

## 영동지역 갈색여치의 발생시기별 서식지의 변화 및 발육생태 특성

방혜선 · 정명표 · 김명현 · 한민수 · 나영은 · 강기경 · 이덕배 · 이경열<sup>1\*</sup>

농촌진흥청 국립농업과학원 농업환경부 기후변화생태과, <sup>1</sup>경북대학교 농업생명과학대학 응용생명과학부

## Habitat Alteration and Developmental Characteristics of the Ussur Brown Katydid *Paratlanticus ussuriensis* in Yeongdong County

Hea-Son Bang, Myung-Pyo Jung, Myung-Hyun Kim, Min-Su Han, Young-Eun Na,  
Kee-Kyung Kang, Deog-Bae Lee and Kyeong-Yeoll Lee<sup>1\*</sup>

Agro-Ecosystem, Environmental Ecology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707

<sup>1</sup>School of Applied Biosciences, College of Agriculture and Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea

**ABSTRACT** : Characteristics of habitat alteration and post-embryonic development of *Paratlanticus ussuriensis* were investigated in the mountain region of Bitanri, Yeongdong county, Chungcheongbuk-do from 2007 to 2009. Overwintered eggs under the ground in the hillside were hatched from late March to early April. The soil temperature during this season was 7~14°C. Young nymphs lived mainly at the hillside by eating oak tree leaves but the 3rd or 4th instars switched their habitat to orchards near the hillside in early May, which is the time for sprouting of peach leaves. Old nymphs developed into the adult stage at the orchards in late May and moved back to the hillside in late June. Duration of post-embryonic development from the first instar nymph to adult was 49.2 days after 7 moltings at 25°C. Female adults collected from the field had long ovipositor (26.2 mm) and were slightly longer in the body length, hind femur, tegmen and pronotum than those of males.

**KEY WORDS** : *Paratlanticus ussuriensis*, Habitat, Development, Population

**초 록** : 충북 영동지역에서 대발생한 갈색여치의 서식지 변화 및 배자후발육의 특징에 관해서 2007년에서 2009년까지 3년간 조사하였다. 갈색여치의 월동알은 3월말에서 4월초까지 약 2주 동안 야산에서 부화하였으며, 이 기간의 지온은 7~14°C로 측정되었다. 부화한 약충은 야산에 서식하며 참나무류의 잎을 가해하였으나 5월 초순경에 3-4령이 되면서 과수원으로 서식처를 이동하였다. 이 시기는 비탄리 일대 과수원 복숭아잎이 개엽하는 시기와 일치하였다. 갈색여치는 복숭아 잎을 가해 하면서 성충까지 발육하였고 6월 하순경에 다시 인근 야산으로 이동하였다. 갈색여치는 부화 후 성충이 되기까지 평균 7회 탈피를 하며, 25°C에서 그 기간은 평균 49.2일이었다. 야외에서 채집한 암컷 성충은 평균 26.2 mm의 긴 산란관을 가지며 앞가슴등판 및 뒷다리 퇴절의 크기가 수컷보다 컸다.

**검색어** : 갈색여치, 서식지, 발육, 밀도

갈색여치(*Paratlanticus ussuriensis*)는 메뚜기목 여치상과(Tettigonioidea)에 속하는 곤충으로 우수리강에서

최초로 채집되어 학계에 보고되었다(Uvarov, 1926). 여치상과는 여치아목(Ensifera, Grylloptera)에 속하는 3개

\*Corresponding author. E-mail: leeky@knu.ac.kr

의 상과 중에서 가장 큰 분류군이며 전 세계적으로는 24과 900속 약 6000여종 이상이 알려져 있고 우리나라에는 30종이 보고되었다(Kim, 2001). 주로 온대와 난대, 특히 열대 지방에서 종 다양성이 높으며, 잡식성 및 포식성의 식성을 가진다(Kevan, 1982).

우리나라에서 갈색여치는 제주도를 제외한 전역의 산림에서 서식하는 것으로 알려져 있지만(Kim, 2001), 산림 및 농작물에 피해를 줄 만큼 개체군의 밀도가 증가한 사례가 드물어 해충으로 분류되지 않았다. 그러나 2006년과 2007년에 충북 영동군의 산간지역에 있는 복숭아, 포도, 자두 등의 과수원에 대발생하여 잎, 줄기, 열매 등을 갉아 먹는 등 작물생산에 많은 피해를 유발하였다(Na *et al.*, 2007; Ahn *et al.*, 2007; Bang *et al.*, 2008). 전 세계적으로 메뚜기목 곤충이 대발생한 사례는 많이 보고되었는데 대부분이 메뚜기과(Acridoidea)에 속하는 종들로서 호주, 아프리카, 서남아시아에서 사례를 찾아볼 수 있다(Nailnad and Hanrahan, 1993; Todd *et al.*, 2002; van der Valk, 2006; Wardhaugh, 1980). 하지만, 상대적으로 여치과(Tettigoniidae)에 속하는 종들이 대발생한 사례는 극히 드물며 한 예로서 북아메리카 서부 지역의 Mormon cricket로 알려진 *Anabrus simplex* (shieldbacked katydid)가 대발생한 보고가 있다(Sword, 2005). 여치과에 대한 연구는 형태와 관련된 소리 연구에 편중되어 왔고(Faure and Hoy, 2000; Montealegre, 2009), 환경 인자에 따른 휴면연구에 대해서는 유럽종에 대해서 몇몇 연구결과가 있다(Hartley and Warne, 1972; Ingrisich 1985; 1986). 효율적인 갈색여치의 방제를 위해서는 전반적인 갈색여치의 발육과 발생소장에 대한 연구 결과가 요구되고 있는 실정이지만 이에 대한 연구가 부족한 실정이다(Moon *et al.*, 2009).

본 연구는 최근 영동지역 과수원에 대발생하여 심각한 피해를 발생시키고 있는 갈색여치의 대발생 원인 구명 연구의 일환으로 갈색여치의 계절적 발육 및 생태에 대한 정보를 얻고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 서식처 온도변화

2006년 갈색여치가 대발생한 충북 영동 비탄리 야산(동경 127° 47' 59.10", 북위 36° 12' 12.50")에서 2006년 10월부터 2009년 4월까지 약 3 cm 깊이에 지온측정

기(Model 100 WatchDog, Spectrum®, USA)를 설치하고, 2시간 간격으로 지온을 측정하여 일일평균지온으로 산출하였다.

### 서식처 이동 및 밀도변화 조사

갈색여치가 부화 후 야산과 과수원을 이동하며 피해를 입히는 시기를 파악하기 위해 2007년과 2008년 3월 상순부터 9월말까지 충북 영동 비탄리 야산과 과수원에서 1주일 간격으로 갈색여치 발생유무 및 밀도를 조사하였다. 야산에서는 1 m<sup>2</sup> 격자 안에서 서식하는 갈색여치 밀도를, 과수원에서는 한그루에 서식하는 밀도를 Onsager(1976)의 방법에 따라서 10회 조사하였다. 갓 부화한 갈색여치 약충은 1 cm 미만으로 작았고, 낙엽사이에 숨어 있어서 포충망으로 채집하기에는 어려움이 있었다. 따라서 1-3령 약충은 뜰채(Ø20 cm)를 이용하여 채집하였고, 그 이후에는 포충망을 이용하였다. 3월 초순부터 5월 초순까지 밀도 조사가 가능하였고 그 이후에는 대발생하여 기존의 조사방법으로는 밀도 측정이 어려웠다. 2008년에는 3월부터 밀도조사를 2007년과 동일한 방법으로 실시하였고, 5월 초순경에는 끈끈이 트랩(그린아그로텍, 한국)을 과수나무 밑둥이에 지상으로부터 30 cm에 붙힌 뒤에 포획된 갈색여치를 그루당 밀도로 추정하였다. 채집시마다 암수 10개체씩 선별하여 체장을 조사하였다. 6월 초순에 성충으로 채집된 개체는 암수 구분하여 생체 무게를 미세저울로 측정하였고, 냉동고(-75°C)에 넣어서 형태에 변화 없이 죽제한 후 앞가슴등판 길이와 폭, 뒷다리 퇴절의 길이, 앞날개 길이 및 산란관 길이를 측정하였다(Rentz, 1985). 암수의 신체 특성 비교는 SYSTAT(version 9.0, SPSS Inc.) 프로그램의 t-test를 이용하여 분석하였다.

### 시험 곤충의 사육 및 약충의 발달단계 분석

갈색여치는 충북 영동지역에서 2007년 4월부터 5월 까지 약충을 채집하여 국립농업과학원 기후변화생태과 향온실(25±2°C, 40~60% RH, L:D = 14:10)에서 사육하였다. 성충으로 발육할 때까지 개별사육하였으며 밀기울과 어분을 1:1 비율로 섞은 먹이를 물과 함께 공급하였고, 곰팡이가 생기지 않도록 매일 신선한 먹이로 교체하였다(Bang *et al.*, 2008). 성충이 된 후 2주 후부터 암수 1쌍씩 투명 플라스틱 사육상자(15×10×15 cm<sup>3</sup>)(서원플라스틱, 한국)에 넣어 교미를 유도하였다.

성충은 먹이가 있어도 서로 잡아먹는 습성이 있어서 일단 교미가 끝난 후에는 암컷이 계속 산란할 수 있도록 수컷을 제거하였다. 실내 25°C에서 산란된 알은 페트리 접시(Ø150 mm×25 mm)에 버미쿨라이트와 발토양(모래 63%, 미사 18%, 양토 9%)을 각각 1:1로 섞은 배지를 깔고 알을 넣은 다음 수분을 공급하였다(Bang *et al.*, 2009). 갈색여치는 알단계에서 휴면을 하며 저온처리에 의해서 휴면이 타파되므로, 25°C에서 1개월, 7.5°C에서 1개월, 다시 25°C에서 3개월, 7.5°C에서 1개월을 보낸 후 25°C에서 부화된 개체를 개별사육하였다(Bang *et al.*, 2009). 약충은 플라스틱 케이지에서 부화 직후 1령 약충부터 성충까지 사육하였고, 매일 오전 동일한 시간에 체장을 조사하였다. 갈색여치 발달단계의 영기구분을 위해 두부의 크기 측정을 시도하였다. 하지만, 갈색여치는 손으로 잡기만 하면 긴 뒷다리를 자절(autotomy)하는 특징이 있으므로 그 이후의 발육에 악영향이 있을 것으로 판단된다(unpublished observation). 따라서, 본 연구에서는 령기에 따른 체장을 측정하기 위하여 갈색여치가 투명 플라스틱 케이지의 윗부분에 매달려 있는 습성을 이용하였다. 즉, 갈색여치가 배면을 위로 향하여 매달려 있을 때에 디지털 버니어캘리퍼스(Mitutoyo,

CD-15CP)를 이용하여 체장을 측정하였다. 또한, 갈색여치 탈피각의 유무에 따라 탈피시기를 결정하였다.

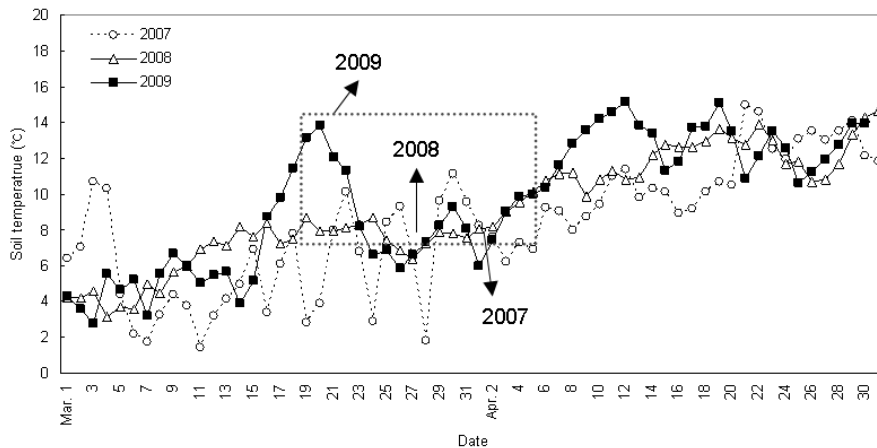
## 결과 및 고찰

### 서식처 이동 및 밀도 변화

2007년부터 2009년까지 충북 영동군 비탄리에서 갈색여치의 부화시기를 조사한 결과 각각 4월 1일, 3월 28일, 3월 20일에 처음으로 1령 약충이 관찰되었다(Table 1). 또한 이 시기의 토양온도는 각각 8.24°C, 7.23°C, 13.85°C로서 갈색여치 알은 7-14°C 범위에서 부화하였다(Fig. 1). 갈색여치와 유사한 여치류인 *Eobiana engelhardti subtropica*의 부화최적온도는 11-15°C이며 20°C 이상에서는 부화율이 현저히 감소했다(Higaki and Ando, 2005). 또한, 유럽종 여치류인 *Decticus verrucivorus*는 15°C에서 부화율이 가장 높았고, 20°C에서는 부화하지 않았다(Ingrisch, 1984b). 3년간 조사한 결과 갈색여치의 휴면 알의 부화시기가 해마다 4일과 8일 정도 빠르게 나타났다. 하지만 부화 시기의 토양온도는 2007년에 비해서

**Table 1.** The first hatching of *P. ussuriensis* eggs in the field of Bitanri, in relation to the ground temperature and the preceding temperature sums

Years	First hatching dates	Accumulated temperature above 5°C (median degree/day) at the first hatching
2007	April 1st	60.63
2008	March 28th	47.98
2009	March 20th	46.77



**Fig. 1.** Ground temperature of Bitanri, Yeongdong county during hatching periods of 2007, 2008 and 2009. The arrows indicate the first hatching day of each year. The hatching temperature zone is from 7°C to 14°C in 3 cm under the ground.

2008년에는 약간 감소했고 2009년에는 크게 증가했다. 2007년부터 2009년까지 2월 이후부터 갈색여치가 부화를 하기까지 비탄리 야산의 지온이 5°C 이상인 날의 적산온도를 산출한 결과 각각 60.63, 49.34, 46.77일도로 나타났다(Table 1). 유럽의 여치류인 *Tettigonia viridissima* 및 *T. cantans*의 3년간 조사 결과를 보면 부화시기가 4월 말과 5월 초순이고 발육영점온도가 5°C 이상일 때 유효적산온도는 94.75~149.25일도로 나타났다(Ingrisch, 1985). 즉, 갈색여치는 유럽산 여치에 비해서 월동후 일찍 부화하는 것으로 판단이 된다. 많은 여치류의 월동난이 봄에 부화하는 시기를 결정하는 중요한 요인으로서 토양온도뿐만 아니라 습도와 같은 다른 요인들이 밀접한 관련이 있는 것으로 보고 된 바 있다(Ingrisch, 1985). 갈색여치 또한 부화시기의 토양온도 이외에 여러 가지 요인들이 부화시기를 결정하는 것으로 판단된다. 예를 들면, 성충이 산란하는 시기의 기후조건, 산란후 휴면유입시기 및 월동기간의 기후조건 등을 들 수 있다. 여치류의 알들은 배 발생의 초기 또는 후기단계에 휴면에 들어가며 1년, 2년 또는 그 이상 월동을 하면서 휴면기간이 연장되는 특징을 가진 종들이 많다(Ingrisch, 1984b, 1985). 이러한 차이는 산란시기의 온도 차이에 따라서 다를 수 있는데 발생초기에 나타나는 초기휴면이 사라지고 후기휴면만 거치면서 한해만 월동을 하고 깨어날 수 있는 반면에 초기휴면과 후기휴면을 거치면서 2회의 월동기간을 요구하는 경우도 있다. 또한, 월동시기에 거치게 되는 저온의 량 및 밤낮의 기온차와 같은 온도패턴에 따라서 부화시기 및 부화율이 변할 수 있다. 즉, 겨울동안 추위의 정도 및 온도의 주기적 변동이 휴면기간 조절 및 부화시기를 결정하는데 중요한 요인으로 작용할 것이라고 판단이 된다. 갈색여치의 부화시기 변동에 대한 정확한 이해를 위하여 다양한 기후조건 분석이 요구된다.

3월말에서 4월 초순에 부화한 어린 약충은 산지의 낙엽 쌓인 곳에서 발견이 되며, 초기에는 낙엽 등의 부식질을 먹다가 활엽수들의 개엽시기에 맞추어 참나무류의 어린잎을 가해한다(Na et al., 2007). 또한, 부화약충은 잡초 등의 새순을 가해하는 것으로 보고된 바 있다(Moon et al., 2009). 2006년 갈색여치가 대발생한 비탄리 과수원 2곳과 과수원에 인접한 야산에 발생하는 갈색여치의 밀도를 비교해 본 결과 2007년과 2008년 4월 초순부터 5월 초순까지는 야산에 주로 서식하였고 5월 초순경의 갈색여치 연령구조는 3-4령이었다(Fig. 2 and 3). 2007년 4월 23일까지 비탄리 야산의 약충 밀도가

6.6마리/m<sup>2</sup> 이었다. 3령 이후인 5월 초순부터 야산에서 과수원으로 서식처를 이동하기 시작하였다(Fig. 3). 5월 초순에 과수원에서 갈색여치의 서식밀도는 복숭아 1주당 1.2마리였다. 5월 22일부터 갈색여치 약충은 복숭아 열매를 가해하기 시작하였고, 밀도는 복숭아 1주당 30마리를 넘었으며, 단위면적당 10마리/m<sup>2</sup>를 초과하였다. 6월 20일 이후부터 7월 10일까지는 장마기간이었으며 이때에 과원의 밀도는 소강상태를 보여 1마리/m<sup>2</sup>로 낮아졌으며, 주로 강한 비를 피해 과수원 인근의 넓은 잎을 가진 식물에 서식하였다. 한편, 2008년 4월 17일경 비탄리 야산에서 갈색여치 밀도는 2마리/m<sup>2</sup> 이하로 2007년의 같은 시기보다 낮은 수준으로 발생하였고, 5월말까지 2마리/m<sup>2</sup> 수준을 유지하였다(Fig. 4). 2007년도와 같이 5월 8일을 기점으로 복숭아 개엽시기에 맞추어 갈색여치가 야산에서 과수원으로 서식처를 이동하였고 과수원 끈끈이 트랩에 포획된 밀도는 평균 4~12마리 수준이었다(Fig. 4). 메뚜기류의 밀도증가나 서식처의 이동이 식생과 밀접한 관계가 있으며, 서식처 선택에 있어 식생의 물리적 구조가 영향을 미치는 것으로

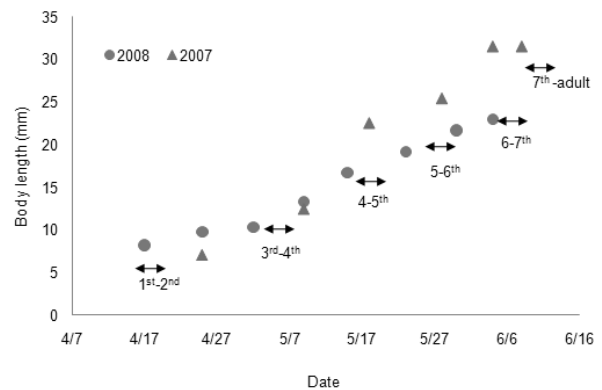


Fig. 2. Temporal age structure of *P. ussuriensis* at Bitanri, Yeongdong county in 2007 and 2008.

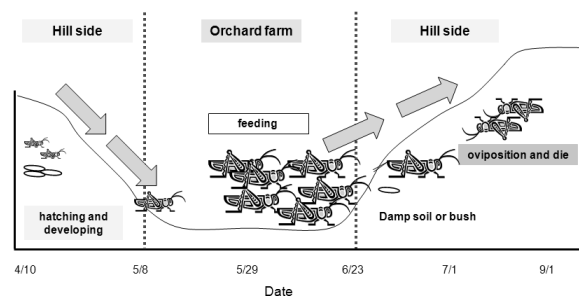


Fig. 3. The changes of behavior and habitat of *P. ussuriensis* at Bitanri, Yeongdong county in 2007. Arrows indicate the movement direction of *P. ussuriensis* between hill side and orchard farm.

보고된 바 있다(Hewitt, 1979). 갈색여치 또한 같은 시기에 채취한 굴참나무 잎보다 복숭아 잎을 선호하는 것으로 관찰되었으며(unpublished data) 갈색여치가 서식처를 바꾸는 원인이 먹이원과 관련이 있을 것으로 추정된다. 갈색여치의 서식처 전환에 대한 정확한 원인을 밝히기 위해서 갈색여치 먹이원의 식생 및 이화학적 구조의 시기적 변화에 대한 연구뿐만 아니라 갈색여치 약충의 발달단계에 따른 습식육구, 소화효소의 변화 및 영양물질의 선호성 등과 같은 생화학적 연구가 뒤따라야 할 것으로 판단된다.

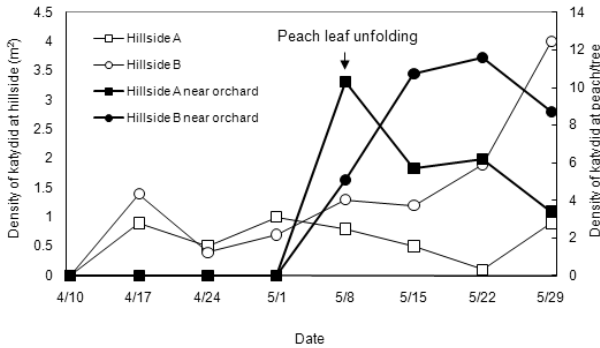
2007년과 2008년에 조사된 갈색여치 성충의 발생최성기는 6월 중순으로서 과수원에서 먹이를 섭취한 뒤 6월 하순 장마가 시작됨과 동시에 다시 인근 야산의 덩불지역으로 서식처를 옮겼고 이후 과수원으로 다시 내려오지 않아서 7월 이후에는 과수원에 피해가 감소하였다(Fig. 3). 암컷의 산란 시기는 7월초가 최성기이며, 7

월부터 9월까지 축축한 덩불속에 산란을 하고, 산란된 알은 1년 또는 2년 휴면을 하고 봄에 부화하는 것으로 보고되었다(Bang et al., 2008, 2009). 성충은 야외에서 9월까지 덩불에서 관찰이 되었다.

**발육생태 특성**

실내에서 갈색여치의 발육을 관찰한 결과 1령 약충에서 성충이 되기까지 갈색여치의 평균 탈피 횟수는 7회이지만 개체에 따라 다르게 나타나는 경우도 있었다. 즉, 6회 또는 8회 탈피하는 개체도 있었으며, 8회 탈피한 개체는 모두 암컷에서 관찰되었다. 메뚜기류의 탈피 횟수는 종에 따라 차이가 있고, 같은 종 내에서도 환경이나 유전적 요인에 따라서 탈피 횟수가 2~9회 정도 다르게 나타난다고 보고한 바 있다(Brown, 1983; Masaki, 1980). 예를 들면, *Gryllus bimaculatus*는 16L:8D의 광조건에서 사육했을 때 온도가 올라갈수록 탈피횟수가 줄어들었으며, *Dianemobius nigrofasciatus*와 *D. mikado*의 월동난은 12L:12D의 광조건에서 6회 탈피 후 성충이 되지만, 14L:10D의 광조건에서 2~3회 더 탈피한다(Merkel, 1977; Masaki, 1980). 본 연구의 결과는 환경조건(온도, 광조건, 먹이)이 일정한 실내에서 관찰한 것이므로 유전적 변이에 의해 탈피횟수가 개체에 따라 다르게 나타나는 것으로 판단된다.

실내에서 부화한 갈색여치 약충은 25°C에서 사육한 경우에 1령 약충에서 성충까지는 49.2일이 소요되었다(Table 2). 하지만, Moon(2009)에 의하면 25°C에서 발육기간이 암컷은 66.0일, 수컷은 57.3일로 보고한 바 있으며 본 연구의 결과와 차이가 있었다. 이러한 갈색여치 발육기간의 차이는 같은 온도조건이더라도 먹이, 습도 및 사육상자 등과 같은 다양한 사육환경에 의하여 달라질 수 있음을 보여준다. 또한 본 연구에서는 실내



**Fig. 4.** Population dynamics of *P. ussuriensis* at hillside and orchard farms nearby the hillside at Bitanri, Yeongdong county from 10th April to 30th May in 2008. The arrow indicates the date of peach leaf unfolding at two orchard farms. Each site surveyed 10 replicates.

**Table 2.** Intervals of each instar during postembryonic development of *P. ussuriensis* at 25°C.

	Observed numbers	Time (days)	
		Range	Mean±SD
1st-instar	25*	7-12	9.59±1.37
2nd-instar	22	5-7	5.45±0.60
3rd-instar	22	5-8	5.64±0.79
4th-instar	22	4-7	5.50±0.74
5th-instar	22	4-8	6.36±1.05
6th-instar	22	4-13	8.32±2.21
7th-instar	22	9-11	10.22±0.73
1st instar to adult	22	45-54	49.23±2.43

\* female 10, male 15

에서 휴면중인 알을 저온처리 후에 이용하였으나 Moon 등(2009)의 경우에는 야외에서 채집한 1령 약충을 이용하였다. 즉, 실내사육조건 및 갈색여치의 난발육조건과 같은 요인들이 같은 온도조건이라도 약충의 발육기간에 큰 영향을 끼친 것으로 판단이 된다.

암컷의 산란관은 4령부터 관찰되었으며, 5령 이후부터 육안으로 쉽게 확인되었다. 이 시기의 산란관 길이는 4.5 mm 이하이지만, 성장함에 따라서 산란관이 길어져서 암컷 성충의 길이는 평균 24.0 mm이었다(Table 3). 실내에서 사육한 알에서 부화한 1령 약충의 체장은 평균 5.5 mm이었으나 7회의 탈피 과정을 거친 성충은 약 30 mm까지 성장했다(Table 3). 그러나, 야외에서 채집된 성충의 체장은 실내 사육한 개체들보다 4.2-6.6 mm 길게 성장했다(Table 4). 성충의 각 신체 부위의 특징에 관해서 성적 차이를 비교해 본 결과 암컷의 체장, 앞가슴등판 폭, 앞날개 길이 및 뒤퇴절 길이가 수컷에 비해 크게 나타났다( $P < 0.05$ )(Table 4). 본 연구에서 채집한 갈색여치의 체장은 암컷이 36.8 mm, 수컷이 34.4 mm로서 기존에 보고된 것과 비교해 볼 때에 더 길게

나타났다. 예를 들면, 25.6 mm(암), 21.7-24.9 mm(수) (Yamasaki, 1986), 24.5-28.1 mm(암), 23.2-31.0 mm(수) (Storozhenko and Paik, 2007), 24.2-32.7 mm(Kim, 2007), 32.3 mm(암), 31.08 mm(수) (Moon *et al.*, 2009)로서 평균적으로 5-10 mm가 큰 것으로 판단된다. 이러한 차이는 본 연구에서 채집한 갈색여치가 과원에서 서식한 개체들이므로 먹이원의 양호한 영양조건이 성장에 중요한 역할을 한 것으로 판단이 된다. 한편, 갈색여치의 산란관은 유사종인 *P. palgongensis*보다 1-5 mm가 짧으며 쓰시마섬에 서식하는 *P. tsushimensis* 보다 6.5-13 mm가 짧은 것으로 보고된 바 있다(Yamasaki, 1986; Storozhenko and Paik, 2007). 즉, 갈색여치는 한국과 일본에 서식하는 *Paratlanticus*속 3종중에서 산란관이 가장 짧은 종인 것으로 여겨진다.

실내와 야외에서 갈색여치의 발육을 살펴본 결과 갈색여치는 3월말 또는 4월 초순에 알에서 부화하여 약 49일 이상의 발육기간을 거쳐 6월 초순에 성충이 되며, 9월 초순까지 약 90일 동안 성충으로 생활하다가 야산에서 죽는다(Fig. 3).

**Table 3.** Morphological measurement of body length in each postembryonic stage of *P. ussuriensis* at 25°C

	No.	Body length (mm)	
		Range	Mean±SD
1st-instar	25*	4.0~6.0	5.45±0.67
2nd-instar	22	7.0~11.0	8.95±1.09
3rd-instar	22	10.0~14.0	11.91±1.15
4th-instar	22	11.0~17.0	14.27±1.67 (2.0) **
5th-instar	22	15.0~21.0	8.14±1.86 (4.5)
6th-instar	22	18.0~25.0	21.36±2.26 (9.5)
7th-instar	22	23.0~30.0	25.64±2.34 (20.6)
Adult	22	28.0~34.0	30.23±1.15 (24.0)

\* female 10, male 15; \*\* The parenthesis represents the ovipositor length in each stage.

**Table 4.** The comparisons of body characteristics between female and male *P. ussuriensis* collected from the field

Body characteristics	Female		Male	
	Average	Range	Average	Range
Body length (mm)	36.80±2.53 a <sup>1)</sup>	32.01~42.49	34.38±1.79 b	30.55~36.98
Pronotum length (mm)	8.69±0.65 a	7.44~9.95	8.02±0.66 a	7.04~9.54
Pronotum width (mm)	8.37±0.55 a	7.02~9.34	7.53±0.49 b	6.84~8.77
Tegmen length (mm)	2.91±0.67 a	1.77~4.35	2.79±0.36 b	2.03~3.62
Hind Femur length (mm)	27.79±1.72 a	21.5~31.39	25.50±1.54 b	23.26~29.22
Ovipositor length (mm)	26.17±1.86	21.29~29.35	-	-
Fresh body weight (g)	2.48±0.50 a	1.73~3.05	2.52±0.33 a	2.05~2.99

<sup>1)</sup> Means in columns followed by the same letter are not significantly different by t-test ( $P = 0.05$ ).

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학기술원 연구비지원 (RIMS 2007139009800002) 및 어젠다 5, 대과제 14번 기후변화 영향평가 및 예측(과제번호 200901FHT051430505) 분야의 소과제로 수행되었으며, 갈색여치를 사육하고 연구를 원활히 수행할 수 있도록 도와주신 박성애, 임효진님께 감사드립니다.

## Literature Cited

- Ahn, K.S., J.O. Yang, D.J. Noh, C.M. Yoon and G.H. Kim. 2007. Susceptibility of ussur brown katydid, *Paratlanticus ussuriensis* (Orthoptera: Tettigoniidae) to commercially registered insecticides. *Kor. J. Pestic. Sci.* 11: 194-200.
- 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). *Kor. J. Environ. Agric.* 27: 274-278.
- Bang, H.S., Y.E. Na, M.S. Han, M.P. Jung, M.H. Kim, K.K. Kang, D.B. Lee and K.Y. Lee. 2009. Effects of chilling and overwintering temperature conditions on the termination of egg diapause of the ussur brown katydid *Paratlanticus ussuriensis*. *Kor. J. Appl. Entomol.* 48: 221-227.
- Brown, V.K. 1983. Grasshoppers (Naturalists' handbook: 2). Cambridge University Press. Cambridge. UK.
- Faure, P.A. and R.R. Hoy. 2000. The sounds of silence; cessation of singing and song pausing are ultrasound-induced acoustic startle behaviors in the katydid *Neoconocephalus ensiger* (Orthoptera: Tettigoniidae). *J. Comp. Physiol. A* 186: 129-142.
- Hartley, J.C. and A.C. Warne. 1972. The developmental biology of the egg of Western European Tettigoniidae (Orthoptera). *J. Zool. Lond.* 186: 267-298.
- Hewitt, G.B. 1979. Hatching and development of rangeland grasshoppers in relation to forage growth, temperature, and precipitation. *Environ. Entomol.* 8: 24-29.
- Higaki, M. and Y. Ando. 2005. Effects of temperature during chilling and pre-chilling periods on diapause and post-diapause development in a katydid, *Eobiana engelhardti subtropica*. *J. Insect Physiol.* 51: 709-716.
- Ingrisch, S. 1984a. Embryonic development of *Decticus verrucivorus* (Orthoptera: Tettigoniidae). *Entomol. Gener.* 10: 1-9.
- Ingrisch, S. 1984b. The influence of environmental factors on dormancy and duration of egg development in *Metriopectera roeseli* (Orthoptera: Tettigoniidae). *Oecologia* (Berlin). 61: 254-258.
- Ingrisch, S. 1985. Effect of hibernation length on termination of diapause in European Tettigoniidae (Insect: Orthoptera). *Oecologia* (Berlin). 65: 376-381.
- Ingrisch, S. 1986. The plurennial life cycles of the European Tettigoniidae (Insecta: Orthoptera). 1. The effect of temperature on embryonic development and hatching. *Oecologia* (Berlin). 70: 606-616.
- Kevan, D.K.McE. 1982. Orthoptera. pp. 353-383. *In* Synopsis and classification of living organisms, eds. by S.P. Parker. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Kim, T.W. 2001. Taxonomy of Korean Tettigonioidae (Orthoptera: Ensifera). Thesis for the master degree in the graduate school. Sungshin Women's University. Korea. pp. 59-62.
- Kim, T.W. 2007. A Taxonomic Review of the Korean Orthoptera (Insecta). Thesis for the doctoral degree in the graduate school. Sungshin Women's University. Korea.
- Merkel, G. 1977. The effect of temperature and food quality on the larval development of *Gryllus bimaculatus* (Orthoptera: Gryllidae). *Oecologia* 30: 129-140.
- Masaki, S. 1980. Summer diapause. *Ann. Rev. Entomol.* 25: 1-15.
- Montealegre, Z.F. 2009. Scale effects and constraints for sound production in katydids (Orthoptera: Tettigoniidae): correlated evolution between morphology and signal parameters. *J. Evol. Biol.* 22: 355-366.
- Moon, S.R., D.J. Noh, J.O. Yang, C.M. Yoon, K.S. Ahn and G.H. Kim. 2009. Seasonal occurrence and developmental characteristics of ussur brown katydid, *Paratlanticus ussuriensis* Uvarov (Orthoptera: Tettigoniidae). *Kor. J. Appl. Entomol.* 48: 11-19.
- Na, Y.E., H.S. Bang, M.H. Kim, M.S. Han, K.A. Roh, J.T. Lee and D.R. Choi. 2007. The characteristic on egg-laying and vegetation grazing of *Paratlanticus ussuriensis*. *Kor. J. Environ. Agric.* 26: 364-366.
- Nailand, P. and S.A. Hanrahan. 1993. Modelling brown locust, *Locustana pardalina* (Walker), outbreaks in the Karoo. *South African J. Sci.* 89: 420-426.
- Onsager, J.A. 1976. Comparison of five methods for estimating density of rangeland grasshopper. *J. Econ. Entomol.* 70: 187-190.
- Rentz, D.C.F. 1985. The Tettigoniinae. pp. 1-5. *In* Vol. 1, A monograph of the Tettigoniidae of Australia. 384 pp. CSIRO, Australia
- Storozhenko, S.Y. and J.C. Paik. 2007. Orthoptera of Korea. 232 p. Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Dalnauka
- Sword, G.A. 2005. Local population density and the activation of movement in migratory band-forming Mormon crickets. *Anim. Behav.* 69: 437-444.
- Todd, M.C., R. Washington, R.A. Cheke and D. Kniveton. 2002. Brown locust outbreaks and climatic variability in southern Africa. *J. Appl. Ecol.* 39: 31-42.
- Uvarov, B.P. 1926. Some Orthoptera from the Russian Far East. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 9: 273-291.
- van der Valk, H. 2006. Environmental impact of barrier treatments against locusts - A review of field studies. Desert Locust Technical Series No. 33 (report no. AGP/DL/TS/33). 75 pp. Plant Production and Protection Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy
- Wardhaugh, K.G. 1980. The effects of temperature and moisture on the inception of diapause in eggs of the Australian plague locust, *Chortoicetes terminifera* Walker (Orthoptera: Acrididae). *Aust. J. Ecol.* 5: 187-191
- Yamasaki, T. 1986. Notes on Korean and Japanese *Paratlanticus* (Orthoptera, Tettigoniidae, Tettigoniinae), with description of a new species. *Kontyu, Tokyo*, 54: 723-733.

(Received for publication October 12 2009;  
revised November 21 2009; accepted November 23 2009)