도 같은 결과였다.

갈색여치는 5월 초순에서 6월 초순까지 4, 5령 약충이 주로 채집되었고 5월 중순이 갈색여치의 전체밀도가 가장 높은 최성기였다. 이 시기에 뒷다리의 발육상태가 좋아짐

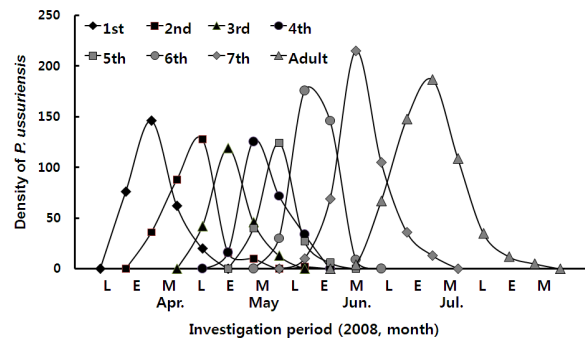


Fig. 1. Seasonal occurrence of *Paratlanticus ussuriensis* from March to September in 2008. Total number of investigation (n) = 2625.

에 따라 이동범위가 점점 넓어졌으며, 식혼을 살펴보면 먹이의 종류가 바닥의 잡초 등에서 참나무류, 과수의 잎이나 열매로 바뀌는 것을 확인하였다. 따라서 식욕이 왕성해지면서 체중도 4, 5령 시기에 급격하게 증가하는 것으로 추측된다.

그러나 갈색여치의 대발생이 단순한 먹이와 서식지 환경의 변화나, 밀도의 증가로 인한 결과로 설명하기에는 부족하다. 따라서 단순히 식욕이나 이동력의 증가로 갈색여치가 과수원을 비롯한 농가로 이동하여 피해를 주는 것으로 해석하기에는 어려울 것으로 보인다(Bazazi *et al.*, 2008). 메뚜기의 경우 대발생하면서 먹이가 제한이 되면 동종포식(cannibalism)이 일어나고, 이런 결과로 공포감을 느낀 다른 메뚜기들이 무리를 지어 이동하면서 메뚜기

떼의 대이동이 시작된다고 보고된 바 있다(Bazazi *et al.*, 2008). 또한 이러한 습성을 유발하는데 Serotonin이 관여한다는 최근 연구발표도 있다(Anstey *et al.*, 2009). 갈색여치도 메뚜기의 경우처럼 4, 5령의 시기에 서로 잡아먹는 습성(cannibalism)을 보이면서 농가로 이동하는 것으로 보인다. 따라서 이러한 습성과 관련하여 갈색여치를 제한된 공간 안에서 밀도나 먹이량의 변화에 따른 이동이나 밀도변화에 대한 추후 실험이 필요하다고 생각된다.

채집한 갈색여치의 성비를 비교한 결과 약충은 0.56-0.60, 성충은 0.57로 암컷의 밀도가 높은 것으로 나타났다(Table 1). 다만 7령층의 성비가 0.56으로 4령층의 0.60보다 낮은 경향을 보였다.

Table 1. Sex ratio of each stages on *P. ussuriensis* collected in the field

Instar	No. of <i>P. ussuriensis</i>		Sex ratio (♀/♀+♂)
	Female	Male	
4th instar	148	100	0.60
5th instar	138	94	0.59
6th instar	214	147	0.59
7th instar	258	190	0.56
Adult	321	246	0.57
Total	1079	777	0.58

Table 2. Numerical measurement of each developmental stages of *Paratlanticus ussuriensis* (Sample size, n=30)

Measurement	Sex	<i>P. ussuriensis</i> instar and adult (Mean±SD)							
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	Adult
Head width (mm)	F	1.63±0.06	1.93±0.13	2.44±0.09	3.01±0.12	3.88±0.20	4.87±0.15	5.59±0.16	6.41±0.32
	M	1.66±0.18	1.96±0.12	2.46±0.08	3.05±0.13	3.89±0.14	4.57±0.11	5.27±0.18	5.98±0.22
Body length (mm)	F	6.20±0.63	7.82±0.79	10.89±1.10	14.55±1.40	17.29±2.00	25.36±1.81	30.09±3.91	32.30±2.60
	M	6.17±0.70	7.78±0.85	10.64±1.00	14.47±1.02	18.54±1.85	24.08±1.27	27.33±1.92	31.08±1.89
Fore leg length (mm)	F	4.40±0.44	5.67±0.65	7.97±0.58	10.53±0.65	13.93±0.78	18.20±1.76	21.79±1.01	26.50±1.85
	M	4.42±0.82	5.72±0.65	7.98±0.51	10.21±0.82	13.44±1.07	17.03±0.73	21.05±1.02	24.69±0.99
Mid leg length (mm)	F	4.38±0.68	5.53±0.66	7.92±0.61	10.56±0.64	13.63±0.65	17.65±1.46	21.29±1.39	26.60±1.54
	M	4.41±0.79	5.59±0.70	7.97±0.53	10.28±1.05	13.06±0.98	16.65±0.83	20.64±1.15	25.11±1.68
Hind leg length (mm)	F	9.21±1.06	11.54±1.51	16.96±1.21	22.33±1.31	29.30±0.91	38.07±1.59	47.28±2.04	59.79±3.10
	M	9.54±0.65	11.68±1.54	16.97±1.30	22.07±2.00	28.96±2.89	35.79±1.52	41.83±6.28	55.48±2.27
Antenna length (mm)	F	12.28±1.82	17.39±3.37	30.97±2.64	34.98±3.33	41.06±3.11	50.57±3.85	60.66±4.24	79.02±4.99
	M	12.21±1.96	16.37±2.71	31.23±2.73	33.79±5.38	41.18±3.37	50.54±3.90	60.36±3.54	78.29±5.14
Ovipositor (mm)	F	-	-	-	1.97±0.19	4.73±0.45	10.48±0.57	22.91±1.24	24.17±1.24
Wing length (mm)	F	-	-	-	-	-	2.42±0.17	3.61±0.18	8.84±0.68
	M	-	-	-	-	-	2.46±0.14	3.65±0.07	10.42±0.68
Body weight (g)	F	0.02±0.00	0.03±0.00	0.08±0.01	0.25±0.07	0.34±0.07	0.82±0.10	1.31±0.20	1.96±0.33
	M	0.02±0.00	0.03±0.00	0.08±0.01	0.28±0.05	0.35±0.05	0.74±0.07	1.13±0.16	1.72±0.26

발육특성

여치과의 곤충은 메뚜기과와 같이 종에 따라 발육단계 (유충의 령수)가 일정치 않고 다르다고 보고하고 있을 뿐, 각 종마다 환경조건에 따른 구체적인 자료가 미비한 실정이다. 갈색여치의 발육특성 조사를 위해 1령 약충 100마리(암수 각각 50마리)를 성충이 될 때까지 개체사육 하며 각 부위별로 형태적 크기를 측정된 결과 Table 2와 같다. 갈색여치의 총 영기는 1령 약충부터 7령 약충을 거친 후에 성충이 된다. 1령 약충의 체장과 앞다리길이는 각각 6.2 mm, 9.2 mm, 4령 약충은 각각 14.6 mm, 22.3 mm, 7령 약충은 각각 30.1 mm, 47.3 mm로, 성장할수록

뒷다리의 길이가 크게 길어지면서 움직임과 이동능력 역시 크게 높아졌다. 갈색여치는 날개가 짧아 비행하지 못하고 뒷다리의 힘으로 점프하며 이동하기 때문에, 다른 부위에 비하여 뒷다리가 잘 발달되어 있는 것이 특징이다. 체중은 4령부터 크게 증가하였다. 각 부위별 형태적 크기에서 암수간의 큰 차이는 없었다.

갈색여치의 발육특성 중 가장 크게 두드러진 차이는 산란관과 날개에서 나타난다. 산란관은 산란을 위해 배 끝부분에 발달한 관모양의 돌기로 주로 메뚜기목 중에서 여치과와 귀뚜라미과의 전형적인 특징이기도 하다. 갈색여치의 암컷은 4령부터 복부 말단에서 산란관이 바깥으로 노출되었고 영기가 높아질수록 길이가 길었다(Fig. 2).

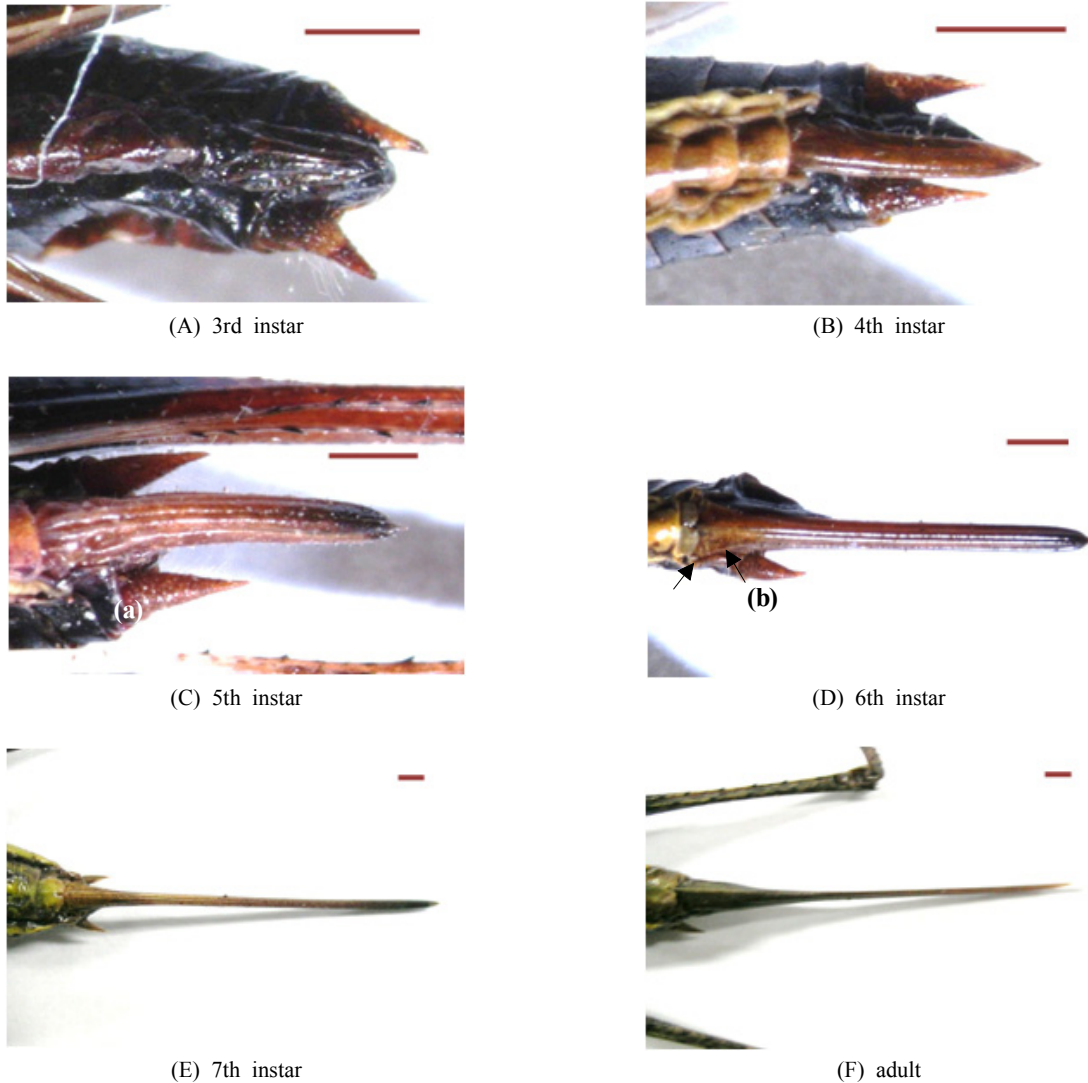


Fig. 2. Gradual development of ovipositor of *Paratlanticus ussuriensis* female according to each developmental stage. (A) 3rd instar, (B) 4th instar, (C) 5th instar, (D) 6th instar, (E) 7th instar, and (F) adult; (A)~(D) taken pictures by microscope camera and (E), (F) by digital camera. Scale 1 mm.

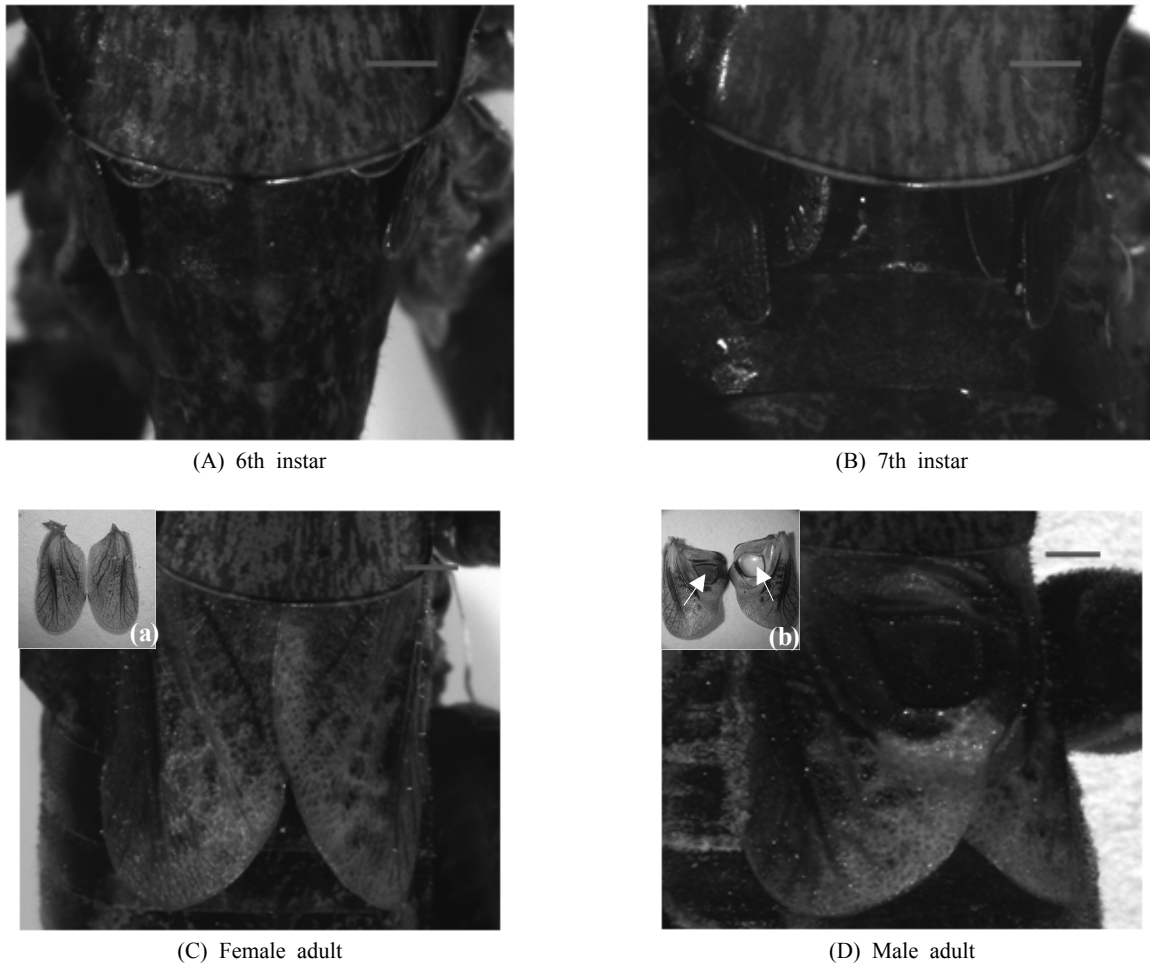


Fig. 3. Development of wings of *Paratlanticus ussuriensis*. (A) 6th instar (B) 7th instar (C) female adult (D) male adult (a) disjuncting wings of female (b) disjuncting wings of male (→ rubbing organs; sounding parts). Scale 1 mm.

Na 등(2007)은 암컷의 산란관 길이가 몸길이보다 길다고 하였지만, 본 연구에서 성충의 체장과 산란관의 길이는 각각 32.3 mm와 24.7 mm로 체장보다 짧아 상반되는 결과로 나타났다. 이는 환경에 따른 채집장소와 시기에 따라 다르게 나타날 것으로 보인다.

날개는 암수 모두 6령부터 나타났는데 암수 간에 형태적으로 큰 차이를 보였다(Fig. 3). 날개길이를 제외한 다른 모든 부위들의 측정치는 수컷이 조금씩 높게 나타났다. 형태적으로 수컷 성충의 날개에는 암컷 날개에 없는 소리를 내기 위한 막구조의 발성기관(rubbing organ)을 가지고 있었다(Fig. 3a,b). 많은 곤충에서 소리신호를 이용하여 성적교감이 이루어지는데, 이러한 연구는 귀뚜라미, 여치와 다른 메뚜기들에서 잘 발달되어 있다(DuMortier, 1963; Haskell, 1974). 메뚜기과의 경우 소리를 내는 종이 매우 드물고 소리를 내는 경우는 뒷다리의 일부분을 날개에 비비는 방식으로 소리를 낸다. 이러한 발성방식은 여치과나

귀뚜라미과의 날개를 비벼 소리를 내는 발성방식과는 차이가 있기 때문에, 날개의 형태나 크기는 과를 분류하는 하나의 기준으로 사용하고 있다(Otte, 1992). 그러나 Masaki and Walker (1987)는 같은 종 내에서도 다 같은 크기의 날개를 가지는 것은 아니며 발육과정에서 광조건이나 온도조건 등 환경의 영향에 따라 날개 형태와 길이가 달라져, 즉 동종이형(dimorphism)의 날개형태를 갖게 되는 경우도 있다는 것을 밝힌 바가 있다. 갈색여치에 대해서도 발육과정에서 환경변화에 따른 형태적 변이에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

온도별 발육기간, 산란전기간, 성충수명 및 산란수

갈색여치 약충에 대한 온도별 발육기간은 Table 3과 같다. 갈색여치 암컷의 발육기간은 영기나 온도에 관계없이 전체적으로 수컷보다는 긴 것으로 조사되었으며, 영기

Table 3. Developmental periods (days) of each stages on *Paratlanticus ussuriensis* with different temperatures

Stage	20°C		25°C		30°C	
	Female	Male	Female	Male	Female	Male
1st instar	9.6±0.7	9.5±1.1	7.7±0.5	7.8±1.7	6.4±0.7	7.4±0.7
2nd instar	8.8±1.1	8.8±0.9	7.6±0.8	7.3±1.0	6.9±1.0	6.6±0.9
3rd instar	8.7±1.0	8.3±0.7	7.7±0.7	6.6±0.5	7.0±0.7	6.4±0.5
4th instar	9.2±1.4	8.8±1.2	8.5±1.2	7.6±1.1	7.8±1.3	6.5±1.2
5th instar	9.7±1.6	9.3±1.5	9.0±2.3	8.3±1.5	7.8±0.9	7.4±2.0
6th instar	12.4±1.0	10.1±1.6	11.8±1.2	8.6±1.6	10.5±1.2	7.9±1.5
7th instar	14.3±1.2	12.3±1.8	13.7±1.6	11.1±2.0	12.7±1.2	10.0±1.1
1st to 7th	72.7±2.7	66.9±3.6	66.0±3.2	57.3±4.3	59.1±3.8	52.1±3.8

Number of instars investigated: 20-30.

Table 4. Preovipositional periods, longevity and fecundity of *Paratlanticus ussuriensis* female adults with different temperatures

Temp. (°C)	Preoviposition period/♀ (days)	Longevity (days)		Fecundity/♀
		♀	♂	
20	5.0±1.6 (26) ^{a)}	32.1±4.8 (30)	31.0±8.0 (30)	69.0±19.8 (26)
25	4.3±1.9 (30)	35.7±6.3 (30)	32.9±6.5 (30)	87.1±18.8 (30)
30	3.4±1.1 (27)	30.1±5.0 (30)	28.1±4.6 (30)	104.3±17.1 (27)

^{a)} Number of adults investigated.

가 높아질수록 다음 영기까지 걸리는 기간은 길어지는 경향을 보였다. 부화약층에서 성충까지의 발육기간은 평균 20°C에서 암컷은 72.7일, 수컷은 66.9일, 25°C에서 암컷은 66.0일, 수컷은 57.3일, 그리고 30°C에서는 암컷은 59.1일, 수컷은 52.1일로 온도가 높아질수록 암수 모두 발육기간이 짧아졌으며, 수컷보다 암컷이 길었다(Table 3).

암컷 성충이 교미 후 산란까지 걸리는 기간은 20, 25, 30°C 각각 평균 5.0, 4.3, 3.4일로 온도가 높아질수록 짧아졌으나 성충수명은 암수 모두 25°C에서 각각 35.7, 32.9일로 가장 길었고 30°C에서는 각각 30.1, 28.1일로 짧았다. 온도별 산란수는 20, 25, 30°C로 온도가 높아질수록 각각 69.0, 87.1, 104.3개로 증가하였다(Table 4).

여치는 같은 과 내에서도 월동형태나 알기간, 영기별 발육기간 등이 다르고, 심지어 같은 종이라도 환경조건에 따라 알의 월동 유무, 날개형태 등에 차이가 나는 등 다양한 특성을 나타내는 것으로 알려져 있는데(Alexander, 1968; Masaki, 1973; Harrison, 1979), 온도별 발육기간은 온도가 높아짐에 따라 발육기간은 짧아졌지만 온도의 변화가 수명에는 크게 영향을 미치지 않았다. 다른 메뚜기목 곤충인 *Teleogryllus emma*에 대해 온도별 발육기간은 역시 온도가 높아질수록 발육기간은 단축되고, 적정온도보다 너무 낮거나 높은 경우에는 수명이 단축되거나 생존이

불가능한 것으로 보고되었다(Kim *et al.*, 2007). 또한 Na 등(2007)은 산란수가 평균 110개(24~195)로 개체간에 산란능력에 차이가 큰 것으로 보고하였는데, 본 연구와도 일치하는 경향이였다. 산란수 역시 온도가 높아짐에 따라 크게 증가하였으며 이 부분은 갈색여치 대발생에 대한 간접적인 원인으로 해석할 수 있다. 그러나 그것만으로 일부 국한된 지역에서의 급격한 밀도 증가에 대한 주원인으로 해석하기에는 무리가 있으며, 대발생에 대한 원인 규명을 위해 또 다른 환경요인이나 생태적 요인에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

산란깊이와 산란시간

산란시기가 다가오면 암컷은 바닥으로 내려와 배 부위를 구부려 산란관을 세워 바닥을 찌르며 산란할 곳을 탐지하는 동작을 보인다. 적절한 산란장소를 찾은 암컷은 자세를 고정된 후 산란관이 vermiculite에 모두 들어갈 때까지 찌른 후 산란하게 된다. 난소에서 나온 알은 산란관을 통하여 vermiculite 깊숙한 곳까지 들어가게 되는데 산란한 알은 표면에서 3~4 cm에 가장 많이 분포하였고 그 다음 2~3 cm에 분포하였다(Fig. 4b, Table 5). 그러나 Na 등(2007)은 산란깊이가 0.5~4 cm로 평균 2.3 cm라 발표

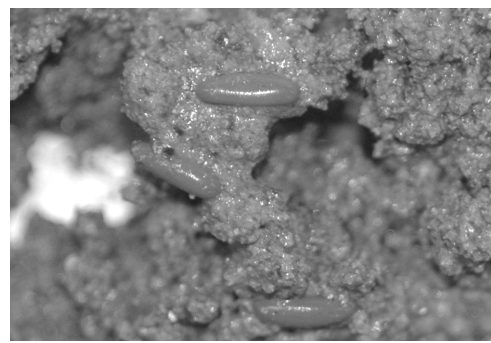
Table 5. Distributional frequency of *Paratlanticus ussuriensis* eggs laid in soil depth

Soil depth (cm)	No. of eggs laid	Distribution, %
0-1	0	0
1-2	2	1.9
2-3	38	36.5
3-4	59	56.7
4-5	5	4.8
5-6	0	0
Total	104	100

Number of female adults investigated: 20.



(A) Ovipositional behavior



(B) Eggs laid

Fig. 4. Ovipositional behavior of *Paratlanticus ussuriensis* female on vermiculite. (A) Female inserts genital into soil and (B) eggs laid.

하였는데 경향은 비슷하지만 약간 다른 결과로 나타났다. 이는 산란배지로서 발토양을 사용한 것이 우리가 사용한 vermiculite와 약간 다르게 나타난 것으로 판단된다. 이는 알의 깊이에 따라 적산온도가 달라져 부화에 영향을 미칠 것으로 판단하여 조절하는 것으로 추측된다. 환경에 따라서 갈색여치는 산란깊이나 산란시간 및 산란수가 다를 수 있다고 추측된다. 암컷은 알을 한 곳에 모두 낳는 경우가 거의 없었으며, 한 번에 몇 개씩 여러 장소를 이동하며 산란하였다. 갈색여치는 산란초기에 알을 몰아서 낳는 경향이 있으며 장소를 옮겨가며 알을 낳았는데, 산란시간에 따른 알의 개수와 비례하지 않았고 상관관계가 없었다 (Fig. 5).

Kim 등(2005)은 왕귀뚜라미의 산란선호 실험에서는 수분을 다량 보유한 오아시스폼에서 가장 많이 산란하는 것으로 보고했으나, Bang 등(2008)은 갈색여치에 대한 산란특성 실험 결과에서 오아시스폼보다 발토양을 선호하는 것으로 보고하였다. 이러한 결과는 왕귀뚜라미와 갈색여치의 월동과 관련한 생태적 차이로 해석하고 있다. 그러나 실제 야외조건에서 산란장소에 대한 실험은 이루어지지 않아 이러한 부분에 대한 정확한 실험이 필요하다.

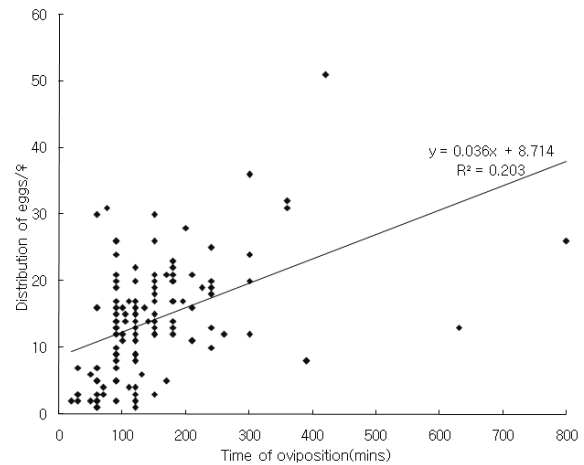


Fig. 5. Relationship between distribution of eggs and time of oviposition (mins) of *P. ussuriensis* female adults. Sample size, n=30.

감사의 글

본 논문은 농림부/농림기술관리센터 지정 포도연구사업단의 연구비지원과 교육인적자원부의 제2단계 두뇌한국 21사업으로 수행한 결과이다.

Literature Cited

- Agri-Facts. 2003. Grasshopper management. Agri. Food & Rural Develop. March 1-11.
- Ahn, K.S., J.O. Yang, D.J. Noh, C. Yoon and G.H. Kim. 2007. Susceptibility of ussur brown katydid, *Paratlanticus ussuriensis* (Orthoptera: Tettigoniidae) to commercially registered insecticides. Korean J. Pestic. Sci. 11: 194-200.
- Alexander, R.D. 1962. The role of behavioral study in cricket classification. Syst. Zool. 11: 53-72.
- Alexander, R.D. 1968. Life cycle origins, speciation and related phenomena in crickets. Quart. Rev. Biol. 43: 1-41.
- Anstey, M.L., S.M. Rogers, S.W. Ott, M. Burrows and S.J. Simpson. 2009. Underlying swarm formation in desert locusts serotonin mediates behavioral gregarization. Science 323: 627-630.
- Bae, Y.J. 1999. Insects life in Korea. Korean entomological institute. Korea Univ. press. 1: pp. 260.
- Bang, H.S., Y.E. Na, M.S. Han, M.H. Kim, K.A. Roh and J.T. Lee. 2008. Ovipositional characteristics of the ussur brown katydid, *Paratlanticus ussuriensis* (Orthoptera: Tettigoniidae). Korean J. Environ. Agr. 27: 274-278.
- Bazazi, S., J. Buhl, J.J. Hale, M.L. Anstey, G.A. Sword, S.J. Simpson and I.D. Couzin. 2008. Collective motion and cannibalism in locust migratory bands. Current Biology 18: 735-759.
- DuMortier, B. 1963. Morphology of sound emission apparatus in arthropoda. In: Acoustic behaviour of animals. Edited by R.G. Busnel. pp. 277-345. Elsevier, Amsterdam.
- ESK. 1994. Entomological Terminology. The Entomological Society of Korea, Korean Society of Applied Entomology. Kon-Kuk University Press. pp. 48-49.
- Fisher, J.R. 1994. Temperature effect of post-diapause development and survival of embryos of three species of Melanoplus (Orthoptera: Acrididae). Ann. Entomol. Soc. Am. 85: 604-608.
- Gwynne, D.T. 1984. Sexual selection and sexual differences in mormon crickets (Orthoptera: Tettigoniidae, *Anabrus simplex*). Evolution 38: 1011-1022.
- Harrison, R.G. 1979. Flight polymorphism in the field cricket *Gryllus pennsylvanicus*. Oecologia 40: 125-132.
- Haskell, P.T. 1974. Sound production. In: The physiology of insects. Edited by M. Rockstein. Vol 2, edn. pp. 353-410. Academic Press, New York.
- Kim, N.J., S.J. Hong, K.Y. Seol, S.H. Kim, N.H. Ahn and M.A. Kim. 2007. Effect of temperature on development and reproduction of the emma field cricket, *Teleogryllus emma* (Orthoptera: Gryllidae). Int. J. Indust. Entomol. 15: 69-73.
- Kim, N.J., S.J. Hong, K.Y. Seol, O.S. Kwon and S.H. Kim. 2005. Egg-forming and preservation methods of the emma field cricket eggs, *Teleogryllus emma* (Orthoptera: Gryllidae). Korean J. Appl. Entomol. 44: 612-65.
- Kim, T.W. 2001. Taxonomy of Korean Tettigoniidae (Orthoptera: Ensifera). Thesis for the degree of master in the department of biology graduate school. Sungshin Women's University. Korean. pp. 59-62.
- Masaki, S. and T.J. Walker. 1987. Cricket life cycles. Evolution Biology 21: 349-423.
- Masaki, S. 1973. Climatic adaptation and photoperiodic response in the band-legged ground cricket. Evolution 26: 587-600.
- Na, Y.E., H.S. Bang, M.H. Kim, Y.J. Oh, M.S. Han, M.K. Kim, K.A. Roh, J.T. Lee and D.R. Choi. 2007. The characteristic on egg-laying and vegetation grazing of *Paratlanticus ussuriensis*. Korean J. Environ. Agr. 26: 364-366.
- Noh, D.J., J.O. Yang, S.R. Moon, C. Yoon, S.H. Kang, K.S. Ahn and G.H. Kim. 2008. Attractants and trap development for ussur brown katydid, *Paratlanticus ussuriensis* (Orthoptera: Tettigoniidae). Korean J. Pestic. Sci. 12: 256-261
- Otte, D. 1992. Evolution of cricket songs. J Orthoptera Res. 1: 25-49.
- Pickford, R. 1966. The influence of date of oviposition and climatic conditions on hatching of *Cammula pellucida* (Scudder) (Orthoptera: Acrididae). Can. Entomol. 98: 1145-1159.
- Powell, L.R., A.A. Berg, D.L. Johnson and J.S. Warland. 1997. Relationships of pest grasshopper populations in Alberta, Canada to soil moisture and climate variables. Agri. For. Entomol. 144: 73-84.
- SAS Institute. 1991. SAS/STAT user's guide: statistics, version 6.04. Cary, N.C., U.S.A.
- Uvarov, B.P. 1926. Some Orthoptera from the Russian Far East. Ann. Mag. Natl. Hist. 17: 273-291.
- Wagner JR, W.E. and W.W. Hoback, 1999. Nutritional effects on male calling behaviour in the variable field cricket. Animal Behavior 57: 89-95.
- Yamasaki, T. 1986. Notes on Korean and Japanese *Paratlanticus* (Orthoptera, Tettigoniidae, Tettigoniinae), with description of a new species. Entomol. Soc. Japan. 54: 723-733.

(Received for publication February 9 2009;
revised March 9 2009; accepted March 12 2009)