

전남지역에 발생하는 풀무치(*Locusta migratoria*)의 형태적 특징 및 발생생태

최덕수* · 마경철 · 김효정 · 이진희 · 오상아

전남농업기술원 친환경농업연구소

Morphological Characteristics and Ecology of *Locusta migratoria* (Orthoptera: Acrididae) in Jeonnam Province

Duck-Soo Choi*, Kyeong-Cheul Ma, Hyo-Jeong Kim, Jin-Hee, Lee and Sang-A Oh

Environment-friendly Agricultural Research Institute, JARES, Jeonnam 58213, Korea

ABSTRACT: These experiments were conducted to investigate the morphological characteristics, occurrence ecology, host preference, and oviposition of *Locusta migratoria* to create a forecasting manual in preparation for outbreaks of this species. The sex ratio (female:male) of 274 adult of *L. migratoria* which occurred naturally in the Muan region of Jeollanam-do was 18.2 : 81.8, 60.9% individuals were of the green type and 39.1% were of the brown type. Body length and body weight were 6.5 cm and 2.8 g for females and 5.0 cm and 1.5 g for males, respectively; body size did not differ between differently colored individuals. Spawning activity in the field was observed from late August to late October. Eggs laid between late September and early October hatched in late May the following year. Female adults fed 3.5 g of corn leaf and male adult was 1.6 g for a day. The host preference of *L. migratoria* was in the order corn > foxtail millet > millet > silver grass > rice, and preference for silver grass and rice was very low. Pure sand was most favorable for the spawning of *L. migratoria*, and the cumulative amount of hatching was higher when the soil moisture content was higher after spawning began.

Key words: *Locusta migratoria*, Morphological characteristics, Occurrence ecology, Host preference, Oviposition

초 록: 본 실험은 풀무치의 군집형 대발생 대비 예찰매뉴얼 개발을 위하여 형태적 특징, 발생생태, 먹이선호도, 산란조건 시험을 수행하였다. 전남 무안지역에 자연발생한 풀무치 274마리의 성비는 암컷과 수컷이 18.2 : 81.8로 수컷비율이 높았고, 녹색형이 60.9%, 갈색형이 39.1%로 녹색형이 많았다. 몸길이와 체중이 암컷은 6.5 cm, 2.8 g이고, 수컷은 5.0 cm, 1.5 g으로 암컷이 컸으며, 색깔에 따른 몸 크기는 차이가 없었다. 야외에서 풀무치의 산란활동은 8월 하순부터 10월 하순까지 관찰되었는데, 9월 하순부터 10월 상순에 산란한 알은 이듬해 5월 하순에 부화하였다. 성충의 일일 섭식량은 암컷 3.5 g, 수컷 1.6 g 이었다. 풀무치의 먹이선호도는 옥수수 > 조 > 기장 > 억새 > 벼 순이었으며, 억새와 벼는 좋아하지 않았다. 풀무치가 산란을 가장 선호하는 토양은 순수 모래였으며, 산란유도 후 토양 수분함량이 높을수록 누적부화량이 많았다.

검색어: 풀무치, 형태적 특징, 생태, 먹이선호도, 산란

우리나라 친환경농업은 1990년대부터 점차 증가하였으나, 2016년 저농약 폐지를 계기로 인증면적이 감소하고 있는 실정이다. 그러나 전 세계적인 흐름이 안전한 먹거리를 원하는 소비자 수요는 점차 증가하고 있으며, 2015년부터 지속가능한 농업을 위한 혁신을 핵심으로 하는 유기농 3.0 시대가 펼쳐지고 있다

(Yoon, 2017). 또한 환경보존, 농약사용 감소 등 인간의 생활공간을 위협하게 만드는 요인을 감소시킴에 따라 안전한 환경조건이 조성되고 있으나, 그에 따른 돌발해충 발생량은 증가하는 실정이다. 최근에 갑작스럽게 발생하여 농작물에 피해를 주는 돌발해충으로는 꽃매미(*Lycorma delicatula*), 갈색날개매미충(*Pochazia shantungensis*), 미국선녀벌레(*Metcalfa pruinosa*), 복숭아씨살이좀벌(*Eurytoma maslovskii*) 등이 있다(Choi et al., 2012a; Choi et al., 2012b; Lee et al., 2016; Choi et al., 2015).

*Corresponding author: cds1218@korea.kr

Received September 24 2017; Revised November 23 2017

Accepted November 23 2017

2014년 8월 전라남도 해남군 산이면 간척지 일대 약 20ha에서 풀무치 약충이 대발생하여 벼, 기장, 수단그라스의 일부가 큰 피해를 받았는데(Kim et al., 2014; Lee et al., 2016) 이 지역에서 대발생한 환경적 특성으로 영양호와 인접한 넓은 면적의 간척지에 참억새, 띠, 갈대 등 기주식물이 풍부하고, 수단그라스, 이탈리안라이그라스와 같은 사료작물을 친환경으로 재배하고 있으며, 농수로 주변의 자갈과 사질양토로 구성된 토양은 풀무치의 산란 및 증식에 매우 유리한 조건으로 구성되었다고 분석하였다(Lee et al., 2016). 또 이때 발생한 풀무치 12개체의 염기서열을 분석한 결과 0.0~0.9%의 유전적 변이를 보였으며, 모두 북방계통 중 유라시아 대륙지역형과 유전적으로 가장 가까운 것으로 밝혀졌다(Kim et al., 2016; Lee et al., 2016). 조선 왕조실록이나 해괴제등록의 기록에 의하면 우리나라에도 풀무치로 추정되는 해충의 대발생 사례가 있지만(Park et al., 2010; Paik and Paik, 1977), 현대사에서 군집형 풀무치가 대발생하여 농작물에 피해를 주는 사례가 처음으로 발생하였다.

국역 해괴제등록의 기록에 의하면 병인 6월 25일 광주, 남평, 무안, 금산, 창평, 옥과, 순창, 동복 등 8개 고을에서 일찍심은 벼와 중간에 심은 벼가 있는 논에서 황충이 심하게 발생하여 모들이 쭈구리들었다고 하는 등 해충에 의한 피해가 여러차례 언급되었다(Kwon, 2005).

풀무치(*Locusta migratoria*)는 메뚜기목 메뚜기과에 속하는 곤충으로 전 세계적으로 잠재적 파괴력이 높은 해충 중 하나로 밀도에 따라 형태적, 생리적, 행동적 특성에 변화를 보이는 다현현상(Polyphenism)을 갖는 곤충이다(Uvarov, 1966, 1977; Pener, 1991). 우리나라에서 풀무치는 녹색형과 갈색형이 있으며, 5월부터 11월까지 연 2회 발생하는데 지역에 따라 다르며 몸 크기의 경우 서해안 도서지역에 대형 개체가 나오며 제주도 개체군은 크기가 가장 작다고 한다(Kim, 2013).

농업환경 변화에 따른 새로운 해충의 잦은 출현은 예측하지 못한 경제적 피해를 초래하는 경우가 점차 많아지는 실정이다. 따라서 본 시험은 전남 해남지역에서 군집형 풀무치가 집단발생한 사건을 계기로 전남지역에서 풀무치의 발생생태 및 형태적 특징, 먹이선호도와 일일섭식량, 산란조건 시험을 통하여 풀무치 대발생 대응 방제 매뉴얼을 작성하고자 2015년부터 3년 동안 시험한 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

형태적 특징 및 발생생태

형태적 특징 및 발생생태 조사를 위해 2015년 9월에 전남 무

안지역에서 자연적으로 발생한 풀무치 성충을 무작위로 채집하여 채색, 암수비율, 체장 및 체중을 조사하였다. 또 야외에서 채집한 풀무치를 육묘한 옥수수를 먹이로 제공하며 하우스 내에서 누대사육하며 이용하였다.

사육온도에 따른 몸 크기 변이를 조사하기 위하여 갓 부화한 약충을 25°C와 30°C의 곤충사육실에서 20 × 20 cm의 망사케이지에서 집단 사육하였으며, 탈피한 개체는 새로운 케이지로 옮겨 사육하며 발육단계별 두폭, 체폭, 체장을 조사하였다. 또, 전남지역에서 풀무치 발생생태 및 산란시기에 따른 부화여부를 조사하기 위하여 2016년 9월에 가로 2 m, 세로 2 m, 높이 1.8 m의 소형 망사 3개를 야외에 설치하고 내부에는 모래를 15 cm 두께로 깔고 육묘한 옥수수를 먹이식물로 제공하였다. 자연조건에서 풀무치 산란시기별 다음 해 부화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 하우스에서 사육한 풀무치 30쌍을 각각 10일 동안 산란을 유도하여 다음해에 부화상황을 조사하였다. A구는 9월 27일부터 10월 6일까지, B구는 10월 7일부터 16일까지, C구는 10월 17일부터 26일까지 산란유도 후 살아있는 충수를 조사하였으며, 살아있는 충은 다시 이용하고 죽은 양 만큼 보충하여 30쌍을 만들어 B구, 다음으로 C구에 접종하였다.

섭식량 및 먹이선호도 조사

풀무치 암컷과 수컷의 일일 섭식량을 조사하기 위하여 육묘한 옥수수잎 10 g을 팔콘튜브에 꺾꽂이하고 성충 한 마리씩 접종하여 25°C에서 섭식을 유도하였으며, 1일 후 먹이의 무게를 측정하여 하루 섭식량을 산출하였다.

풀무치 먹이선호성을 두 가지 방법으로 시험하였다. 첫 번째는 육묘한 옥수수, 조, 기장, 억새, 벼를 망사케이지에 섞어서 넣고 갓 부화한 약충 30마리를 접종하여 3일 후 식혼을 확인하여 기주식물별 좋아하는 정도를 달관조사 하였으며, 약충의 생존율을 조사하였다. 두 번째 시험은 기주식물 변화에 따른 식성변화 여부를 확인하고자 벼, 옥수수, 기장, 조, 억새 5종의 기주식물이 들어있는 각각의 망사케이지에 갓 부화한 약충 20마리씩 넣고 10일 동안 사육한 후 위와 같은 5종의 기주식물이 혼재한 망사케이지에 넣어 7일 동안 사육한 후에 역시 먹이의 식혼을 기준으로 선호도 시험을 조사하였다.

산란조건 시험

풀무치의 산란선호 토양조건을 구명하고자 2015년 유리온실 내에 망사케이지를 설치하고 그 내부에 가로 45 × 세로 25 × 높이 15 cm의 플라스틱 상자에 시판중인 원예용 상토 100%,

원예용 상토 50%+ 모래 50%, 모래 100%의 상자를 각각 2개씩 총 6개를 만들어 각각 다른 한 상자에는 자갈을 표면의 절반정도 덮이도록 윗면에 넣어주고 나머지는 그대로 피복하지 않은 상태로 망실 아래에 설치하였다. 육묘한 옥수수는 망사케이지 가장자리에 제공하였고, 성충 30쌍을 접종하여 한 달 동안 산란을 유도한 후 각 상자별로 낳아놓은 난괴수를 조사하였다.

폴무치 성충의 산란과 부화에 수분공급량이 미치는 영향을 조사하기 위하여 가로 60 cm × 세로 60 cm × 높이 120 cm의 텐트형 곤충사육케이지 바닥에 15 cm 두께로 모래를 깔고 물을 넣은 삼각플라스틱에 육묘한 옥수수 줄기를 꽂아 폴무치의 먹이를 제공하였다. 2017년 5월 26일 하우스에서 사육한 폴무치 중에 교미중인 성충 10쌍을 각각 A구와 B구에 접종하였으며, A구는 10일 간격으로, B구는 20일 간격으로 수분을 공급하였다. 매일 충분한 양의 옥수수를 제공하였으며, 수분을 공급할 때에는 바닥에 깔아놓은 모래가 충분히 흡수하고 아래로 흘러 내릴 정도까지 공급하였고, 토양수분측정기(DM-18)를 이용하여 매일 토양의 수분함량을 조사하였다. 폴무치는 땅속에 산란하므로 직접 산란량을 확인할 수 없기 때문에 자연적으로 부화되어 나온 약충을 조사하였다.

결과 및 고찰

형태적 특징 및 발생생태

전남 무안군 망운면 피서리 인근은 무안공항 인접지역으로 이탈리아라이그라스 등 가축을 기르는데 필요한 건초를 주로 생산하는 곳으로 농약을 사용하지 않고 자갈이 깔린 비포장도

로가 길게 이어져 있어 폴무치를 비롯한 메뚜기 류가 서식하기에 좋은 조건을 갖추고 있다. 전남 무안지역에 자연발생한 폴무치 성충의 체색 조사결과는 Table 1과 같다. 녹색형이 60.9%, 갈색형이 39.1%로 녹색형이 많았으며, 암수비율은 18.2 : 81.8로 수컷의 비율이 월등하게 높았다. 녹색형이 많았던 것은 길을 제외한 모든 주변이 초록색 잡초가 많기 때문에 자연과 어울린 보호색을 띠었던 것으로 보인다. 체색 등 형태적 특성은 Table 2와 같다. 체색에 따라 몸 크기나 체중의 차이는 보이지 않았는데, 녹색형의 경우 암컷의 체장이 6.5 cm로 수컷보다 1.5 cm 컸으며, 체중도 2.8 g으로 수컷보다 두 배 정도 무거웠다. 폴무치 약충을 실내에서 여러 가지 방법으로 사육해 보았지만, 개체사육시 사육도중 치사율이 높았다. 영기에 따라 개체수가 충분하지는 않았지만 온도에 따른 폴무치 약충과 성충의 두께, 체폭, 체장을 조사한 결과(Table 3), 전반적으로 25℃ 보다는 30℃의 조건에서 사육한 개체의 체형이 약간 커진 것으로 조사되었다.

폴무치 성충의 산란시기별 부화특성은 Table 4와 같다. 시기를 달리하여 성충 30쌍을 각각 접종하여 10일 후 생존충수가 A구는 암 25, 수 26마리였고, B구는 암 25, 수 28마리, C구는 24, 20마리로 수컷의 생존량에는 다소 차이가 있었지만 암컷은 24, 25마리가 생존하여 비교적 균일한 산란조건이 구성되었다. 위의 A, B, C구 중 산란 유도시기가 빠른 곳에서 가장 많은 부화약충이 발생하였고, 10월 중하순 산란구는 한 마리도 부화하지 못하였다. 이듬해 5월 22일에 A구에서는 부화약충이 20마리가 관찰되고, 6월 22일에 4령 약충 12마리, 7월 17일에는 성충 8마리가 관찰되었다. 그러나 10월 상중순에 산란유도한 B구에서는 이보다 훨씬 적은양이지만 부화와 성충이 발생하는 것을 볼 수 있었으나, 10월 중하순 처리구에서는 한 마리도 부화하지 못

Table 1. Composition with respect to body color and sex ratio of naturally occurring adult *Locusta migratoria* at Muan, Jeonnam (Collection: 21. September. 2015)

Body color	No. of captured <i>L. migratoria</i>		
	Female	Male	Total (ratio)
Green type	34	133	167 (60.9%)
Brown type	16	91	107 (39.1%)
Total (ratio)	50 (18.2%)	224 (81.8%)	274 (100%)

Table 2. Morphological characteristics in terms of the body color and sex of naturally occurring adult *Locusta migratoria* at Muan, Jeonnam (Collection: 21. September. 2015)

Body color	No. of sample (female/male)	Female (Mean ± SD)		Male (Mean ± SD)	
		Body size (cm)	Weight (g)	Body size (cm)	Weight (g)
Green type	20 (10/10)	6.5 ± 0.41	2.8 ± 0.58	5.0 ± 0.67	1.5 ± 0.28
Brown type	20 (10/10)	6.4 ± 0.20	2.7 ± 0.59	5.1 ± 0.33	1.5 ± 0.14

Table 3. Body size on each developmental stage of *Locusta migratoria* when reared at constant temperature conditions of 25 and 30°C

	Temp. (°C)	Nymph					Adult		
		1st	2nd	3rd	4th	5th	Female	Male	
Head width (mm)	25	1.03 (n = 14)	1.53 (n = 14)	2.40 (n = 14)	3.25 (n = 6)	4.20 (n = 11)	5.01 (n = 3)	4.21 (n = 4)	
	30	1.03 (n = 14)	1.44 (n = 14)	2.48 (n = 14)	3.52 (n = 5)	4.33 (n = 12)	5.17 (n = 7)	4.39 (n = 4)	
Body	Width (mm)	25	1.19	1.93	3.24	4.55	5.35	6.75	5.7
		30	1.19	1.80	3.41	4.86	5.42	7.33	5.65
	Length (mm)	25	4.98	9.68	19.73	27.37	34.35	45.0	38.36
		30	4.98	7.70	20.42	28.25	34.02	45.0	

Table 4. Amount and time of hatching of *Locusta migratoria* when oviposition was induced over 10-day intervals at different times

Division	A	B	C
No. of inoculation	Adult 30 pairs	Adult 30 pairs	Adult 30 pairs
Innoculation time (10 days)	27. Sep. ~ 6. Oct.	7. Oct. ~ 16. Oct.	17. Oct. ~ 26. Oct.
No. of alive adult	'16. 10. 07	Female 25 / Male 26	
	10. 17	Female 25 / Male 28	
	10. 27	Female 24 / Male 20	
No. of occurrence	'17. 5. 22	1st nymph 20	1st nymph 3
	6. 22	4rd nymph 12	4rd nymph 2
	7. 17	Adult 8	Adult 1

했다. 2015년부터 3년 동안 전남 해남과 무안의 자연발생 풀무치의 시기별 발생량을 조사 관찰한 결과, 부화약충 발생시기와 본 시험의 산란시기별 부화특성 조사의 부화시기가 거의 일치하였으며, A구의 경우 20마리가 부화하였지만 성충은 8마리로 40% 밖에 성충이 되지 못한 결과, 또 항온조건에서 실내사육에서도 생존율이 낮은 것을 고려해 볼 때 풀무치의 생존력은 환경의 영향을 많이 받는다고 말할 수 있다. 자연조건에서 암컷의 산란활동은 8월 하순부터 10월 하순까지 2개월 정도 관찰할 수 있다. 사질양토로 조성된 비포장도로의 햇빛이 잘 비추는 부위에 복부 끝을 땅에 넣고 산란활동을 하는 데, 본 실험결과와 종합해 보면 풀무치의 주 산란기간은 8월 하순부터 10월 중순이며, 이때 산란한 알이 이듬해 봄에 부화하는데, 월동 후 부화율이 저조하여 봄철에 풀무치 발생빈도는 낮은 것으로 판단할 수 있었다.

섭식량 및 먹이선호도 조사

풀무치 성충의 일일 섭식량을 조사한 결과 암컷은 3.5 g, 수컷은 1.6 g으로 암컷이 두 배 이상 많이 섭식하였다(Table 5). 풀무치 체중이 암컷은 2.8 g, 수컷은 1.5 g으로 체중이 무거운 만큼 섭식량도 많은 것을 알 수 있었다. 수컷의 일일 섭식량은 체중과 비슷하였으나 암컷은 체중보다도 더 많은 양을 섭식하였다.

먹이선호성 시험을 두 가지로 진행한 결과는 Table 6과 같다. 갓 부화약충의 기주 선호도는 옥수수 > 조 > 기장 > 억새 > 벼 순이었으며, 생존율은 92%였다. 또 단일 주에서 사육하다 혼합 기주를 제공하는 두 번째 실험에서, 먼저 단일 기주에서 10일 후 생존율은 기장, 조, 옥수수, 벼, 억새에서 각각 90, 80, 70, 35, 0%로 기장, 조, 옥수수에서 높은 생존율을 보였지만 벼와 억새에서는 생존율이 낮았다. 이들 단일 기주에서 살던 약충을 5종

Table 5. Feeding amount per day for adult *Locusta migratoria*

No. of tested sample	Feeding amount per day (g/individual)		Condition
	Female	Male	
10	3.5 ± 0.75	1.6 ± 0.22	Host plant : Corn Temp. : 25°C

Table 6. Survival rate of *Locusta migratoria* with supply of a single host and host preference following the simultaneous provision of five host plants

Division		Host plant				
		Rice	Corn	Millet	Foxtail millet	Silver grass
No. of 1st nymph inoculation		20	20	20	20	20
Single host plant (after 10 days)	No. of alive	7	16	18	14	0
	Survival rate (%)	35	80	90	70	0
Five host plant (after 7 days)	No. of alive	7	14	14	12	
	Survival rate (%)	100	87.5	77.8	85.7	
	Prey preference	C>F>M>S>R	C>F>M>S>R	C>M>F>R>S	C>F>M>S>R	

이 혼합된 먹이조건으로 옮겼을 때에 옥수수, 조, 기장의 섭식량이 가장 많았고, 벼와 억새는 거의 섭식하지 않았고 생존율도 높았다.

이상의 실험을 종합해 보면, 풀무치의 생존율이 높으며 가장 좋아하는 먹이식물은 옥수수, 조, 기장이며, 벼나 억새는 선호하지 않는다. 또, 처음으로 먹었던 기주식물을 고집하지 않고 좋아하는 먹이를 찾아다니며 먹는 것으로 표현할 수 있었다. 그러나 지난 2014년 8월 전남 해남군 산이면에서 대규모의 군집형 풀무치가 발생하여 주변의 벼, 억새, 갈대를 줄기만 남기고 모두 먹어버린 현상이 나타났었는데, 이런 식물들이 좋아서 먹었던 것이 아니라 너무 많은 개체가 발생했었기 때문에 대부분의 화본과 식물이 초토화 되는 현상을 만들었던 것으로 생각할 수 있었다.

2003년과 2004년에 중국 Jiminay (47°N; 86°E)와 Altay 지

역의 농경지와 방목지에서 군집형 풀무치가 발생하였는데 (Tanaka and Zhu, 2005), 이 지역은 밀, 옥수수, 해바라기, 콩을 주로 재배하는 지역이었던 사례에서도 풀무치의 선호하는 기주식물은 옥수수, 조 등으로 본 실험의 결과와 동일하였다.

산란조건 시험

풀무치가 산란을 선호하는 토양조건을 구명하기 위하여 6종의 토양에 한 달 동안 산란유도 후 각 토양별 산란수를 조사한 결과 총 55개의 난괴를 관찰할 수 있었는데, 가장 선호하는 산란토양은 모래 100%로 35개를 산란하였고, 다음으로 원예용상토 50 + 모래 50%의 토양에 16개, 원예용상토 100%에는 4개 산란하였다. 따라서 풀무치가 산란에 선호하는 토양은 모래이며 자갈의 존재여부에는 차이가 없었다(Table 7).

Table 7. Oviposition in 30 *Locusta migratoria* pairs over the period of one month in different soil formation

Division	No. of eggmass at different soil formation			Total
	Horticultural nursery soil 100 %	Horticultural nursery soil 50 % + sand 50 %	Sand 100 %	
Input pebble	4	15	6	25
No pebble	0	1	29	30
Total	4	16	35	55

Table 8. Oviposition and hatching of *Locusta migratoria* when exposed to different water supply intervals

Division	A	B
Experiment period	26. May. ~ 8. August. 2017	26. May. ~ 8. August. 2017
Innoculation	10 pairs of adult	10 pairs of adult
Water supply interval	10 days (8 times)	20 days (4 times)
Range of soil moisture content (%)	25.1 ~ 46.9	20.0 ~ 43.6
First emergence nymph	26 days after (6/22)	28 days after (6/24)
Cumulative hatched nymph (ratio)	3,044 (139.5)	2,182 (100)

수분공급 주기에 따른 풀무치의 산란 및 부화량(Table 8)을 조사하기 위하여 2017년 5월 26일에 성충 10쌍씩을 접종하였는데, 접종한 성충이 45일 후인 7월 10일에 모두 죽었다. 그리고 8월 8일 이후에는 부화되어 나오는 약충이 없었다. 10일 간격으로 수분을 공급했던 A구는 접종 26일 후인 6월 22일부터 부화약충이 나오기 시작하였고, 20일 간격으로 공급했던 B구는 접종 28일 후인 6월 24일부터 부화하기 시작했다. 최종적으로 누적 부화약충수는 A구가 3,044마리, B구가 2,182마리로 A구에서 39.5%가 많았다. 풀무치 암컷 한마리당 약충 부화충수를 산출해 보면 A구는 304마리, B구는 218마리였으며, 실질적으로 부화율을 조사할 수 없었지만 풀무치 암컷의 산란수는 300개가 넘는다고 볼 수 있다. 그리고 산란 및 부화에 토양수분이 미치는 영향은 매우 큰 것으로 판단된다. 풀무치의 대발생은 가뭄이 심한 년도를 지난 다음에 일어난다는 인도네시아 남쪽 수마트라지역의 발생사례와 일맥상통한 내용으로 볼 수 있다 (Lecoq and Sukirno, 1999).

사 사

본 연구는 농촌진흥청의 “돌발해충 풀무치의 발생특성 및 방제기술 연구(과제번호: PJ0116630) 과제의 지원에 의해 수행되었음.

Literature Cited

- Choi, D.S., Kim, D.I., Ko, S.J., Kang, B.R., Lee, G.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., Kim, S.G., Choi, K.J., 2012b. Environmentally-friendly control methods and forecasting the hatching time *Lycorma delicatula* (Hemiptera: Fulgoridae) in Jeonnam Province. Korean J. Appl. Entomol. 51, 371-376.
- Choi, D.S., Ko, S.J., Ma, K.C., Kim, H.J., Kim, D.I., Kim, H.W., 2015. Damage, occurrence, and optimal control period of *Eurytoma maslovskii* affecting Japanese apricot (*Prunus mume*) fruits in Jeonnam Province. Korean J. Appl. Entomol. 54, 191-197.
- Kim, G.H., Lee, G.S., Seo, B.Y., Jeong, I.H., Lee, S.K., Kim, Y.P., 2014. Discussion in the mechanisms underlying out-break of *Locusta migratoria* at Haenam, Jeollanam-do, Proc. Korean Soc. Appl. Entomol. 2014 Autumn Conf. 2014, 277 pp.
- Kim, T.W., 2013. Orthoptera of Korea. Geobook. 362 pp.
- Kim, Y.H., Jung, J.K., Lee, G.S., Koh, Y.H., 2016. Phylogenetic analysis of *Locusta migratoria* (Orthoptera: Acridae) in Haenam-gun, Jeollanam-do, Korea using two mitochondrial genes. Korean J. Appl. Entomol. 55, 459-464.
- Kwon, Y.D., 2005. The enrollment of Haegoeje translated in Korean. The compilation of Korean folklore literature data, national research institute of cultural properties. 192 pp. (in Korean with Chinese character).
- Lecoq, M., Sukirno, 1999. Deought and an exceptional outbreak of the oriental migratory locust, *Locusta migratoria manilensis* (Meyen 1835) in Indonesia (Orthoptera: Acrididae). J. Orthoptera Rescar. 8, 153-161.
- Lee, G.S., Kim, K.H., Kim, C.S., Lee, W.H., 2016. An outbreak of gregarious nymphs of *Locusta migratoria* (Orthoptera: Acrididae) in Korea and their genetic lineage based on mtDNA CO/Sequences. Korean J. Appl. Entomol. 55, 523-528.
- Lee, W.H., Park, C.G., Seo, B.Y., Lee, S.K., 2016. Development of an Emergence model for overwintering eggs of *Metcalfa pruinosa* (Hemiptera: Flatidae). Korean J. Appl. Entomol. 55, 35-43.
- Paik, W.H., Paik, H.J., 1977. Study on the long-term forecasting of Brown planthopper outbreaks. Kor. J. Pl. Prot. 16, 171-179.
- Park, H.C., Han, M.J., Lee, Y.B., Lee, G.S., Kang, T.H., Han, T.M., Kim, T.W., 2010. Biological iddentity of hwangchung and history on the control of hwangchung outbreaks in Joseon dynasty analyzed through the database program on the annals of the Joseon dynasty and the enrollment of haegoeje. Korean J. Appl. Entomol. 49, 375-384.
- Pener, M.P., 1991. Locust phase polymorphism and its endocrine relations. Adv. Insect Physiol. 23, 1-79.
- Tanaka, S., Zhu, D.H., 2005. Outbreaks of the migratory (Orthoptera: Acrididae) and control in China. Appl. Entomol. Zool. 40, 257-263.
- Uvarov, B., 1966. Grasshoppers and locusts, Vol. 1. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Uvarov, B., 1977. Grasshoppers and locusts, Vol. 2. Centre for overseas pest research, London.
- Yoon, B.S., 2017. Organic 3.0 and the alternative agri-food movements. Industry and Economy Research, pp. 769-792.