

톱다리개미허리노린재 암컷 성충의 휴면종료에 미치는 일장과 온도의 영향

허 완 · 손대영 · 박정규*

경남 진주시 가좌동 경상대학교 응용생명과학부(BK21 Program)/ 농업생명과학연구원

Effect of Day Length and Temperature on the Diapause Termination of *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae) Female Adults

Wan Huh, Daeyoung Son and Chung Gyoo Park

Division of Applied Life Science (BK21 Program), Institute of Agriculture and Life Sciences
Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Republic of Korea.

ABSTRACT: The bean bug, *Riptortus clavatus* Thunberg (Hemiptera: Alydidae), is a pest of soybeans and tree fruits. It enters reproductive diapause during winter. We studied the effect of different combinations of temperature, day length, and treatment period on the termination of diapause in *R. clavatus* using adult females collected in October and November 2006. Ovarian development was used to determine diapause termination. The treatments were: ① HTLD; 25°C, 14L:10D treatment for 1, 2, 3 weeks and 30 days, ② HTSD; 25°C, 10L:14D treatment for 1, 2, and 3 weeks, ③ LTLT; 8°C, 14L:10D treatment for 1, 2, and 3 weeks followed by HTLD for 3 weeks, and ④ LTSD; 8°C, 10L:14D treatment for 1, 2, and 3 weeks followed by HTLD for 3 weeks. The HTSD treatments did not affect ovarian development, and resulted in no significant difference in the number of mature eggs in ovaries or the percentage of diapause-terminated females compared to the control females before treatment. The percentage of females that terminated diapause was significantly higher in the HTLD treatment than in the HTSD treatment. The HTLD treatment for more than 14 days increased the percentage of diapause-terminated females, accelerated the development of the ovaries, and increased the number of mature eggs in ovaries. Compared with the HTLD or HTSD treatments, the LTLT or LTSD treatments followed by the HTLD treatment accelerated ovarian development and increased the number of ovipositing females. The pre-LTSD treatment for 1 week was enough to increase the number of eggs oviposited.

Key words: Soybean, Reproductive diapause, Over-wintering, Ovarian development

초 록: 한국, 일본을 비롯하여 아시아 대륙에 널리 분포하는 톱다리개미허리노린재 (*Riptortus pedestris* (Fabricius)) (Hemiptera: Alydidae)는 겨울에 성충으로 휴면한다. 2006년 10월~11월 사이에 야외에서 월동 중인 암컷 성충을 대상으로 휴면종료에 미치는 온도와 일장 및 그 처리기간의 영향을 연구하였다. 암컷을 해부하여 난소 발육 정도를 기준으로 휴면 종료 여부를 판정하였다. 처리 방법은 ① 고온장일: 25°C, 14L:10D 조건에 1, 2, 3주 또는 30일간 처리, ② 고온단일: 25°C, 10L:14D 조건에 1, 2, 3주 처리, ③ 저온장일: 8°C, 14L:10D에 1, 2, 3주 처리 후 고온장일에 3주간 처리, ④ 저온단일: 8°C, 10L:14D에 1, 2, 3주간 처리 후 고온장일에 3주간 처리이었다. 고온단일처리는 난소발육에 영향을 미치지 않았고, 결과적으로 포란수나 휴면종료율이 무처리(실험 전의 성충)와 차이가 없었다. 그러나 고온장일처리는 고온단일처리보다 휴면종료 비율이 높았다. 고온 장일에 14일 이상 처리하면 휴면종료 암컷의 비율이 증가하고 난소발육이 촉진되었으며, 난소 내의 성숙난의 수도 증가하였다. 고온장일이나 고온단일 처리와 비교하였을 때, 저온장일이나 저온단일 처리 후 고온장일 처리는 난소발육을 촉진하였고 산란 성충수가 증가하였다. 저온단일에 일주일 간 전처리가 산란수 증가에 충분하였다.

검색어: 콩, 생식휴면, 월동, 난소발육

*Corresponding author: parkcg@gnu.ac.kr

Received December 11 2009; revised March 20 2010;
accepted April 6 2010

콩과 작물 뿐 만 아니라, 과수에도 피해를 주는(Son *et al.*, 2000; Osakabe and Honda, 2002; Kang *et al.*, 2003)
톱다리개미허리노린재(*Riptortus pedestris* (Fabricius)) (=clavatus,

Kikuhara, 2005 (Hemiptera: Alydidae)는 중요한 해충인 만큼 생태와 생리, 집합페로몬 등에 대한 연구가 많이 이루어져 왔다.

톱다리개미허리노린재는 온대기후 지역인 일본열도와 한반도에서부터 아열대성 기후지역인 대만(Tomokuni *et al.*, 1993)과 베트남, 네팔(Do, 2007)까지 분포하고 있다. 이 노린재는 한국과 일본에서는 겨울에 성충으로 휴면을 한다(Numata & Hidaka, 1982; Kono, 1989; Huh *et al.*, 2005). 상온(25°C)에서 약 13.5시간 이하의 단일조건에 노출시키면 산란활동을 정지하고 휴면에 들어가며, 다시 장일 조건에 의해 휴면이 종료된다(Kobayashi & Numata, 1995; Musolin *et al.*, 2001). 휴면 유지 조건에 민감한 톱다리개미허리노린재의 특정 발육단계는 없는 것으로 알려져 있다(Kobayashi & Numata, 1993). Numata and Hidaka (1984)는 톱다리개미허리노린재 암컷의 휴면 종료에 필요한 임계일장은 휴면기간 동안 받게 되는 일장조건과 온도 및 그 노출 시간에 따라 달라진다고 하였고, 휴면 후 난소발육은 먹이를 통한 영양분 축적의 중요성을 보고하였다. 또한 휴면 후 발육 중에는 암·수 성충의 옆 가슴 무늬 변화와 동시에 암컷의 난소발육 변화가 일어난다고 알려져 있다(Numata and Hidaka, 1982).

많은 곤충들은 일장에 의해 외부의 형태적인 특징과 휴면 발육이 영향 받을 수 있으며(Beck, 1980), 일반적으로 겨울에 휴면을 하는 곤충에 있어서 저온처리는 휴면발육을 가속화시킨다. 예를 들면, 톱다리개미허리노린재와 같은 노린재목 곤충인 갈색날개노린재는 단일조건에 의해 휴면이 유지되고 장일조건에 의해 종료되는데(Numata & Kobayashi, 1994), 적당한 저온처리가 휴면종료를 가속화시킨다고 하였다(Toyomi, 1998).

그러나 아직까지 톱다리개미허리노린재의 휴면 종료에 미치는 온도와 일장 조건의 영향을 처리 기간과 연관지어 연구한 결과는 찾아볼 수가 없다. 따라서 본 연구에서는 야외에서 월동중인 톱다리개미허리노린재 암컷의 휴면종료에 미치는 저온과 일장 및 그 처리기간의 영향을 난소의 발육변화로써 조사하였다.

재료 및 방법

실험충의 채집

경남 진주시 금산면에 위치한 2개의 단감포장에서 2006년 10월 9일부터 11월 20일 사이에 톱다리개미허리노린재

집합페로몬의 세 가지 성분인 (*E*)-2-hexenyl (*Z*)-3-hexenoate, (*E*)-2-hexenyl (*E*)-2-hexenoate, tetradecyl isobutyrate를 각각 17 mg씩 침적시킨 고무격막을 미끼로 한 fish trap을 이용하여 채집하였다. 트랩 루어의 제조법은 Huh *et al.* (2005)의 방법을 따랐다. 경남 진주 지역에서 톱다리개미허리노린재는 10월 이후에는 난소 내에 미성숙난이나 성숙난이 없는 상태로 휴면에 들어간다(Huh *et al.*, 2005). 본 실험에서도 집합페로몬 트랩에 잡힌 톱다리개미허리노린재를 일주일 3회 수거하여 난소 발육 정도를 조사한 결과 10월 28일 이후에 채집된 암컷은 난소 내에 미성숙난조차 발견되지 않아서 암컷 성충 모두가 휴면에 들어갔다는 것을 알 수 있었다. 이후 모든 실험은 10월 28일 이후에 채집된 충을 대상으로 채집 24시간 이내에 실험에 사용하였다.

온도와 일장처리 및 조사방법

온도 조건은 톱다리개미허리노린재 대부분이 휴면에 들어가는 11월 진주지역의 평균기온과 실험실 내 사육 온도 조건을 고려하여 정하였고, 일장조건은 Numata and Hidaka(1982)에 의해 밝혀진 톱다리개미허리노린재의 휴면유기 임계일장인 13.5시간을 고려하여 정하였다. 각 처리 조건은 다음과 같다. ① 고온장일(25°C, 14L:10D; HTLD)에 1, 2, 3주, 30일간 처리, ② 고온단일(25°C, 10L:14D; HTSD)에 1, 2, 3주간 처리, ③ 저온장일에 1, 2, 3주간 처리 후 고온장일에 21일간 처리(8°C, 14L:10D→25°C, 14L:10D; LTLD→HTLD), ④ 저온단일에 1, 2, 3주간 처리 후 고온장일에 21일간 처리(8°C, 10L:14D→25°C, 14L:10D; LTSD→HTLD)이었다. HTLD와 HTSD처리를 통해 휴면 종료에 있어 일장조건의 영향을 알고자 하였고, LTLD와 LTSD처리를 추가함으로써 휴면종료에 대한 저온의 효과를 검증하였다. 10월 28일 이후에 채집된 개체를 24~55쌍씩 앞에 서술된 각 조건에 처리하였다.

실험에 사용된 모든 성충은 암·수 각각 1마리씩 짝을 지어 원형 플라스틱 통(지름 9 cm, 높이 5 cm)에 넣고 대두 2알, 땅콩 1알, 증류수를 공급하면서 사육하였다. 증류수는 매일 채워주었고, 먹이는 1주일마다 한 번씩 교체해 주었다. 처리 기간 동안 사망수와, 산란수를 매일 기록하였다.

휴면종료 여부 판단

각 온도와 일장 처리가 끝난 암컷의 휴면종료 여부는 Numata and Hidaka(1982)와 Huh *et al.*(2005)의 방법을 사용하였다. 즉, 각 실험조건에서 사육 중인 암컷을 해부한

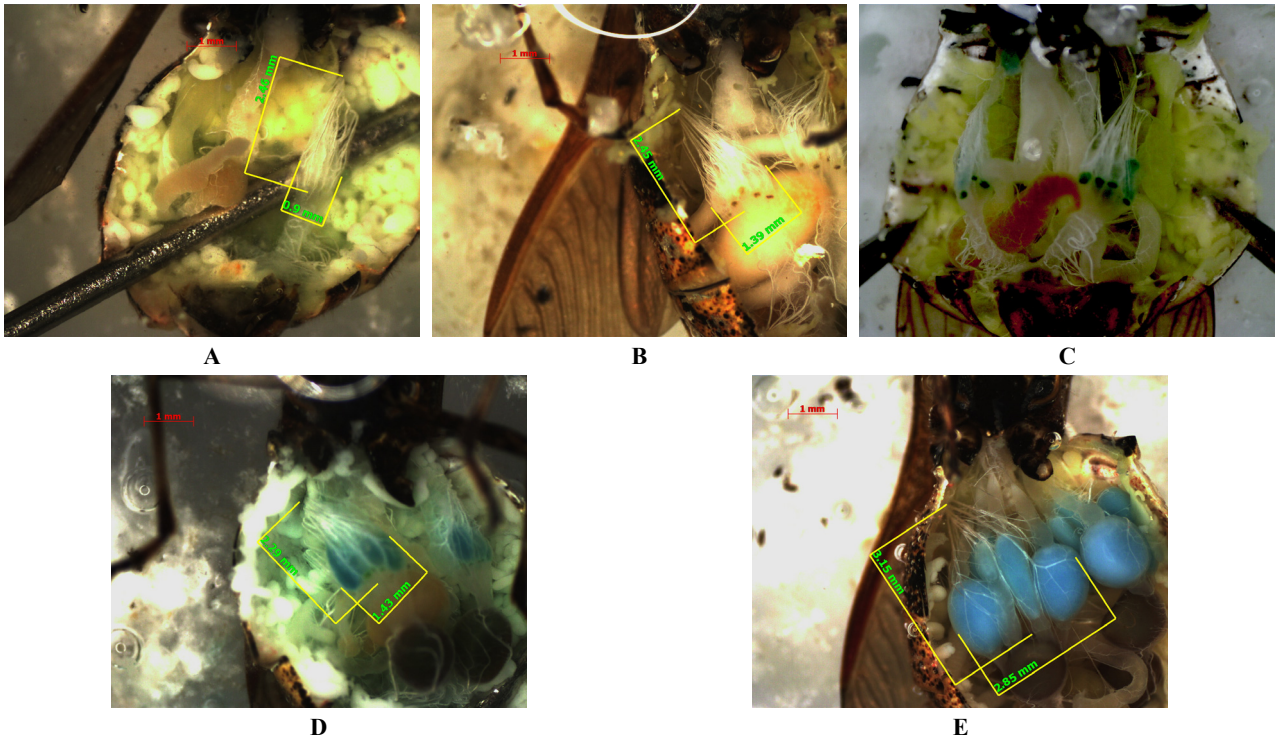


Fig. 1. Ovarian development of *Riptortus pedestris* female. A: Ovaries in the diapause phase with no developing symptoms in length and width. B: Developing, more widened ovaries. C: Developing ovaries with small teal-colored eggs in each ovariole. D: Developing ovaries with growing eggs in each ovariole. E: Fully developed ovaries with fully grown teal-colored eggs and fully mature brown eggs.

미경(Stemi-2000, Carl Zeiss, Germany) 아래에서 해부하여 난소 내의 난의 수와 발육상태를 조사하였다. 난소 내에 발육중인 알 또는 성숙한 알이 있으면 휴면에서 깨어난 층으로, 그렇지 않으면 휴면 중인 층으로 판단하였다. Digital camera와 컴퓨터프로그램(AxioVision, Carl Zeiss)을 이용하여 난소의 길이와 폭을 측정하였다. Fig. 1은 난소의 크기와 발육정도를 촬영하고 측정한 사진이다. Fig. 1A는 발육을 시작하지 않은 휴면 중인 성충의 난소이다. Fig. 1B는 난소 끝에 난모세포가 생성되기 시작하는 사진으로 난소의 발육이 시작되는 것을 알 수 있고, Fig. 1C는 난모세포의 발육이 더 많이 진행된 모습으로서 각 난소소관의 아랫부분에 발육 중인 짙은 녹색의 작은 난을 볼 수 있다. Fig. 1D와 Fig. 1E는 난이 더욱 발달한 모습으로서 E의 경우 연두색 난 아래에 두 개의 완전히 성숙한 갈색 난이 보인다. 본 실험에서 Fig. 1B-E까지의 암컷을 휴면에서 종료된 암컷으로 판단하였다.

통계분석

각 처리별 난소길이와 폭, 산란전 기간을 GLM(General

Linear Model)으로 분산분석 하였고, Duncan's multiple range test (SAS version 8, 2000)를 이용하여 5% 유의수준에서 평균간 차이를 검정하였다.

결 과

산란 및 포란 상황

Table 1은 각 온도와 일장처리 조건에서 암컷의 산란 전기간과 산란수를 나타낸 것이다. 휴면중인 암컷을 고온장일에 계속 처리하였을 때에는 산란 전기간이 16.8일이었으나 저온장일에 14일 이상 처리한 후 고온장일에 처리하면 그 기간이 짧아지는 경향이였다. 또한, 실험층을 고온단일에 계속 처리하면 산란 전기간이 21일이었으나 저온단일에 7일 이상 처리한 후에 고온장일에 처리하면 저온처리 기간에 관계없이 산란 전기간이 12일 정도로 줄어들었다. 암컷당 일일 산란수도 고온장일이나 고온단일 조건에 계속 처리하였을 때에는 0.0-0.1개이었으나 저온을 처리한 후에 고온장일에 처리하면 산란수가 0.3-1.1개로 늘어났다. 특히 저온단일에 7일 이상만 처리해도 암컷당 산란수가 증가하였다.

Table 1. Effect of different combinations of low temperature and long or short day length on diapause termination in *Riptortus pedestris* females

Treatments ¹⁾	No. of insects used	Pre-oviposition period (days)			No. eggs/female/day		
		Max.	Min.	Ave.	Max.	Min.	Ave.
HTLD21	23	20	12	16.8±3.4 ab ²⁾	11	0	0.1±0.1 b ³⁾
HTSD21	30	21	21	21.0±0.0 a	3	0	0.0±0.0 b
LTLD7→HTLD21	39	21	12	16.7±2.7 ab	12	0	0.3±0.5 b
14→HTLD21	23	17	9	11.8±3.4 c	19	0	0.9±1.0 a
21→HTLD21	35	16	7	13.2±2.5 bc	14	0	0.3±0.3 b
LTSD7→HTLD21	14	14	10	12.4±1.7 bc	16	0	1.1±1.2 a
14→HTLD21	25	18	6	12.6±3.4 bc	19	0	0.7±0.8 a
21→HTLD21	24	17	7	12.4±3.2 bc	15	0	0.8±0.8 a

¹⁾ HTLD21; high temperature (25°C) and long day length (14L:10D) treatment for 21 days, HTSD21; high temperature (25°C) and short day length (10L:14D) treatment for 21 days, LTLD7, 14, or 21→HTLD21; low temperature (8°C) and long day length treatment for 7, 14, or 21 days, followed by high temperature (25°C) and long day length for 21 days, LTSD7, 14, or 21→HTLD21; low temperature (8°C) and short day length treatment for 7, 14, or 21 days followed by high temperature (25°C) and long day length for 21 days.

²⁾ Duncan's multiple range test, $\alpha=0.05$; $df=7, 69$; $F=5.25$, $P=0.0001$

³⁾ Duncan's multiple range test, $\alpha=0.05$; $df=7, 160$; $F=6.52$, $P=0.0001$

이상의 결과로 보아 저온 처리가 암컷의 휴면 종료에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있었다.

Fig. 2는 각 처리조건 하에서 산란한 성충의 누적비율을 나타낸 것이다. 21일 동안 계속적인 고온단일조건에서는 휴면에서 깨어나 산란을 시작한 성충이 없다가 21일째에 한 마리만 산란하기 시작하였다. 그러나 고온장일 조건에서는 고온단일에서보다 휴면에서 깨어나는 성충이 일찍(처리 후 12일째) 나타났고 그 비율도 약 23%로 높아졌으며(Fig. 2A), 저온장일에 처리한 기간이 길수록 산란을 시작하는 개체가 빨리 나타나는 경향이 있었다(Fig. 2B). 또한 계속적인 고온장일 처리와 저온장일 또는 저온단일에 일정기간 전 처리한 후 고온장일에 처리한 경우의 누적 산란개체 비율을 비교해 보면(각각 Fig. 2B와 2C), 저온처리에 의해서 산란개체의 비율이 뚜렷이 높아지는 것을 알 수 있었다. 이상의 결과로 보아 저온 처리뿐 만 아니라 장일 처리도 툽다리개미허리노린재 암컷 성충의 휴면 종료에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

휴면 중인 툽다리개미허리노린재 암컷을 각 온도와 일장 조건에 처리한 후 해부하여 포란수와 포란 암컷의 비율을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 고온장일에 7일 처리하거나 고온단일에 14일 또는 21일 처리된 암컷은 무처리(처리 전의 야외 채집 층)의 암컷과 포란 개체에 차이가 없는 점으로 보아서 고온장일 조건이라 할지라도 7일간의 짧은 기간이나 고온단일 조건은 휴면발육과 난소발육에 충분하

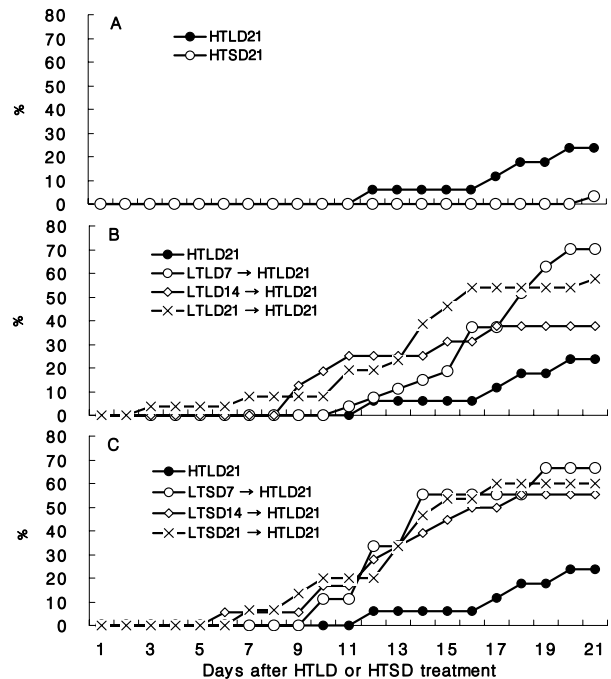


Fig. 2. Cumulative percentage of ovipositing *Riptortus pedestris* females under different day lengths and temperatures. See table 1 for the explanations of treatments.

지 않음을 알 수 있었다. 그러나 고온장일에 14일 이상만 처리하면 포란 개체의 비율이 52.6-83.3% 이상으로 급증하였다. 이러한 결과로 보아 장일조건이 암컷의 휴면종료에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있었다. 한편 저온장일에

Table 2. Effect of different combinations of high or low temperatures and long or short day lengths on diapause termination in *Riptortus pedestris* adult females

Treatments ¹⁾	No. of insects used	No. eggs/ovaries of a female			Females carrying eggs
		Max.	Min.	Ave.	Percentage (%)
Control (before treatment)	19	0.0	0.0	0.0±0.0 e ²⁾	0.0
HTLD7	20	0.0	0.0	0.0±0.0 e	0.0
HTLD14	19	19.0	0.0	4.2±5.6 ab	52.6
HTLD21	7	6.0	0.0	2.6±2.7 bcd	57.1
HTLD30	6	7.0	0.0	3.3±2.7 abc	83.3
HTSD14	20	0.0	0.0	0.0±0.0 e	0.0
HTSD21	17	9.0	0.0	0.5±2.2 de	5.9
LTLD7→HTLD21	20	14.0	0.0	5.7±4.0 a	85.0
14→HTLD21	8	7.0	0.0	3.5±2.4 abc	87.5
21→HTLD21	20	9.0	0.0	3.8±2.5 abc	95.0
LTSD7→HTLD21	6	8.0	0.0	3.8±3.0 abc	83.3
14→HTLD21	13	6.0	0.0	1.5±2.1 cde	46.2
21→HTLD21	11	12.0	0.0	4.6±4.4 ab	63.6

¹⁾ See Table on for the explanations of the treatments.

²⁾ Duncan's multiple range test, $\alpha=0.05$; $df=13, 192$; $F=9.47$; $P=0.0001$

Table 3. Ovarian development in diapausing *Riptortus pedestris* female adults under different combinations of high or low temperatures and long or short day lengths

Treatments ¹⁾	No. of insects used	Length of ovary (mm)			Width of ovary		
		Max.	Min.	Mean±SD	Max.	Min.	Mean±SD
Control (before treatment)	19	2.2	1.1	1.7±0.3 f ²⁾	1.0	0.6	0.8±0.1 d ³⁾
HTLD7	20	3.0	1.5	1.9±0.4 ef	1.4	0.6	0.9±0.2 d
HTLD14	19	3.7	1.6	2.5±0.6 cd	3.3	0.8	1.7±0.7 c
HTLD21	7	3.7	1.9	2.7±0.6 bc	2.7	0.9	1.7±0.6 c
HTLD30	6	3.6	2.2	3.0±0.6 ab	3.2	1.6	2.3±0.7 ab
HTSD7	20	2.6	1.5	1.9±0.4 ef	1.1	0.6	0.9±0.1 d
HTSD14	20	2.8	1.7	2.2±0.3 de	1.1	0.7	0.9±0.1 d
HTSD21	17	2.8	1.6	2.0±0.4 ef	2.1	0.7	0.9±0.3 d
LTLD7→HTLD21	20	4.6	2.1	3.1±0.6 ab	3.4	1.2	2.5±0.6 a
14→HTLD21	8	3.6	2.3	3.0±0.5 ab	3.1	1.4	2.3±0.7 ab
21→HTLD21	20	4.1	2.5	3.1±0.4 ab	3.3	0.9	2.5±0.7 a
LTSD7→HTLD21	6	4.3	2.6	3.3±0.6 a	2.7	0.9	2.2±0.7 ab
14→HTLD21	13	4.1	2.1	2.8±0.7 bc	3.2	0.8	1.9±0.8 bc
21→HTLD21	11	4.7	2.0	3.0±0.8 ab	3.4	1.1	2.2±0.8 ab

¹⁾ See Table on for the explanations of the treatments.

²⁾ Duncan's multiple range test, $\alpha=0.05$; $df=13, 190$; $F=27.9$; $P=0.0001$

³⁾ Duncan's multiple range test, $\alpha=0.05$; $df=13, 190$; $F=18.1$; $P=0.0001$

7, 14, 21일간 처리하거나 또는 저온단일에 7일 또는 21일간 처리한 후 고온장일로 옮겼을 때에도 고온장일에만 21일 동안 처리한 것보다 포란 암컷의 비율이 높아진 것으로 보아 암컷의 휴면발육에 미치는 저온 전처리의 영향도 크다는 것을 알 수 있었다. 그러나 난소 내의 포란수는 각 처리조

건의 처리기간에 따른 차이가 일정한 경향이 없었고, 고온장일에 14일 이상 처리한 것과 차이가 없었다.

난소발육

각 일장 및 온도처리에 따른 난소발육 상황은 Table 3과

같다. 고온장일에 7일간 처리한 암컷과 고온단일에 7, 14, 21일간 처리한 암컷의 난소 길이 또는 폭이 무처리의 그것과 차이가 없었다. 그러나 고온장일 조건에는 처리기간이 길수록 난소의 길이와 폭이 증가하는 경향을 보인 반면, 고온단일 조건에서는 처리기간에 따른 영향이 없었다. 또한, 저온(단일 또는 장일에 관계없이)에 7-21일 간 전 처리한 후 고온장일에 21일간 처리하였을 경우에는 전처리 없이 고온장일에 21일간 처리한 것에 비하여 난소의 길이는 차이가 없었으나 난소의 폭이 커졌음을 알 수 있었다. 또한 일장조건에 관계없이 저온처리를 받은 암컷은 고온장일에서 30일 동안 계속 처리된 암컷의 난소 발육과 차이가 없었다.

고 찰

곤충이 오랜 기간 생존해온 이유를 설명하는 데 곤충의 휴면현상을 빼 놓을 수는 없을 것으로 생각된다. 휴면을 하는 곤충의 경우 불리한 환경을 극복하고 생존하기 위해서는 휴면은 필수적이고, 휴면유기와 종료조건은 그 곤충이 오랜 세월동안 생존해오면서 주위 환경 조건에 적응해온 결과일 것으로 생각된다.

겨울동안 휴면을 하는 많은 곤충들은 휴면기간 동안 일장에 대한 반응을 줄이고, 온도에 대한 반응을 증가시키는 것이 보통이며, 그 기간 동안의 휴면발육에는 온도가 많이 관여하기 때문에(Irwin *et al.*, 2001) 저온처리에 의한 휴면발육의 변화에 대한 연구가 많이 이루어져 왔다(Numata and Hidaka, 1984; Toyomi, 1998; Irwin *et al.*, 2001). 한편으로 많은 곤충들은 저온처리 없이 장일 조건에 의해 휴면에서 깨어 날 수 있고(Beck, 1980), 그러한 곤충들 중 대부분이 단일 조건에서도 느린 속도지만 휴면발육과정을 가진다(McLeod and Beck, 1963). 툭다리개미허리노린재 또한 위와 같은 휴면발육 과정을 거친다(Numata and Hidaka, 1984; Nakamura and Numata, 2000).

휴면중인 툭다리개미허리노린재 암컷은 고온장일 조건에서 처리 후 약 17일 즈음 산란을 시작하였지만(Table 1), 난소가 발육하여 난소 내에 알을 가지는 시기는 수 일 정도 빠를 것으로 판단된다. 이를테면, Table 2에서 2주째에 50 %정도의 암컷이 휴면을 종료한 것이다. 반면 단일조건은 장일조건에 비해 느린 휴면발육을 보여 주었는데, 고온단일 조건에서 3주째에 약 6%의 개체가 휴면을 종료시켰다(Table 2).

온도가 낮은 겨울에 휴면을 하는 곤충들 중 대부분은

휴면을 종료시키는 데 저온처리 기간이나 저온처리의 강도가 큰 영향을 준다(Hodek and Hodková, 1988). Numata and Hidaka(1984)는 여러 가지 조건에서 툭다리개미허리노린재 암컷의 휴면발육 정도를 비교하였는데, 저온단일(10°C, 10L:14D)에 30일간 처리 후에 고온장일(25°C, 14L:10D) 조건에 처리한 경우 산란전 기간이 약13일, 휴면 종료율이 100%였고, 아무 전처리 없이 고온장일 조건에 30일간 처리한 경우 산란전 기간은 약7일, 휴면 종료율은 약80% 정도로 처리일수와 온도조건에서 다소 차이가 있지만, 저온처리가 암컷의 휴면발육에 영향을 미친다는 점에서는 본 실험의 결과(Table 1, 2)와 같았다.

저온처리를 받은 기간에 따른 휴면 종료율의 차이는 없었는데, 이것은 10월 하순부터 3월 상순까지 오랜 기간 휴면하는(Huh *et al.*, 2005) 그들의 생태학적 특성에 미루어 보아 각 처리 간 저온 처리 기간의 차이가 적었다고 판단된다. 저온 처리 시 일장조건에 차이에 의한 효과 또한 없었는데, 겨울에 휴면을 하는 곤충은 휴면기간 동안 일장에 대한 반응을 줄이기(Tauber *et al.*, 1986; Danks, 1987) 때문인 것으로 판단된다.

이상의 실험결과 툭다리개미허리노린재 암컷 성충의 휴면을 종료시키는 데는 장일 조건과 저온 조건이 필요함을 알 수 있었고 이들 두 요인이 상호작용 할 수 있을 것으로 판단된다.

Literature Cited

- Beck, S.D. 1980. Insect photoperiodism. 2nd ed. Academic Press, New York 387 pp.
- Danks, H.V. 1987. Insect dormancy: an ecological perspective. Biological Survey of Canada, Ottawa 439 pp.
- Do, N.X. 2007. Biological characteristics and seasonal parasitism of parasitoids of *Riptortus clavatus* Thunberg (Heteroptera: Alydidae). MS thesis of Gyeongsang National University, Korea. 47 pp.
- Hodek I. and M. Hodková. 1988. Multiple role of temperature during insect diapause: a review. Entomol. Exp. Appl. 49: 153-165.
- Huh, H.S., W. Huh, S.D. Bae and C.G. Park. 2005. Seasonal occurrence and ovarian development of bean bug, *Riptortus clavatus*. Korean J. Appl. Entomol. 44: 199-205.
- Irwin J.T., V.A. Bennett and R.E. Lee Jr. 2001. Diapause development in frozen larvae of the goldenrod gall fly, *Eurosta solidaginis* Fitch (Diptera: Tephritidae). J. Comp. Physiol. B 171: 181-188.
- Kang, C.H., H.S. Huh and C.G. Park. 2003. Review on true bugs infesting tree fruits, upland crops, and weeds in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 42: 269-277.

- Kikuhara, Y. 2005. The Japanese species of *Riptortus* (Heteroptera, Alydidae) with description of a new species. Jpn. J. Syst. Entomol. 11: 299-311.
- Kobayashi S. and H. Numata. 1993. Photoperiodic responses controlling the induction of adult diapause and the determination of seasonal form in the bean bug, *Riptortus clavatus*. Zool. Sci. 10: 983-990.
- Kobayashi S. and H. Numata. 1995. Effects of temperature and photoperiod on the induction of diapause and the determination of body coloration in the bean bug, *Riptortus clavatus*. Zool. Sci. 12: 343-348.
- Kono, S. 1989. Number of annual generations of the bean bug, *Riptortus clavatus* Thunberg (Heteroptera: Alydidae) estimated by physiological characteristic. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 33: 198-203.
- McLeod, D.G.R. and S.D. Beck. 1963. Photoperiodic termination of diapause in an insect. Biol. Bull. 124: 84-96.
- Musolin, D.L., H. Numata and A.H. Saulich. 2001. Timing of diapause induction outside the natural distribution range of a species: an outdoor experiment with the bean bug *Riptortus clavatus*. Physiol. Entomol. 32: 64-72.
- Nakamura K. and H. Numata. 2000. photoperiodic control of the intensity of diapause and diapause development in the bean bug, *Riptortus clavatus* (Heteroptera: Alydidae). Eur. J. Entomol. 97: 19-23.
- Numata H. and T. Hidaka. 1982. Photoperiodic control of adult diapause in the bean bug, *Riptortus clavatus* THUNBERG (Heteroptera : Coreidae) I. Reversible induction and termination of diapause. Appl. Ent. Zool. 17: 530-538.
- Numata, H. and T. Hidaka. 1984. Photoperiodic control of adult diapause in the bean bug, *Riptortus clavatus* Thunberg (Heteroptera: Coreidae) III. Diapause development and temperature. Appl. Ent. Zool. 19: 356-360.
- Numata, H. and Kobayashi, S. 1994. Threshold and quantitative photoperiodic responses exist in an insect. Experientia. 50: 969-971.
- Osakabe, M. and K. Honda. 2002. Influence of trap and barrier crops on occurrence of and damage by stink bugs and lepidopterous pod borers in soybean fields. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 46: 233-241.
- SAS Institute, 2000. SAS/STAT user's guide, version 8. SAS Institute, Cary, NC.
- Son, C.K., S.G. Park, Y.H. Hwang and B.S. Choi. 2000. Field occurrence of stink bug and its damage in soybean. Korean J. Crop. Sci. 45: 405-410.
- Tauber, M.J., C.A. Tauber and S. Masaki. 1986. Seasonal adaptations of Insects. Oxford Univ. Press, New York 411pp.
- Tomokuni, M., T. Yasunaga, M. Takai, I. Yamashita, M. Kawamura and T. Kawasaki. 1993. A field guide to Japanese bugs: Terrestrial Heteropterans. Zenkoku Noson Kyoiku Kyokai, Tokyo.
- Toyomi, K. 1998. Effect of low temperature on diapause termination and body colour change in adults of a stink bug, *Plautia stali*. Physiol. Entomol. 23: 53-61.