

갈색날개매미충 월동 알의 부화율과 온도발육기간

강택준¹ · 김세진^{1,2*} · 김동환¹ · 양창열¹ · 안승준¹ · 이성찬¹ · 김형환¹

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과, ²서울대학교 농생명공학부

Hatchability and Temperature-dependent development of Overwintered Eggs of *Ricania* sp. (Hemiptera: Ricaniidae)

Taek-Jun Kang¹, Se-Jin Kim^{1,2*}, Dong Hwan Kim¹, Chang Yul Yang¹, Seung-Joon Ahn¹, Seong Chan Lee¹ and Hyeong-Hwan Kim¹

¹Horticultural & Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Suwon 441-440, Korea

²Entomology Program, Department of Agricultural Biotechnology, Seoul National University (SNU), 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 151-742, Republic of Korea

ABSTRACT: *Ricania* sp. lay eggs into the new twigs of blueberry and suck nutrients causing growth retardation and a sooty mold symptom. This study was conducted to investigate the emergence success and developmental period of overwintered eggs of *Ricania* sp. under the seven constant temperatures from 10 to 34 °C by 4 °C intervals (14L:10D). We also monitored the emergence time of the *Ricania* sp. nymph at blueberry by 3 ~ 4 day interval using a modified leaf clip cage. Development times from the overwintered egg to 1st nymph were 107.1, 54.5, 33.9, 25.3, 25.1 and 16.7 days and the emergence successes were 23.1, 30.8, 13.8, 21.7, 11.9, and 0.6% at 14, 18, 22, 26, 30 and 34 °C, respectively except at 10 °C. The developmental periods were decreased with increasing temperatures. First emergence date of the nymphs in the field was between 19 and 22 May, and the average emergence success was 19.6%. The present study might be helpful to establish the management strategy of *Ricania* sp. based on the biological characteristic.

Key words: *Ricania* sp., Temperature dependent development, Emergence, Blueberry

조 록: 갈색날개매미충(*Ricania* sp.)은 블루베리에서 흡즙에 의한 양분손실과 감로로 인한 그을음을 유발하고, 암컷 성충은 1년생까지의 목질부속에 산란하여 가지를 고사시키는 해충이다. 본 연구는 갈색날개매미충 월동 알들의 실내 온도발육 실험과 노지에서 약충의 부화 시기 조사를 위하여 실시하였다. 충남 예산의 노지재배 블루베리에서 갈색날개매미충 난괴를 채집하여 10, 14, 18, 22, 26, 30, 34 °C (14L:10D) 조건하에서 매일 부화하는 약충수를 조사하였다. 전혀 부화하지 않은 10 °C 처리구를 제외한 월동 난괴의 온도별 부화소요기간은 평균 107.1, 54.5, 33.9, 25.3, 25.1, 16.7일로 온도가 높을수록 짧아졌고 부화율은 23.1, 30.8, 13.8, 21.7, 11.9, 0.6%로 조사되었다. 노지에서 정확한 부화시기 조사를 위하여 약충으로 부화하자마자 끈끈이트랩에 포획되도록 클립케이지를 설치하여 3~4일 간격으로 포획된 약충수를 조사하였다. 약충은 5월 19일과 22일 사이에 처음 발견되었으며 평균 19.6%의 부화율을 보였다. 조사한 40개의 피해 가지 중 15개의 가지에서는 약충이 전혀 부화하지 않았다.

검색어: 갈색날개매미충, 온도발육, 부화, 블루베리

갈색날개매미충(가칭, *Ricania* sp.)이 포함된 큰날개매미충과(Ricaniidae)에는 약 40속 400종이 보고되어 있으며, 주로 열대와 아열대 동반구에 분포하고, *Ricania*속에는 중국과 인도를 포함하여 아시아에 약 40종이 분포하는 것으로 알려져 있다(Xu et al., 2006). 갈색날개매미충은 기주범위가 넓고 주로 산

림 속에서 서식하다가 산란시기에 농작물 재배지로 이동하여 흡즙 및 산란 피해를 유발하기 때문에 방제가 어려울 뿐만 아니라, 성충은 비행을 통하여 확산할 수 있으므로 과수원을 비롯한 각종 농작물에 피해를 유발할 수 있는 해충이다(Choi et al., 2011; Choi et al., 2012a; RDA, 2013).

우리나라에서 갈색날개매미충은 2010년 8월 충남 공주와 예산에서 사과와 블루베리 등을 가해하는 것이 처음 보고되었으며 자두, 대추, 아카시아, 블루베리, 복분자, 사과, 밤, 옷, 포

*Corresponding author: sejin.kim78@gmail.com

Received October 30 2013; Revised November 13 2013

Accepted November 21 2013

도, 복숭아, 두릅, 엄나무, 오미자, 키위 등 주요 작물의 가지에서 30마리 이상의 성충이 관찰되었다는 보고가 있었다(Choi et al., 2011). 2011년에는 전남 구례군 산동면 외산리 인근의 약 286 ha에 발생하여 산수유, 감, 밤, 매실 등의 농작물에 피해가 발생하였으며(Choi et al., 2012a) 2013년 조사 결과 갈색날개매미충은 5개도 23개 시군으로 발생지역이 점차 확대되고 있으며 충남과 전라남북도에서 발생 밀도가 높은 것으로 조사되었다(RDA, 2013). 이에 따라 갈색날개매미충은 꽃매미, 갈색여치, 미국선녀벌레와 함께 돌발해충으로 분류되고 있다.

현재까지 국내에서는 갈색날개매미충의 기주범위 및 산란 특성(Choi et al., 2011), 친환경방제제 약효시험(Choi et al., 2012a)과 온도발육실험(Choi et al., 2012b) 등의 일부 연구가 진행되었다. 블루베리의 경우, 경기 고양 및 충남 예산과 공주 등의 노지재배지역에서 주로 1년생 가지에 산란하는 습성 때문에 가지가 말라 죽는 직접적인 피해와 감로로 인한 그을음 같은 2차적인 피해가 보고되었다(Choi et al., 2011; RDA, 2013). 특히, 국내 대부분 블루베리 재배 농가에서는 친환경이나 무농약 재배를 하고 있어서 갈색날개매미충은 향후 국내 노지재배 블루베리에서 큰 문제를 야기할 해충으로 여겨진다. 따라서 갈색날개매미충에 의한 피해를 최소화하기 위해서는 산란기에 집중적으로 유입되는 암컷 성충들을 유인하여 산란 피해를 줄이거나, 산란된 난괴의 물리적 제거 등과 같은 방법뿐만 아니라 월동 후 난괴들의 정확한 부화 시기 예측을 통한 최적 방제 시기 결정 모델 등 다양한 관리방법들이 개발되어야 할 것이다. 특히, 부화 초기 방제를 위해서는 부화시기에 대한 정확한 예측이 뒤따라야 하는데 이는 온도에 따른 발육속도 연구와 노지 포장에서의 발생 시기 조사를 통하여 가능하다. 그러나 현재 전세계적으로 갈색날개매미충과 같은 *Ricania*속의 종들에 대한 온도발육 및 휴면과 관련된 월동생태에 관한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 갈색날개매미충 월동 난괴들의 생태적 특성 및 부화시기 예측모델 설정 등을 위한 연구의 기초 자료 확보 차원에서 2월 노지에서 채집한 갈색날개매미충 월동 난괴들의 온도별 발육특성과 노지 블루베리 포장에서 월동 난괴들의 부화시기 및 부화율을 조사하여 분석하였다.

재료 및 방법

연구 포장

갈색날개매미충 월동 난괴의 부화시기를 구명하기 위하여 2013년 4월부터 7월까지 충남 예산군 신양면에 위치한 블루베리 노지 재배 포장(N: 36° 35.203', E: 126° 51.122')에서 조사

를 실시하였다. 조사 포장은 2011년부터 갈색날개매미충 성충이 발견되면서 산란 피해가 관찰된 곳으로 약 3,500 m² 면적에 스파르탄 등 5~6 품종을 재배하고 있는 재식 6년차 친환경재배 인증 농가이다. 잡초 방제를 위해서 재배 이랑 사이 바닥은 부직포를 깔았으며 블루베리가 재식 되어 있는 바로 아래쪽 지표면은 신초 확보와 유기물 공급 등을 위하여 건조한 낙엽이나 우드칩, 바크 등으로 덮어 놓았다. 조사기간 동안 노지 포장의 온도를 기록하기 위해 2012년 10월에 포장 중앙, 약 1 m 높이에 온도기록장치(HOBO[®] U23 Pro v2 Temp/RH data logger, Onset co., USA)를 설치하였다.

갈색날개매미충 월동 난괴 부화 시기 조사

월동 난괴에서 약충이 5월 초순경부터 부화할 것이라는 Choi et al.(2012b)의 보고를 참고하여 2013년 4월 예산 노지 포장에서 40개의 난괴에 클립케이지(신일사이언스, 지름 4 cm)를 설치하였다. 클립케이지를 갈색날개매미충 월동 난괴가 있는 블루베리 가지에 부착시켰을 때 틈이 벌어지지 않도록 클립케이지 테두리의 대각선상 위치에 두 개의 홈을 파고 홈과 가지 사이의 틈으로 부화한 약충이 빠져나오지 못하도록 스펀지를 부착하였으며 가지와 클립케이지 사이에 끈끈이트랩(가로 5 cm × 세로 5 cm)을 두어 난괴에서 부화한 약충들이 트랩에 포획되도록 하였다(Fig. 1). 트랩에 포획된 약충 개체수 조사는 2013년 4월 22일부터 7월 10일까지 3~4일 간격으로 시행하였으며 마지막 조사일인 7월 10일에 가지들을 모두 수거하여 실험실에서 현미경(SteREO Discovery. V8, Carl Zeiss, Germany)을 이용하여 난괴를 비스듬히 잘라 난괴 당 알 수를 확인하였고 이를 통해 부화율을 계산하였다.

온도에 따른 부화기간 및 부화율

2013년 2월 27일, 동일한 조사 포장에서 충분한 수의 난괴를 채집하였고 난괴가 있는 가지를 9 cm 이하로 잘라 페트리디쉬(높이 95 mm × 직경 45 mm)에 넣은 후 페트리디쉬를 비스듬히 세워 향온기에 보관하였다. 각 온도별로 10개의 페트리디쉬를 사용하였으며 난괴의 크기를 고려하여 페트리디쉬당 하나 또는 두 개의 가지를 넣었다. 실험 온도는 10°C 부터 34°C 까지 4°C 간격으로 총 7개 온도 구간으로 설정하였고(14L:10D) 각 온도 별로 온도기록장치(HOBO[®] Temp/RH H08, Onset co., USA)를 함께 넣어 실험기간 동안의 향온기 내부 온도가 기록되도록 하였다. 향온기 내부에는 물통을 넣어 40~60%의 상대습도가 유지되도록 하면서 페트리디쉬 내부에도 물을 보충하



Fig. 1. Modified clip cage for investigating the emergence of *Ricania* sp. nymphs from overwintered egg mass on blueberry. A: Groove for twig, B: Sponge to block gaps between twig and groove, C: Sticky trap.

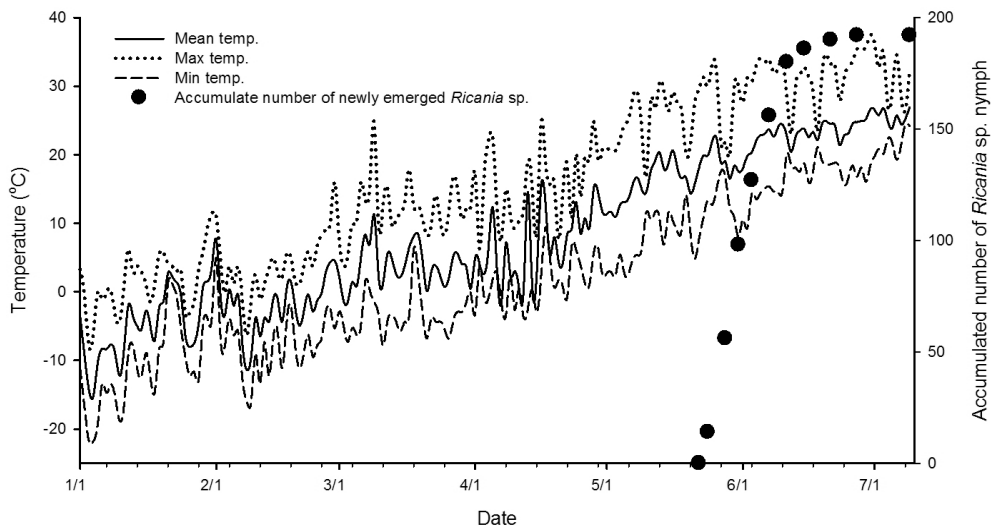


Fig. 2. Daily mean, maximum, and minimum temperature and accumulated number of newly emerged *Ricania* sp. nymph at a blueberry field in Yesan, Korea (2013).

여 가지 하단부가 항상 물에 잠기도록 하였다. 24시간 간격으로 알의 부화 여부를 확인하였으며 부화한 약충은 흡충기로 제거하였다. 최종 부화일로부터 한 달간 새로운 약충이 발견되지 않을 경우 실험을 종료하고 가지를 잘라 각 난괴당 알 수를 조사하여 부화율을 계산하였다. 온도별 부화기간 및 부화율에 대하여 SAS 프로그램을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 수행하였고 유의한 차이가 존재하는 경우 평균간 비교를 위해 Tukey 검정을 실시하였다(SAS Institute, 2004). 부화율에 관한 분산분석에서 0% 부화율은 $1/4n$ (n : 페트리디쉬 당 알 수)로 변환하였고 다시 모든 부화율을 Arc Sine 변환 후 분산분석을 실시하였다(Gomez and Gomez, 1984).

결과

노지 포장의 온도

예산 노지 포장에서는 5월부터 최저 온도와 평균온도가 각각 0°C 및 10°C 이상이 지속되었으며 약충이 부화하기 시작하여 부화가 완료되는 5월 하순부터 6월 중순까지는 평균 20°C 전후이었다(Fig. 2).

노지 포장에서의 월동 난괴 부화 시기 및 부화율

2013년 4월 22일부터 7월 10일 사이 노지재배 블루베리 포장에서 클립케이지를 이용하여 갈색날개매미충의 부화를 주기

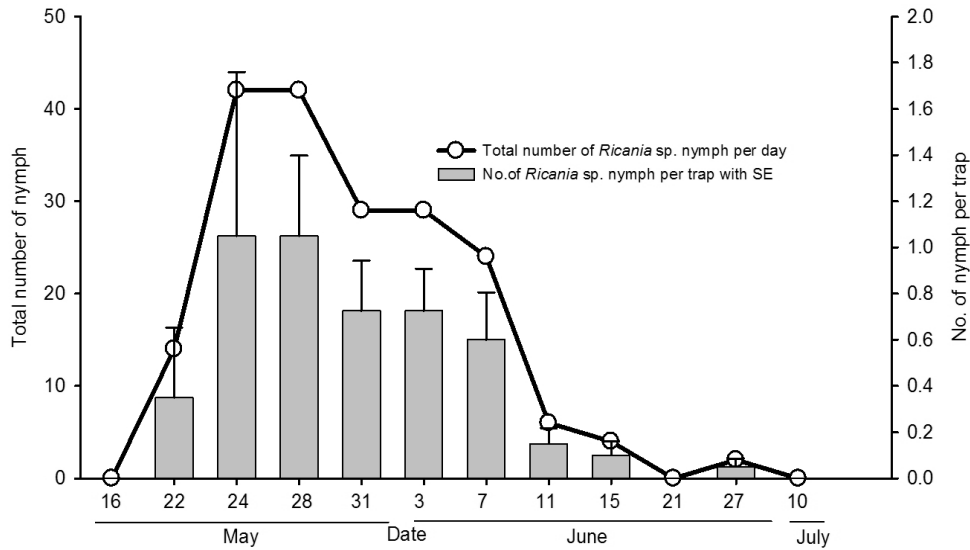


Fig. 3. Total number (daily) and density (per trap) of newly emerged 1st nymphs of *Ricania* sp. at a blueberry field in Yesan, Korea (2013).

Table 1. Mean and median developmental periods (in days) and mean emergence success (%) of *Ricania* sp. from overwintered egg to 1st nymph at constant temperatures.

Temperature (°C)	n	Developmental periods		Emergence (SE)
		Mean (SE)	Median	
10	-	- ¹	-	-
13.97	100	107.06 (1.31)a ²	105	23.10 (6.74)a ²
17.03	173	54.53 (1.16)b	50	30.80 (8.67)a
21.64	71	33.92 (1.35)c	31	13.83 (6.02)a
26.46	96	25.32 (0.87)cd	22	21.68 (7.46)a
29.61	50	25.14 (0.77)cd	26	11.94 (3.33)a
34.34	3	16.67 (0.33)d	17	0.64 (0.64)b

¹Failed to emergence.

²Means with the same letter are not significantly different ($\alpha=0.05$).

적으로 조사한 결과 5월 19~22일 사이에 처음으로 약충이 발견되었다. 이어 5월 24일과 28일 2회에 걸쳐 가장 많은 수의 약충들이 발견되었고 이후 발생 밀도가 줄어들어 6월 27일에 마지막으로 관찰되었다(Fig. 2 and 3). 40개 난괴 중 15개의 난괴에서는 약충이 부화하지 않았고 몇몇 난괴에서만 집중적으로 부화하여 트랩당 일별 부화 개체수에 비해 표준오차가 상대적으로 컸으며(Fig. 3) 평균 부화율은 19.6±27.56 (Mean±SD)% 이었다.

월동 난괴의 온도별 발육기간 및 부화율

2월에 채집한 갈색날개매미충 월동 난괴의 발육기간은 온도가 증가함에 따라 짧아져, 14°C에서 약 107일 정도로 가장 길었

고 34°C에서 16.7일로 가장 짧았으며 온도에 따라 발육기간에 유의한 차이가 있었다($F = 569.33$; $df = 5,487$; $P < 0.0001$) (Table 1). 온도별 평균 부화율은 18°C에서 30.8%로 가장 높았고, 34°C에서는 실험기간 동안 3개체만이 부화해 0.64%의 가장 낮은 부화율을 보였으며 온도에 따른 부화율의 차이가 존재하였다($F = 3.95$, $df = 5,52$ $P = 0.0041$)(Table 1).

고찰

Choi et al. (2012b)은 2012년 1월 구레에서 채집한 난괴로 온도발육 실험을 실시하여 온도에 따른 평균 부화율이 56~75%라고 보고하였는데 이번 조사 결과(0.64~30.80%)와는 상당한 차이를 보였다. 또한 본 연구 내용 중 노지에서 클립케이지를

이용한 부화율은 평균 19.6%로 온도에 따른 부화율과 유사하게 상당히 낮았다. Choi et al. (2011)도 2011년 2월에 공주시와 예산군을 중심으로 한 충청지역에서 채집한 난괴를 실내(25°C)에서 사육한 결과 평균 부화율이 24.7%로 본 연구 결과와 유사하였으며 그 이유를 겨울철 낮은 온도에 기인할 것이라 추정하였다. 실제로 본 실험이 수행된 예산 포장의 2012년 11월부터 2013년 2월까지의 평균 온도는 -3.9°C 이었으며 최저 온도는 -21.8°C 이었고 -10°C 이하가 2시간 이상 지속된 경우가 총 39회, 그 중 18회는 10시간 이상 지속되었다. 반면, 2011년 11월부터 2012년 1월까지 구례 지역의 한 시간 단위 기상청 자료에 따르면 평균 기온은 4.6°C, 이 기간 최저기온은 -11.5°C 이었으며 -10°C 이하는 4시간 동안 단 한 차례 유지되었을 뿐이었다(KMA, 2013). 따라서 본 연구를 포함한 갈색날개매미충의 월동 난괴 실내 부화율에 관한 세 연구의 결과가 차이를 보이는 가장 큰 이유는 실험에 사용한 월동 난괴의 채집 시기 및 지역의 차이로 인한 월동시기 온도의 영향으로 추정된다. Lee et al. (2011)은 춘천, 청주, 원주 세 지역에서 채집한 꽃매미 월동 난괴 부화율이 차이를 보였고, 특히 각 지역의 일 평균온도와 일 최저온도는 남부 지역인 원주로 내려올수록 높아졌으며 이와 함께 부화율은 증가하는 것을 구명하였으며 1월 중의 최저온도가 -12.72°C 일 경우 부화율이 0이 될 것이라 추정하기도 하였다. 따라서 갈색날개매미충 난괴에 대한 시기별 및 지역별 부화율과 채집 지역의 겨울철 온도자료에 대한 비교분석 및 과냉점(supercooling point)의 시기별 변화 연구를 통하여 갈색날개매미충 월동 난괴의 낮은 부화율이 설명될 수 있을 것이라 사료된다.

Choi et al. (2012b)은 15, 18, 21, 24, 27, 30°C 조건에서 갈색날개매미충 월동 난괴의 부화소요기간이 각각 51.1, 30.9, 24.6, 19.6, 17.0, 19.3일 소요되었다고 보고하여 본 연구보다 고온영역에서는 7일 전후, 저온영역에서는 20~50일 가량 부화소요기간이 짧았다. 이러한 차이는 부화율의 차이와 동일하게 월동 난괴의 채집시기나 처리방법 또는 채집한 기주의 차이에 의한 특성 때문에 발생할 수 있다. 이러한 가능성 중 채집시기는 휴면(diapause)과 매우 밀접한 관련이 있는 요인이다. 휴면은 생물이 발육 단계의 특정 시점에서 불리한 환경을 극복하기 위한 하나의 방법으로 휴면 전 기간(prediapause period)을 거쳐 물질대사, 성장 또는 번식을 억제하거나 계절적 다형현상 등을 보이는 휴면 유도 기간(diapause induction period) 및 휴면 유지 기간(diapause maintenance period), 그리고 발육이 다시 시작되는 휴면 후 전이 기간(postdiapause period)과 비휴면 기간(nondiapause period)으로 구분되며(Tauber et al., 1986) 앞의 세 기간은 온도나 광주기 같은 특정 명목자극(token stimuli)의 영향을 받게 된다. 따라서 본 연구와 Choi et al.(2012b)의 연구에서 발육기간

에 차이가 발생한 것은 월동 난괴의 채집 시기에 따라 알의 휴면 단계 차이에 의한 것일 수 있다. 즉, Choi et al. (2012b)이 1월에 구례에서 채집한 난괴는 아직 월동 전 단계이어서 발육이 억제되지 않았고 본 연구에서 2월에 예산에서 채집한 난괴는 휴면 유지 기간이어서 발육이 억제된 상태였을 가능성이 있다. 따라서 이러한 가능성을 구명하기 위해서는 여러 시기에 채집된 알에 대한 발생학적 연구(Fletcher and Anderson, 1980)나 부화율 연구와 같은 갈색날개매미충의 휴면생태에 관한 연구가 필요하며, 이들 연구결과를 바탕으로 설계된 온도발육실험을 통해 봄철 부화시기 및 누적부화율 예측모델을 개발할 수 있을 것이다.

블루베리의 1년생 가지는 차년도에 열매를 맺는 가지로 갈색날개매미충의 산란으로 인해 가지가 고사하거나 난괴 제거를 위해 가지를 전정하면 수확량을 크게 감소시킬 것으로 예상된다. 실제로 중국에서 *Ricania sublimbata*의 산란에 의해 나무의 성장이 평균 26.9% 감소하였다는 보고가 있다(Liu et al., 2007). 그러므로 가지의 굵기, 가지당 난괴수 등과 가지의 고사 사이의 관계를 구명하여 전정할 가지를 최소화하거나 가지를 전정하지 않고 난괴를 방제할 수 있는 방법에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다. 이와 더불어 암컷의 산란을 방지할 수 있는 방법에 대한 연구도 필요한데 님추출물 등 7종의 친환경 제재에 의한 처리 3일 후 성충 사망률은 70%전후였으나(Choi et al., 2012a) 갈색날개매미충의 비행능력을 고려할 때 실험실 조건이 아닌 포장에서의 효과도 검증되어야 할 것이다. 한편, 2012년 9월 중순부터 4주간 예산의 블루베리 포장에 끈끈이트랩을 설치하였었는데 황색트랩에는 트랩당 33.6마리의 성충이 유인된 반면 백색과 청색에는 1마리 미만이 유인되었으며 트랩 주변에 산란된 난괴수에 있어서도 황색트랩 주변은 주당 2개 미만인 반면 백색과 청색트랩 주변은 주당 5개 이상의 난괴가 발견되어(Kang, T.J. and S.J. Kim, unpublished data) 차후 추가적인 연구를 통해 효율적인 방제수단으로 활용할 수 있을 것이다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 내부과제(PJ907104)의 지원에 의하여 수행된 결과입니다.

Literature Cited

- Choi, D.S., Kim, D.I., Ko, S.J., Kang, B.R., Lee, K.S., Park, J.D., Choi, K.J., 2012a. Occurrence ecology of *Ricania* sp. (Hemiptera: Ricaniidae) and selection of environmental friendly agricultural materials for control. Korean J. Appl. Entomol. 51, 141-148.
- Choi, D.S., Kim, D.I., Ko, S.J., Kang, B.R., Park J.D., 2012b.

- Prediction of early emergence of *Ricania* sp. using temperature-dependent development model. Proceedings of 2012 Korean Society of Applied Entomology. pp. 110.
- Choi, Y.S., Hwang, I.S., Kang, T.J., Lim, J.R., Choe, K.R., 2011. Oviposition characteristics of *Ricania* sp. (Homoptera: Ricaniidae), a new fruit pest. Korean J. Appl. Entomol. 50, 367-372.
- Fletcher, M.J., Anderson, D.T., 1980. Unusual features in the embryonic development of *Scolypopa australis* (Walker) (Homoptera: Fulgoroidea: Ricaniidae). Int. J. Insect Morphol. Embryol. 9, 129-134.
- Gomez, K.A., Gomez, A.A., 1984. Statistical procedures for agricultural research, 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc.
- KMA, 2013. <http://www.kma.go.kr>
- Lee, J.S., Kim, I.K., Koh, S.H., Cho, S.J., Jang, S.J., Pyo, S.H., Choi, W.I., 2011. Impact of minimum winter temperature on *Lycorma delicatula* (Hemiptera: Fulgoridae) egg mortality. J. Asia-Pacif. Entomol. 14, 123-125.
- Liu, S.W., Ji, B.Z., Zhang, K., He, Z.H., Song, J., Song, H.L., 2007. The distribution and damage characteristics of overwintering eggs' nidi of *Ricania sublimbata* Jacobi. J. Nanjing Forest. U. (Natural Sciences Edition) 31, 57-62.
- RDA, 2013. <http://www.rda.go.kr>
- SAS Institute Inc., 2004. SAS/STAT[®] 9.1 User's guide, Cary, NC, SAS Institute Inc.
- Tauber, M.J., Tauber, C.A., Masaki, S., 1986. Seasonal adaptations of insects. Oxford University Press.
- Xu, C.Q., Liang, A.P., Jiang, G.M., 2006. The genus *Euricania melichar* (Hemiptera: Ricaniidae) from China. Raffl. Bull. Zool. 54, 1-10.