

쌍별귀뚜라미(*Gryllus bimaculatus*) 산란방법 및 알 저장조건

김성연* · 김도익 · 구희연 · 김정은 · 김현진 · 이유범 · 김지수 · 김호혁 · 한연수¹ · 김영철¹

전남농업기술원 곤충잡업연구소, ¹전남대학교 농업생명과학대학

Storage Conditions and Oviposition Methods for *Gryllus bimaculatus* (Gryllidae) Eggs

Seong-Yeon Kim*, Do-Ik Kim, Hui-Yeon Koo, Jung-Eun Kim, Hyun-Jin Kim, Yu-Beom Lee, Ji-Soo Kim, Ho-Hyuk Kim, Yeon-Soo Han¹ and Young-Cheol Kim¹

Jeonnam Insect and Sericultural Research Institute, Jangseong 61186, Korea

¹Department of Agricultural Biology, Jeonnam National University, Gwangju 57214, Korea

ABSTRACT: In 2016, the two-spotted cricket was approved as a general food ingredient by the Korean Ministry of Food and Drug Safety. Additionally, the two-spotted crickets have high protein content (60%) and can be reared throughout the year even during the overwintering period. In this study, storage conditions were set in case cricket breeding was not possible due to problems such as breeding space and labor costs, and selection oviposition mats to determine high fecundity rates and low cannibalism rates for the eggs were investigated. The oviposition mat was mostly composed of soil ($p < 0.05$). Less than 62 crickets per 10 litters were found to be best suited for 1 day of spawning, based on the cannibalism rate of the eggs during the egg laying period. The results from the hatched eggs indicated that the hatching extended 12 to 14 days, and the best hatching rate was approximately 85% when stored at low temperatures (16°C) for 10 days. An efficient production proposed method that established the best oviposition mat and egg storage method for the cricket.

Key words: *Gryllus bimaculatus*, Cricket, Egg storage, Oviposition

초 록: 2016년에 쌍별귀뚜라미는 식품의약품안전처 식품공전에 등록된 식품원료로 가장 큰 장점은 월동 없이 연중 대량 사육이 가능하다는 것과 60% 이상의 단백질 함량이다. 본 연구에서는 사육공간, 인건비 등의 문제로 인하여 귀뚜라미 사육이 불가능할 때를 대비하여 저장조건을 설정하였으며, 산란율이 높은 산란처 선별과 알의 동종포식률을 조사하였다. 산란은 상토 산란처에서 가장 선호도가 높았으며($p < 0.05$), 알의 동종포식률을 보았을 때 10 L 당 종령 약충 62마리 이하, 1일 동안 산란을 받는 것이 가장 적합한 것으로 판단되었다($p < 0.05$). 알의 저온 저장을 하였을 때는 28°C에서 10일간 보관 후 16°C에서 10일간 저온 저장했을 때 부화율이 가장 높았고, 저장을 하지 않았을 때와 비교하였을 때 12~14일 부화를 연장할 수 있었다($p < 0.05$). 쌍별귀뚜라미의 산란처, 산란 방법 및 알 저장조건을 설정함으로써 효율적인 생산방법을 제시하였다.

검색어: 쌍별귀뚜라미, 알 저장조건, 산란처

2010년 ‘곤충산업의 육성 및 지원에 관한 법률’을 발효하여 곤충산업 발전 기반을 마련하며, 곤충 이해, 농가 소득 증대, 국민의 정서 함양을 목적으로 시행하고 있다(MOLEG, 2010). 최근 전 세계적으로 기후변화와 식량 수급에 대한 문제가 불거짐에 따라 곤충을 인류의 새로운 단백질 공급원으로 대두되었다

(Durst et al., 2010). 국내 식품의약품안전처에 식품원료로 등재된 곤충으로는 갈색거저리, 쌍별귀뚜라미, 흰점박이꽃무지, 벼메뚜기, 누에, 백강잠, 장수풍뎅이 유충 등 7종과 2020년 아메리카왕거저리가 등재됨에 따라 총 8종이다(MFDS, 2016).

그중 쌍별귀뚜라미(*Gryllus bimaculatus*)는 도입 종이며 아열대성 곤충으로 아프리카 남부에서 남부 아시아에 걸쳐 널리 분포하고 있는 종이다. 국내 애완동물 애호가들이 일본으로부터 들여와 애완동물의 먹이, 양서 파충류, 물고기 등의 사료로 활용하고 있다(Park et al., 2013). 이 종은 주로 굴을 파거나 돌

*Corresponding author: vhqldi7@korea.kr

Received March 13 2020; Revised May 6 2020

Accepted May 15 2020

밑에서 단독 생활하는 습성을 가지고 약충시기에는 주행성, 성충시기에는 야행성으로 알려져 있다(Iba et al., 1995; Park et al., 2013). 쌍별귀뚜라미는 옥수수, 밀치, 사료 등을 먹는 잡식성 곤충으로 온도가 증가할수록 산란량과 생육이 빠르고 많았으며 35°C 에서 암컷 한 마리당 1,024개를 산란하였고, 15°C 이하에서는 산란과 생장을 하지 않았다(Oh, 2010). 쌍별귀뚜라미는 월동을 하지 않아 온도만 맞으면 일 년 내내 사육이 가능한 곤충이며(Park et al., 2013), 열풍건조 조건에서 단백질 62.19%, 조지방 4.37%, 키틴 12.25%로 단백질 급여원이나 키틴을 활용한 면역력을 높이는 식품, 사료 등으로 활용 가능한 곤충이다(Kim et al., 2015). 또한 귀뚜라미는 아시아, 태국, 나이지리아 등에서 관례적으로 식용 섭취된 곤충이며(Van Huis et al., 2013), 최근 여러 국가에서 식용곤충 제품이 출시되고 있다.

국내 귀뚜라미 연구로는 쌍별귀뚜라미의 사육밀도가 섭취량, 성충사망률 및 부화약충수에 미치는 영향(Park et al., 2013), 쌍별귀뚜라미 실내 대량 사육 조건(Kim et al., 2019) 등 사육관련과 가공조건에 따른 귀뚜라미의 식품학적 품질 특성 변화(Kim et al., 2015), 쌍별귀뚜라미 식품 용도 개발에 따른 질식 조건(Ahn et al., 2015) 등 식품 관련 연구가 있다. 국내 토착종인 왕귀뚜라미와 관련된 논문으로는 국내 야생 귀뚜라미의 지리적 적응에 대한 연구(Choo and Choi, 1983)와 왕귀뚜라미와 쌍별귀뚜라미의 형태, 유전적 비교(Keum et al., 2012), 그리고 도입종 쌍별귀뚜라미와 토착종 왕귀뚜라미의 경쟁(Jang and Jeong, 2013) 등이 있다.

국내 토착종인 왕귀뚜라미의 알의 실내 인공 채란 및 저장(Kim et al., 2005)에 관한 연구는 있지만 쌍별귀뚜라미의 알의 저장조건 및 동충포식, 산란처와 관련된 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서는 쌍별귀뚜라미의 저온 저장조건에 따라 알의 부화율과 오아시스, 상토, 이끼 등의 산란처에서 산란량, 상토 산란처에서 중령 약충의 사육밀도에 따른 동충포식률을 조사하여 효율적인 생산 방법을 제시하고자 수행하게 되었다.

재료 및 방법

대상곤충

본 연구에 사용한 쌍별귀뚜라미(*Gryllus bimaculatus*)는 전남 영광군 소재의 농가에서 사육 중인 개체를 분양받아 전남농업기술원 곤충잡업연구소에서 계대 사육한 쌍별귀뚜라미를 사용하였다. 주 먹이원으로 산란계 초기, 육계 전기, 어분, 밀기울을 1:1:1:1로 배합한 사료를 급여하였으며, 수분 공급을 위해 무를 8 g씩 잘라서 2일 간격으로 공급하였다. 리빙박스 60 L (55 ×

40 × 36.5 cm)에 사육하였고, 계란판(29.5 × 29.5 × 5 cm)은 1장을 4등분하여 총 3장씩(12등분) 넣어주었다. 사육온도 27 ± 2°C 상대습도 40 ± 5%, 광주기 L:D = 10:14인 사육실에서 진행하였다.

산란처 선발

쌍별귀뚜라미는 배 끝의 긴 산란관으로 수분이 있는 곳에 산란을 하는데(Park et al., 2013), 산란율이 높은 산란처를 선발하기 위하여 원예용 상토, 모래, 이끼, 고행 젤리, 오아시스에서 산란을 받아 진행하였다. 상토는 원예용(한울 바이오)으로 사용하였으며, 100°C 에서 끓인 물을 부어 습도 70%이상으로 손으로 상토를 짤 때 물이 약간 흘러나오는 정도로 설정하였고, Insect Breeding Dish & Jar (SPL, 310202)에 2/3부피로 담아 사용하였다. 이끼는 천연이끼인 스칸디아모스를 사용하였으며, 고행 젤리는 끓인 물 1 L에 한천(Agar)가루를 10 g을 넣어 균한 후 6 × 5.5 × 8 cm 크기로 잘라 사용하였다. 모래는 미장용 모래(mor_001)를 물에 적셔 Insect Breeding Dish & Jar (SPL, 310202)에 2/3부피로 넣었고, 오아시스는 물에 충분히 적신 후 6 × 5.5 × 8 cm 크기로 잘라 사용하였다.

짜짓기와 산란 전기간을 거친 우화 후 7일이 경과한 쌍별귀뚜라미 암컷(♀) 성충을 9 L 사육상자(31.8 × 25.3 × 15 cm)에 한 마리씩 넣고, 산란처를 매일매일 교환해 주었고, 7일 동안 알을 받았다. 사육온도는 27 ± 2°C 상대습도 40 ± 5%, 광주기 L:D = 10:14의 사육실 조건에서 진행하였다. 주 먹이원으로 산란계 초기, 육계 전기, 어분, 밀기울을 1:1:1:1로 배합한 사료를 급여하였으며, 수분 공급을 위해 무를 8 g씩 잘라서 2일 간격으로 공급하였고, 계란판(29.5 × 29.5 × 5 cm)을 1장을 4등분 하여 넣어주었다.

산란처에 산란된 알을 세기 위하여 오아시스는 얇게 자르고, 한천은 4등분으로 나눈 후 현미경으로, 상토, 모래, 이끼는 트레이에 부은 후 선별작업으로 산란수를 조사하였고, 산란처별 10 반복 실시하였다.

알 동충포식률 조사

상토 산란처에서 쌍별귀뚜라미 중령 약충 밀도별 알의 동충포식률을 알아보기 위하여 100°C 에서 끓인 물을 부어 습도 70% 이상으로 손으로 짤 때 물이 약간 흘러나오는 상토를 Insect Breeding Dish&Jar (SPL, 310202)에 2/3부피로 담아 사용하였다. 쌍별귀뚜라미 알 200개를 핀셋을 이용하여 상토 위에 올려 두고 2 ~ 2.5 cm 상토로 다시 덮은 후, 중령 약충을 62마

리/10 L, 92마리/10 L, 125마리/10 L를 사육상자에 입식하고 1 일과 2일 동안 각각 둔 후 남아있는 알을 세었고 각각 3반복씩 처리하였다.

알 저장조건

알 온도 및 저장 기간에 따라 부화율을 조사하기 위해 Kim et al. (2005) 방법을 변형하여 실험을 실시하였다. Petri Dish (Ø90 × 15 mm) 위에 물을 흠뻑 적신 와이퍼 중형(41117, 21.5 × 21 cm)을 4등분으로 접어 1일 동안 상토에 받은 알을 핀셋을 이용하여 300개씩 옮기고 뚜껑으로 덮어 보관하여 마르지 않게 수분을 보충해주었다. 난 형성 기간을 고려하여 28°C 온도에서 1, 4, 7일 경과 후 기간별로 저온처리를 하였으며, 3반복씩 처리하였다.

통계분석

모든 결과는 Excel의 XLSTAT (1993)을 이용하여 one-way ANOVA 분석을 실시하였고, 평균간 비교는 Tukey's HSD 방법을 이용하였다. 처리의 차이는 오류 확률 0.05를 기준으로 판별하였다.

결과 및 고찰

산란처 선발

쌍별귀뚜라미 암컷 한 마리당 알은 상토에서 가장 많이 산란하였다($F = 1394.023, P < 0.05$)(Fig. 1). 이는 오아시스에서 산란 선호도가 95%, 상토에서는 5%로 오아시스에서 고도로 우수하다는 결과(Oh, 2010)와는 차이가 있었다. 오아시스는 초중

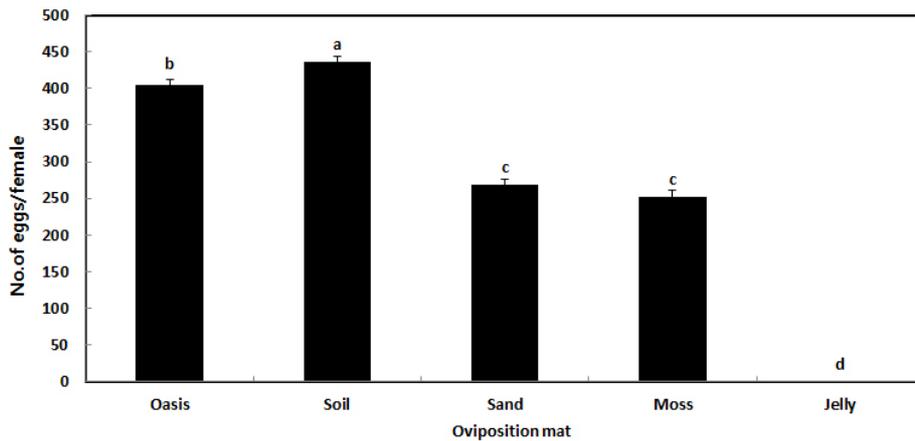


Fig. 1. Fecundity and fertility of *Gryllus bimaculatus* based on oviposition mats. *Different letters on the bars indicate significant differences based on Tukey's test ($p < 0.05$) * SE = Standard Error.

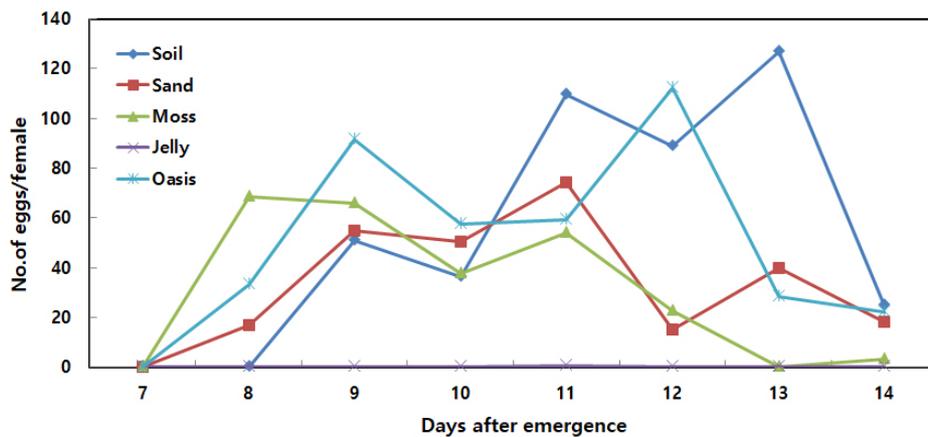


Fig. 2. Number of laid per female depending on the oviposition mat and days after emergence.

기, 상토는 중후기에 산란을 많이 하였다. 성충 우화 14일 후에는 산란수가 25개 미만으로 떨어졌고, 가장 많이 산란한 날에는 상토 126개, 오아시스 112개를 산란하였다(Fig. 2). 모래는 시간이 지날수록 굳어지는 경향이 있어 산란관을 뚫기에 적합하지 않은 것으로 판단되었다.

알 동종포식률

동일한 사육 상자 크기에 마릿수가 많고, 경과일수가 지날수록 동종포식률이 높아졌다(Fig. 3). 1일 동안 10 L당 종령 약충 62마리를 사육하였을 때보다 2배가 많은 개체인 125마리에서는 5배가 넘는 동종포식률을 보였다. 1일과 2일 동안 알의 동종포식률을 비교해 보았을 때, 62, 92, 125마리에서 모두 1일이 2일보다 낮은 동종포식률을 보였다($P < 0.05$). 62마리에서는 각각 4.67, 7.67개의 알을 동종포식하여 2일이 1일보다 약 2배의 높은 포식율을 나타내었지만 92, 125마리에서는 각각 1.3배, 1.4배의 동종포식률을 보였다. 따라서 상토에서 산란을 받을 경우 사육상자 크기에 따른 밀도는 10 L당 62마리 이하, 1일 동안 받는 것이 가장 적합한 것으로 판단되었다. 오아시스, 이끼, 모래 등의 산란처에서 낳은 알의 개수를 세기 위해서는 파헤쳐야 하고, 파헤친 후에는 분해되어 동종포식률을 조사할 수가 없어 추후 산란처별 동종포식에 대한 연구가 더 필요로 되어진다.

알 저장조건

쌍별귀뚜라미 알은 저장기간이 40일 이상, 4°C 이하에 저장

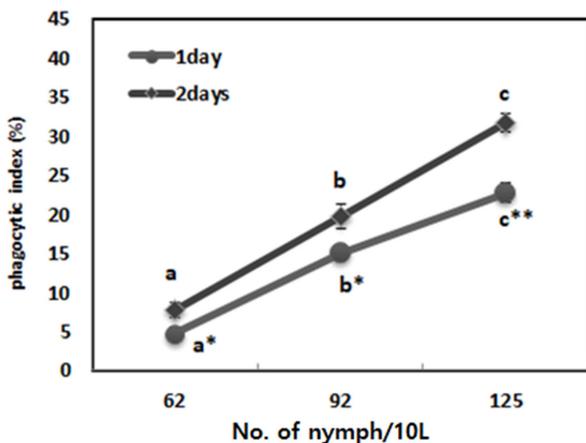


Fig. 3. Egg cannibalism rate by nymph during 1 day, and 2 days in the soil mat. *Different letters on the bars indicate significant differences based on Tukey's test ($p < 0.05$)
*SE = Standard Error.

했을 경우와 1일 28°C에 보관 후 4, 8°C에서 저장했을 경우 부화를 하지 않았다. 1일 28°C 보관 후 16°C에서 10일간 저온 저장하였을 때 부화율이 46%로 나타났으며 부화하는데 10일 소요되었다. 또한 12, 16°C에서 저장기간이 길어질수록 부화율이 낮아지는 경향을 보였다. 4, 7일 28°C 보관 후 8°C에서 10일 저온 저장하였을 때 37.67, 33.67%의 부화율을 보였지만, 20일 이상 저장하였을 때는 부화하지 않았다. 반면 12, 16°C에서 30일까지 저온 저장하였을 때는 부화하였고, 16°C에서 10일간 저장하였을 때 81, 85%로 가장 높은 부화율을 보였다(Table 1, Fig. 4)($p < 0.05$).

이는 저온 저장하였을 때 최장 22일 부화를 늦출 수 있었으며, 저온 저장을 하지 않은 것에 비해 12~14일 부화를 연장시킬 수 있었다. 월동 가능한 국내 귀뚜라미과 곤충인 왕귀뚜라미 (*Teleogryllus emma*)는 7일 상온보관 후 10°C에서 60일 저장하였을 때 71%의 부화율을 보였다(Kim et al., 2005). 이는 쌍별귀뚜라미는 7일 상온 보관 후 8, 12°C에서 20, 30일 이상 저온 저장하였을 때 부화율이 급격히 떨어지거나 부화를 하지 않는 것으로 나타나 국내 귀뚜라미과 곤충과 차이가 있었다. 미국 선녀벌레(*Metcalfa pruinosa*)는 외래해충으로 채집시기에 따라 다르지만 12°C에서는 부화하지 않았고, 15°C에서는 5마리 이하, 17.5°C에서는 100마리 이상 부화하였다(Lee et al., 2016). 17.5°C에서 부화율이 높았던 미국선녀벌레와 같이 토착종이 아닌 도입종인 쌍별귀뚜라미 또한 알 저장조건 설정온도를 16°C 이상의 온도에서 추후 연구가 수행될 필요가 있다.

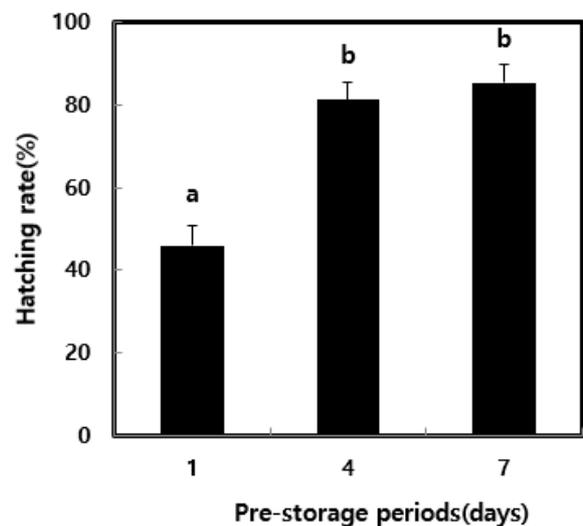


Fig. 4. Hatching rate after storing at 16°C for 10 days, with 1, 4, and 7 days of pre-storage at 28°C. *Different letters on the bars indicate significant differences based on Tukey's test ($p < 0.05$)
*SE = Standard Error.

Table 1. Hatchability of *G.bimaculatus* after storage at low temperatures

Pre-storage periods (days)	Storage Temp.	Storage periods (days)	Hatching Periods (days)	Hatching rate (%)
1	4	10	-	-
		20	-	-
		30	-	-
		40	-	-
	8	10	-	-
		20	-	-
		30	-	-
		40	-	-
	12	10	10.67 ± 0.47 a	34.67 ± 8.01 a
		20	9 ± 0.82 a	9.67 ± 1.25 b
		30	-	-
		40	-	-
	16	10	10 a	46 ± 4.9 a
		20	9 ± 0.82 a	18 ± 1.63 b
		30	9.83 ± 0.24 a	12.67 ± 0.94 b
		40	-	-
4	4	10	-	-
		20	-	-
		30	-	-
		40	-	-
	8	10	6.38 ± 0.62	37.67 ± 0.47
		20	-	-
		30	-	-
		40	-	-
	12	10	6.33 ± 0.24 a	49.33 ± 4.11 a
		20	7 a	14.33 ± 1.7 b
		30	7.17 ± 0.47 a	10 ± 0.82 b
		40	-	-
	16	10	5.67 ± 0.24 b	81.33 ± 9.29 a
		20	4.5 ± 0.41 c	26 ± 5.66 b
		30	6.67 ± 0.24 a	14 ± 1.63 b
		40	-	-
7	4	10	-	-
		20	-	-
		30	-	-
		40	-	-
	8	10	6 ± 0.41	33.67 ± 1.25
		20	-	-
		30	-	-
		40	-	-
	12	10	6.67 ± 0.62 a	60 ± 4.32 a
		20	6.17 ± 0.24 a	15 ± 2.16 b
		30	7a	13.33 ± 1.25 b
		40	-	-
	16	10	4.5 ± 0.41 b	85.33 ± 4.5 a
		20	5.83 ± 0.62 a	27 ± 3.27 b
		30	5.67 ± 0.24 ab	19.67 ± 1.7 b
		40	-	-

*Different letters indicate significant differences based on Tukey's test ($p < 0.05$)

저자 직책 & 역할

김성연 : 전남농기원 곤충잡업연구소 농업연구사; 주저자
김도익 : 농업연구관; 자료 검토 및 통계분석
구희연 : 농업연구사; 산란방법 및 알저장 조사
김정은 : 농업연구사; 산란방법 및 알저장 조사
김현진 : 농업연구사; 산란방법 및 알저장 조사
이유범 : 농업연구사; 산란방법 및 알저장 조사
김지수 : 농업연구사; 산란방법 및 알저장 조사
김호혁 : 기술서기관; 자료검토
한연수 : 교수(전남대); 통계분석 및 검토
김영철 : 교수(전남대); 통계분석 및 검토

모든 저자는 원고를 읽고 투고에 동의하였음.

Literature Cited

- Ahn, M.Y., Hwang, J.S., Yoon, H.J., Park, K., Kim, S., Kim, E.M., 2015. Fasting conditions and dietary phenomena of edible cricket (*Gryllus bimaculatus*). *J. Seric. Entomol. Sci.* 53, 78-81.
- Choo, J.K., Choi, E.H., 1983. Studies on the geographic adaptation of field cricket. *Korean J. Entomol. Soc.* 13, 47-53.
- Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N., Shono, K., 2010. Forest insects as food: Humans bite back, RAP publication, Thailand 2, 3-45.
- Iba, M., Nagao, T., Urano, A., 1995. Effects of population density on growth, behavior and levels of biogenic amines in the cricket, *Gryllus bimaculatus*. *Zool. Sci.* 12, 695-702.
- Jang, H.S., Jeong, U.C., 2013. Competition between the Native Species, *Teleogryllus emma* and the Alien Species, *Gryllus bimaculatus* (Orthoptera: Gryllidae) under the limited condition. *Kor. J. Soil Zool.* 17, 31-35.
- Keum, E.S., Kim, J.W., Park, D.S., Jung, C.E., 2012. Morphological and genetic comparison of *Teleocryllus emma* and *Gryllus bimaculatus* (Orthoptera: Gryllidae) used for feed insect industry. *Kor. J. Soil Zool.* 16, 42-46.
- Kim, C.H., Park, S.Y., Lee, Y.C., Kim, J.H., Byun, B.K., 2019. Mass rearing conditions for the production of *Gryllus bimaculatus* De Geer (Orthoptera: Gryllidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 58, 69-76.
- Kim, E.M., Lim, J.H., Chang, Y.J., An, S.H., Ahn, M.Y., 2015. Changes in the quality characteristics of cricket(*Gryllus bimaculatus*) under various processing conditions. *Korean J. Food Preserv.* 22, 218-224.
- Kim, N., Hong, S.J., Seol, K.Y., Kwon, O.S., Kim, S.H., 2005. Egg-forming and preservation methods of the emma field cricket eggs, *Teleogryllus emma* (Orthoptera: Gryllidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 44, 61-65.
- 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.
- MFDS, 2016. Korean food standards codex, Ministry of Food and Drug Safety, Korea.
- MOLEG, 2010. Insect industry law. <http://law.go.kr/LSW> (executed on 1 July, 2019)
- Oh, Y.N., 2010. Effect of foods, temperature, light and bed materials on the development of *Gryllus bimaculatus* (Insecta; Orthoptera; Gryllidae) population. Daejin University Master's thesis, pp. 15-17.
- Park, Y.K., Lee, H.G., Choi, Y.C., 2013. Effects of rearing density on food consumption, adult mortality and mean number of hatchlings of *Gryllus bimaculatus* (Orthoptera: Gryllidae). *Korean J. Seric. Entomol. Sci.* 51, 89-94.
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P., 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security. *FAO Forestry Paper*, RDA, 171-187.