

## 갈색여치 알의 휴면타파를 위한 저온처리 및 월동 온도조건의 영향

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

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

## Effects of Chilling and Overwintering Temperature Conditions on the Termination of Egg Diapause of the Ussur Brown Katydid *Paratlanticus ussuriensis*

Hea-Son Bang, Myung-Hyun Kim, Myung-Pyo Jung, Min-Su Han, Young-Eun Na,  
Kee-Kyong 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>Division of Applied Biosciences, College of Agriculture and Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea

**ABSTRACT :** Temperature effects on diapause termination of *Paratlanticus ussuriensis* eggs were studied by measuring embryonic development and hatching rates at various conditions of indoor chilling and overwintering temperatures. Diapausing eggs of *P. ussuriensis* did not hatch at continued incubation at 25°C and even after chilling for once at either 5°C or 10°C for 30, 45 and 60 days. In addition, double chillings at 5°C with a 90 days interval at 25°C did not induce hatching of diapausing eggs. However, double chillings at 10°C induced hatching at 3.6~26.7%. When eggs were incubated at 25°C after chilling for once at 5°C for various periods, those weights were not changed but those chilled at 10°C gradually increased to approximately 1.5 times. When 60-days-old eggs were artificially deposited under the soil at three different mountain sites in September 2007, the hatching rates of the first-overwintered eggs were 11.3, 3.5 and 4.1% and those of the second-overwintered eggs were 25.1, 21.6 and 0.4% at Hoepori, Bitanri and Hwasanri, respectively. Most eggs were hatched from mid-March to mid-April but little bit earlier in southern regions. During the hatching period soil temperatures in three tested locations were around 8 to 12°C. In overall, diapausing eggs of *P. ussuriensis* were greatly influenced by chilling temperature conditions and those repeated cycles, and may required overwintering for one or two times to hatch for the post-embryonic development.

**KEY WORDS :** Chilling, Hatching, Diapause termination, *Paratlanticus ussuriensis*

**초 록 :** 갈색여치 알의 휴면타파에 대한 온도의 영향을 조사하기 위하여 실내 및 야외의 다양한 온도조건에서 배자발달 및 부화율을 측정하였다. 갈색여치 휴면알을 25°C에서 계속 사육할 경우 부화하지 않았으며 1회 저온처리(5°C 또는 10°C에서 30, 45, 60일간)한 후 25°C에서 사육해도 부화하지 않았다. 또한, 5°C에서 같은 기간 동안 2회 저온처리를 한 경우에도 부화하지 않았다. 그러나 10°C에서 2회 반복하여 저온처리를 했을 때에 3.6~26.7%의 알이 부화하였다. 1회 저온처리 후 25°C에서 부화하지 않은 알의 무게를 측정한 결과 5°C에서 저온처리한 알들은 변하지 않았으나 10°C의 경우에는 1.5배 증가했다. 90일 된 알을 2007년 9월에 산간지역 3곳의 땅속에 묻은 후에 월동후 부화율을 관찰한 결과, 충북 영동 회포리, 비탄리 및 경북 화산리에서 1회 월동알의 부화율은 11.3,

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

3.5, 4.1%였지만 2회 월동알은 25.1, 21.6, 0.4%였다. 부화는 3월 중순부터 4월 중순 사이이지만 남쪽에서 약간 일찍 부화하였다. 이 시기의 토양온도는 8~12°C로 나타났다. 본 연구결과 갈색여치 휴면알은 반복적인 저온기간의 영향이 크며 야외에서는 1회 또는 2회의 월동기간이 필요한 것으로 판단된다.

**검색어 :** 저온, 부화, 휴면타파, 갈색여치

최근 충북 영동지역에 갈색여치(*Paratlanticus ussuriensis*)가 대발생하여 산간지역 과수원의 복숭아, 포도, 자두 등의 잎과 줄기, 열매 등을 갉아 먹는 등 많은 피해를 유발하고 있다. 이런 갈색여치의 대발생 현상은 2006년 및 2007년도에 영동지역에서 나타났으나 최근에는 옥천, 청원, 보은 등 인근 지역으로 확산되고 있는 추세이다(Na et al., 2007; Bang et al., 2008).

갈색여치는 메뚜기목(Orthoptera) 여치과(Tettigoniidae)에 속하는 곤충으로 우수리강(중국과 러시아의 경계를 이루고 있는 흑룡강의 지류)에서 최초로 채집되어 학계에 보고되었다(Uvarov, 1926). 우리나라에서는 갈색여치가 제주도를 제외한 모든 지역의 산림에 서식하는 것으로 알려져 있지만, 지금까지 농작물 및 산림에 피해를 준 보고가 없어 해충으로 분류되지 않았다(Kim, 2001). 최근 갈색여치에 대한 연구는 국내 분포현황(Kim, 2001), 산란특성(Na et al., 2007), 살충제 감수성(Ahn et al., 2007) 및 유인트랩(Noh et al., 2008)에 관하여 보고된 바 있으나 갈색여치의 월동생리생태 및 대발생의 관계에 대한 연구는 추진된 바가 없다.

여치류는 일반적으로 알 단계에서 휴면상태로 월동을 하게 되는데 휴면기간이 한 해 또는 여러 해 동안 지속될 수 있으며 이러한 현상은 종-특이적으로 다양하게 나타난다고 알려져 있다(Ingrisch, 1984a, 1984b). Ingrisch (1986)는 유럽에 서식하는 여치류를 알휴면 기간 및 조건에 따라 3종류의 생활환을 가지는 것으로 분류했는데, 기본적으로 1년생 생활환, 1년생 또는 2년생 생활환, 그리고 2년생 또는 다년생 생활환으로 구분했다. 1년생 생활환은 이듬해 봄에 휴면이 타파되어 부화를 하는 종들이고, 1년생 또는 2년생 생활환을 가지는 종들은 휴면기간의 온도조건에 따라서 이듬해 봄에 부화를 하거나 아니면 그 다음해에 부화를 한다. 2년생 또는 다년생 생활환을 가지는 종들은 휴면기간이 2년 또는 그 이상 지속이 될 수 있는데 어떤 종은 최고 8년 후에 휴면이 타파되어

부화를 하는 경우도 있다(Ingrisch, 1986). 국내의 갈색여치 성충은 매년 6~7월에 출현하며 7~9월에 산란을 하는데 산란된 알들은 땅속에서 휴면상태로 월동하고 봄에 부화를 한다(Bang et al., 2008). 하지만, 갈색여치 월동알의 휴면기간이 1년 또는 그 이상인지 정확히 알려져 있지 않으며 온도와 같은 환경조건의 영향에 관하여 연구된 바가 없다.

본 연구는 갈색여치의 알을 대상으로 다양한 온도조건을 처리한 뒤에 부화율을 측정함으로서 온도조건이 휴면타파에 미치는 영향을 분석하였고, 또한 야외 월동지역에서 갈색여치 월동알의 부화율 및 토양온도를 측정하고 그 상관관계를 비교 분석하였다. 이를 토대로 온도가 갈색여치 알의 휴면타파 및 발생에 미치는 영향을 구명하는데 필요한 정보를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실내사육 및 산란유도

갈색여치는 2007년 4~5월에 충북 영동 비탄리 야산에서 2~4령 약충을 채집하여 국립농업과학원 농업생태연구실에서 사육하였다. 실내 사육조건은 투명 플라스틱 상자( $15 \times 10 \times 15$  cm)에서 온도  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 상대습도 50~60%, 광주기 14L : 10D를 유지하였다. 인공먹이로서 밀기울과 어분을 1 : 1 비율로 섞어 페트리접시( $\varnothing 50 \times 5$  mm)에 담아 물과 함께 공급하였다(Kim et al., 2005; Bang et al., 2008). 성충이 된 후 1주일 경과한 암수 1쌍을 밭토양(모래 63%, 미사 18%, 양토 9%)을 산란배지로 깐 플라스틱 사육상자( $15 \times 10 \times 15$  cm)에 넣어 교미와 산란을 유도하였다. 7월 초부터 9월 중순까지 1주일에 1회씩 산란배지를 사육케이지에서 꺼내어 편셋으로 알을 분리하였다.

## 실내 부화율 조사

실내에서 각 온도 조건에 따른 갈색여치의 부화율을 조사하기 위해 페트리접시( $\varnothing 150 \times 25$  mm)에 베미큘라 이트와 밟토양(모래 63%, 미사 18%, 양토 9%)을 각각 1:1로 섞은 배지를 깔고 그 위에 알 50개를 넣은 다음 수분을 공급한 동일 배지로 덮었다. 배지가 마르는 것을 방지하기 위해 2~3일에 1회씩 분무기로 수분을 공급했다. 대조구로 산란 직후의 알을 25°C에 계속 두고 부화율을 관찰하였고, 실험구는 25°C에서 2주 또는 4주간 보관 후, 5°C 및 10°C에서 각각 30, 45, 60일 동안 저온처리 하였다(Higaki and Ando 2005; Kim et al., 2005). 1차 저온처리 후 알을 25°C에 둔 뒤에 부화율을 관찰하였다. 한편, Ingrisch(1984b)의 방법을 토대로 두 번째 저온처리를 실시하였는데 이때에 1차 저온 처리 후 25°C에서 3개월을 지낸 후 다시 1차 저온처리와 동일한 방법으로 2차 저온처리를 하였다. 2차 저온 처리 후 25°C에서 매일 부화율을 조사하였다. 그리고 알의 무게변화를 관찰하기 위하여 1차 저온처리한 알들을 25°C에 배양하면서 산란 후 150일 경과한 시점부터 주 2회 알을 10개씩 골라내어 무게를 측정하였다.

## 야외 부화율 조사

갈색여치 서식지인 산간지역에서 월동알의 부화율을 조사하기 위하여 중부지역인 충청북도 영동읍 회포리(동경 127° 50'44.5", 북위 36° 14'09.2", 고도 155M) 및 비탄리(동경 127° 47' 59.10", 북위 36° 12' 12.50", 고도 193M)와 남부지역인 경상북도 달성군 화산리(동경 128° 24' 35.4", 북위 35° 39' 51.3" 145M) 야산에 갈색여치 알을 땅속 5 cm 이내에 배치하고 휴면알의 부화율 및 부화시기를 관찰하였다. 2007년 7월에 실험실에서 산란된 알을 2개월간 실온에서 보관 후, 9월 초순에 각 지역에 배치하였다. 투명 아크릴 상자( $30 \times 30 \times 10$  cm)에 빛물이 고이지 않도록 상자 밑면에 직경 0.3 cm의 구멍을 2 cm 간격으로 뚫어 주었고, 알을 가해할 수 있는 토양 동물들이 침입하지 못하게 156 mesh 폴리에스테르 모기망을 깔아 주었다. 실내 부화실험과 같은 조건의 배지를 모기망 위에 3 cm 정도 넣고, 200~250개의 알을 고르게 배치하였다. 갈색여치가 산란하는 산란 깊이를 고려하여 동일 배지로 2~3 cm 두께로 덮고, 상자 윗부분도 모기망으로 덮어 부화하는 개체가 이동하지 못하게 하였다. 야외 부화 조사 지점 약 3 cm 깊이에 지온측정기(Model 100 WatchDog,

Spectrum®, USA)를 설치하고, 2시간 간격으로 지온을 측정하여 이에 대한 평균을 일일지온으로 산출하였고, 이 자료를 휴면알 부화시기와 비교분석하였다. 휴면알의 부화율은 2008년과 2009년에 3월초부터 4월말까지 1주 일에 1회씩 갈색여치 알의 부화유무를 조사하였다.

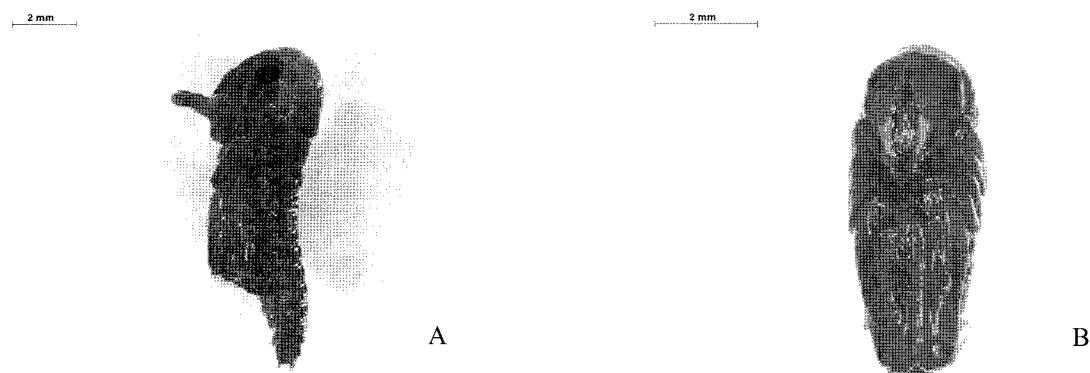
## 배자 발육 조사

다양한 온도처리에 따른 갈색여치 알의 배자발육단계를 조사하기 위해 각 처리구에서 5~10개씩 알을 무작위로 골라 고정액(ethanol : formaldehyde : acetic acid = 60% : 30% : 10%)을 처리하였다. 현미경 하에서 해부용 가위를 이용하여 난각을 제거한 다음 갈색여치와 같은 여치과인 *Decticus verrucivorus*의 배자발육단계(Ingrisch, 1984a)를 참고로 하여 갈색여치의 배자발육 상태를 관찰하였다. *D. verrucivorus* 알의 발육은 형태적인 변화에 따라서 부화하기까지 총 26단계(부화단계 포함)로 구분된다. 24°C에서 산란후 2~4주경이 지나면 배자발육 4단계에 이르고 이 시기에서 최소 2개월간 발육이 정지되면서 초기휴면(initial diapause)을 하게 된다. 초기휴면중에 저온기간을 거치면서 휴면이 끝난뒤 최소 12주가 지나면 배자가 거의 성숙한 24단계까지 발달하는데 이 단계에서 후기휴면(final diapause)이 시작된다. 후기휴면 중 저온기간을 거치면서 휴면이 타파되고 부화를 하게 된다. 갈색여치 알의 배자발육을 조사하는 과정에서 부식되거나 비정상적으로 부풀어 오른 알들은 죽은 것으로 간주하였다.

## 결과 및 고찰

갈색여치의 산란된 알을 실내에서 저온처리를 하지 않고 25°C에 사육했을 경우에 부화한 개체는 없었으며 8개월 후에는 77.0%가 죽었다. 이러한 죽은 알들의 발육단계를 Ingrisch(1984a)의 자료에 근거하여 조사해 본 결과 26단계 중에서 대부분 발육초기단계에 머물러 있었다. 한편, 살아있는 알들의 발육단계를 조사해 본 결과 휴면단계인 24단계까지 발육한 것은 8.3%였으며(Fig. 1a), 나머지 14.7%는 초기배자 발육단계인(4 단계)인 것으로 추정되었다. 즉, 갈색여치의 알은 저온기간 없이 상온에서 대부분 발생초기에 죽었으며 일부의 알들이 생존할지라도 난 발육이 초기 또는 후기단계에 머무는 등 다양한 상태를 가지는 것으로 판단된다.

일반적으로 저온기간은 휴면타파를 위하여 필수적으로 작용하지만 저온기간에 대한 감수성은 종마다 다양



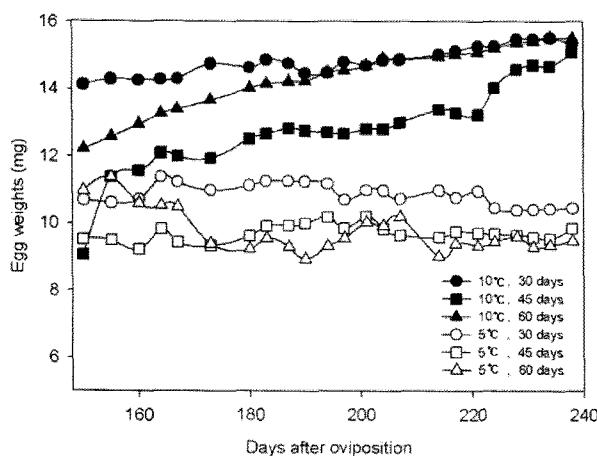
**Fig. 1.** Dechorionated embryos of *P. ussuriensis*. Some eggs reached stage 24 when they are constantly exposed at 25°C (A). A dead embryo at the stage 25 after the first chilling and further 10 month warming at 25°C (B).

			No. of tested eggs	Hatching rate (%)	Dead (%)
		240			
14	30	90	48	0	77.0
14	45	90	50	0	66.0
14	60	90	50	0	58.0
14	30	90	50	20.0	23.3
14	45	90	50	8.0	36.0
14	60	90	30	26.7	26.7
28	30	90	50	0	74.0
28	45	90	50	0	14.0
28	60	90	50	0	44.0
28	30	90	73	4.1	24.3
28	45	90	55	3.6	32.7
28	60	90	60	20.0	33.3

**Fig. 2.** Effect of repeated chilling period on the hatching of diapausing eggs of *P. ussuriensis*. Eggs were treated chilling for two times of various lengths (30, 45 and 60 days) at either 5°C (gray box) or 10°C (black box) with warm interval at 25°C for 90 days (white box). After the completion of chilling treatments, hatched eggs were counted at 25°C for 90 days.

하게 나타난다(Tauber and Tauber, 1976). 특히, 여치류 및 일부 곤충들은 휴면타파를 위하여 여러 차례의 저온 기간을 필요로 하며 복잡한 생활환을 가지는 것으로 알려져 있다(Ingrisch, 1985, 1986). 실내조건에서 갈색여치 휴면알의 부화에 영향을 끼치는 저온 및 그 기간을 조사하기 위하여 5°C와 10°C에서 30, 45, 60일 기간 동안 1회 또는 2회 저온처리를 하였다(Fig. 2). 또한, 저온 처리는 산란 후 14일 및 28일 된 발달단계가 다른 두 종류의 알들을 이용하였다. 갈색여치의 알을 1회 저온 처리 한 경우에는 온도에 관계없이 부화하지 않았으며 5°C에서 2회 저온처리를 한 경우에도 저온기간 및 발달

단계와 상관없이 25°C에서 부화하지 않았다. 하지만 10°C에 2회 저온처리한 알들 중에서 저온기간에 60일 동안 노출된 경우 20.0~26.7%가 부화를 했으며 30일과 45일 동안 저온에 노출된 것보다 부화율이 높게 나타났다(Fig. 2). 즉, 갈색여치 휴면알은 반복적인 저온처리로 인해서 부화가 유도되었으며 온도 및 기간이 중요하게 작용하는 것으로 판단된다. 하지만, 본 실험에서 저온처리를 한 처리구의 사망률이 14.0~66.0%로 다양하게 나타났다. 비록 저온처리를 하지 않은 개체의 사망률(77%)보다 낮았지만 온도 또는 그 기간과 연관성이 나타나지 않았다. 저온처리에 의한 부화율이 낮은 이유로



**Fig. 3.** The change of egg weights of *P. ussuriensis* from 150 days after oviposition in each condition. Eggs were incubated at 25°C after chilling for once at either 5°C or 10°C for various periods. Egg weights were measured in a week interval until 238 days after oviposition.

서 처리한 저온기간이 짧기 때문일 수도 있다. 즉, 저온 처리 기간이 60일 이상이 될 경우에 저온처리의 횟수와 관계없이 갈색여치 알의 부화율에 영향을 끼칠 가능성은 배제할 수 없다. 추후 연구를 통하여 장기간 저온처리에 따른 부화율을 조사할 필요가 있다.

갈색여치의 휴면알을 반복해서 저온처리할 때에 10°C의 경우와 달리 5°C에서 처리했을 때에 부화하지 않은 원인은 분명하지 않다. 갈색여치와 유사한 여치류인 *Eobiana engelhardti subtropica*의 휴면알을 3°C에서 저온처리한 후에 다양한 온도(7.5~30°C)에서 부화율을 측정해 본 결과 부화최적온도는 11~15°C이며 25°C에서는

부화율이 현저히 감소했고 7.5°C 이하 및 30°C 이상에서는 저온기간에 상관없이 부화하지 않았다(Higaki and Ando, 2005). 즉, 월동 후 여치 알 부화에 있어서 부화시기 온도조건이 중요하다고 할 수 있다. 이것은 특정 지역의 기온변화에 따른 여치의 부화시기를 측정할 수 있는 중요한 근거가 될 수 있다고 판단된다. 본 연구에서는 저온처리한 갈색여치 알을 25°C에서 부화시켰으나 부화 적정온도를 결정하기 위하여 다양한 온도조건을 분석할 필요가 있다.

한편, Bang et al. (2008)에 의하면 부화 직전 알의 무게 및 부피가 산란 직후보다 약 2배 증가하는 것으로 보고한 바 있는데, 본 연구에서 1차 저온처리 후 산란시기를 기준으로 150일 경과한 무렵부터 알의 무게 변화를 살펴본 결과, 5°C에서 저온처리한 알들은 약 10 mg으로서 변화가 없었지만, 10°C에서 저온처리한 알들은 지속적으로 무게가 증가되어 산란일로부터 230일 후에는 개체 당 약 15 mg이었다(Fig. 3). 이러한 현상은 갈색여치의 알이 1차 저온처리(10°C) 후에 수분을 흡수하면서 배자발육이 진행되었기 때문인 것으로 판단된다(Wardhaugh, 1972; Ingrisch, 1984b). 하지만, 10°C에서 1차 저온처리한 알들이 무게는 증가하였지만 25°C에서 약 300일 후에도 대부분의 알들은 부화하지 않았으며 이러한 알을 해부하여 관찰해 본 결과 배자발육이 거의 완료된 24단계에서 죽어있었다(Fig. 1b). 즉, 갈색여치의 알은 *D. verrucivorus*와 같이 초기 휴면단계(stage 4)에서 1차 저온기간을 거친 후 25°C에서 발달이 진행되어 후기 휴면단계(stage 24)에 이르지만 부화를 하지 못했으며 갈색여치 알이 부화를 하기 위해서 2차 저온기

**Table 1.** Egg hatching rates at three different locations in 2008 and 2009

Year	Total egg numbers	Yeongdong Hoepori <sup>1</sup>	Yeongdong Bitanri <sup>2</sup>	Dalseong Hwasanri <sup>3</sup>
		247	234	250
2008				
Hatching rate (%)	11.3	3.5	4.1	
Hatching period	April 10~17	March 28~31	March 15~22	
Mortality (%)*	49.4	61.7	72.2	
2009				
Hatching rate (%)	25.1	21.6	0.4	
Hatching period	April 8~15	March 20~April 8	March 18	
Mortality (%)*	12.9	8.8	23.3	
Total hatching rates (%)	36.4	25.1	4.5	

<sup>1</sup>127°50'44.5"E, 36°14'09.2"N, 155ASL; <sup>2</sup>127°47'59.10"E, 36°12'12.50"N, 193ASL; <sup>3</sup>128°24'35.4"E, 35°39'51.3"N 145ASL

\* It was investigated at June 2 when eggs hatching was not shown any more.

간이 필요한 것으로 판단된다.

갈색여치의 서식지인 산간지역에서 부화율을 조사하기 위하여 실험실에서 산란된 알을 2007년 9월에 3개 지역에서 과수원과 인접한 야산에 배치하였다. 2008년과 2009년에 3월초부터 4월말까지 1주일에 1회씩 갈색여치 알의 부화유무를 조사한 결과, 2006년과 2007년 갈색여치가 대발생한 영동군 회포리와 비탄리의 1년차(2008년) 부화율은 각각 11.3%, 3.5%였고, 남부지방인 달성군 화산리의 부화율은 4.1%였으며 전체 부화율이 10% 내외로 지역에 관계없이 1년차 부화율이 높지 않았다(Table 1). 더구나 1년차에 부화하지 못한 알들의 생존여부를 분석해 본 결과 49.4~72.2%의 높은 사망률을 나타냈다. 생존한 알들을 선별하여 다시 2년차(2009년) 부화율을 조사해 본 결과 영동군 회포리와 비탄리에서 각각 25.1%와 21.6%였으나 화산리에서는 0.4%로 나타났다. 부화시기는 영동군 회포리에서 4월 중순, 영동군 비탄리에서 3월 하순, 달성군 화산리에서 3월 중순으로서 남쪽지역에서 일찍 부화하는 경향이 있었다. 하지만 각 지역에서 1년차와 2년차 사이의 부화시기가 큰 차이가 없었으며 부화기간은 각 지역마다 약 2주를 넘지 않았다. 갈색여치 휴면알의 1년차 부화시기에 축정한 토양온도는 8~12°C 이었다(Fig. 4). 즉, 갈색여치의 휴면알은 야외조건에서 1년 또는 2년 만에 부화하는 것으로 관찰되었다.

여치과의 많은 종들이 다른 종류의 곤충들과 달리 복잡한 휴면기작을 가지는데 이는 휴면의 특징인 발달억제현상이 알 발육단계의 초기 및 후기에 두 번 나타나

기 때문인 것으로 보고된 바 있다(Hartley and Warne, 1972; Ingrisch 1984b; Higaki and Ando, 1999, 2002). 특히, 초기 휴면기작이 존재하는 종들은 산란시기 및 배자발육초기의 온도조건이 휴면기간을 결정하는데 중요한 역할을 한다. 예를 들면, *Leptophyes punctatissima*는 30°C에서 초기휴면을 거치지 않지만 16~25°C에서는 초기휴면이 유도된다(Deura and Hartley, 1982). 이들은 25°C에서 초기휴면이 유도된 후, 저온에서 약 100일 이상을 지난 후에는 휴면이 깨어지고 다시 발육에 들어가게 된다. 또한, 같은 종이라도 지역적인 환경요인의 차이에 의해서 휴면율이 조절될 수 있다(Ingrisch, 1986). 즉, *D. verrucivorus*의 초기휴면율에 있어서 유고슬라비아 Potok에 서식하는 계통은 100%이지만, 고위도인 독일의 Aachen지역에 서식하는 계통은 40% 정도로 차이가 나타난다.

지금까지의 결과에서 보면, 갈색여치의 휴면알이 실내조건에서는 저온-상온-저온-상온과 같은 반복적인 온도 변화에 의해서 부화했기 때문에 2년생의 특징이 있었으며, 야외조건에서는 1년차 또는 2년차에 부화를 했기 때문에 1년생 또는 2년생의 생활환을 가지는 것으로 판단된다. 하지만, 휴면알의 장기간 온도처리에 따른 높은 사망률로 인해서 2년 이상의 생활환에 대한 연구가 어려운 점이 있었음에도 불구하고 갈색여치 휴면알의 다년생 생활환에 대한 가능성을 배제할 수 없다. 갈색여치 알의 휴면기작은 온도와 같은 환경조건에 의한 영향이 크기 때문에 최근 나타나는 지구온난화와 같은 기후변화 요인과 갈색여치 대발생의 상호관계를 이해하는데 중요한 정보를 제공할 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 2007년부터 2008년 농촌진흥청 연구(갈색여치의 대발생 원인 분석 연구)를 수행하면서 얻은 결과를 바탕으로 작성되었다. 갈색여치를 사육하고 연구를 원활히 수행할 수 있도록 도와주신 홍혜경, 박성애, 박미경, 임효진님께 감사드린다.

## 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. Pest. Sci. 11: 194-200.

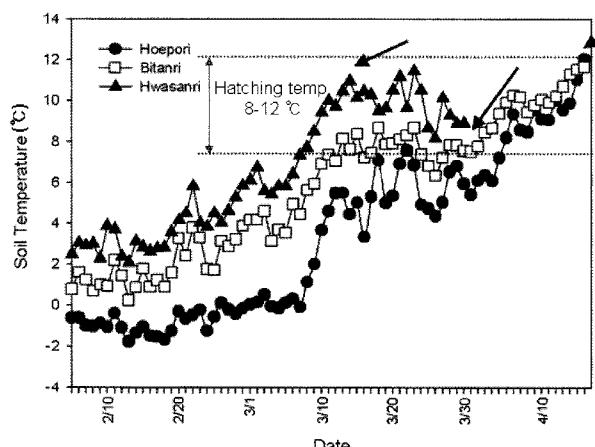


Fig. 4. The change of soil temperature at the egg deposition sites in three different regions from February to April, 2008. Hatching occurred in the temperature range between 8 and 12°C. The arrows indicated the main hatching date at each site.

- 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.
- Deura, K. and J.C. Hartley. 1982. Initial diapause and embryonic development in the speckled bush-cricket, *Leotophyes punctatissima*. Physiol. Entomol. 7: 253-262.
- 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.
- Higaki, M. and Y. Ando. 1999. Seasonal and altitudinal adaptations in three katydid species: ecological significance of initial diapause. Entomol. Sci. 2: 1-11.
- Higaki, M. and Y. Ando. 2002. The effect of temperature on embryonic development and local adaptation in the life cycle of *Eobiana engelhardti subtropica* Beu-Bienko (Orthoptera: Tettigoniidae). Appl. Entomol. Zool. 37: 625-636.
- 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 *Metrioptera roeseli* (Orthoptera: Tettigoniidae). Oecologia (Berlin). 61: 254-258.
- Ingrisch, S. 1985. Effect of hibernation length on termination of diapause in European Tettigoniidae (Insecta: Orthoptera). Oecologia (Berlin). 65: 376-381.
- Ingrisch, S. 1986. The pluennial life cycles of the European Tettigoniidae (Insecta: Orthoptera). 1. The effect of temperature on embryonic development and hatching. Oecologia (Berlin). 70: 606-616.
- 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). Kor. J. Appl. Entomol. 44: 61-65.
- Kim, T.W. 2001. Taxonomy of Korean Tettigonioidea (Orthoptera: Ensifera). Thesis for the degree of master in the department of biology graduate school. Sungshin Women's University. Korea. pp. 59-62.
- 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.
- 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). Kor. J. Pest. Sci. 12: 256-261.
- Tauber, M.J. and C.A. Tauber. 1976. Insect Seasonality: Diapause maintenance, termination, and postdiapause development. Ann. Rev. Ento mol. 21:81-107.
- Uvarov, B.P. 1926. Some Orthoptera from the Russian Far East. Ann. Mag. Nat. Hist. 9: 273-291.
- Wardhaugh, K.G. 1972. The development of eggs of the Australian plague locust, *Chortoicetes terminifera* in relation to temperature and moisture. In: Proc. Int. Study Conf. on the current and future problems of Acridology, Eds by C. F. Hemming and T. H. C. Taylor. p. 261-272. London.

(Received for publication March 23 2009;  
revised June 13 2009; accepted June 150 2009)