

<Note>

아메리카동애등에 (*Hermetia illucens* L.)의 외부형태 및 서식지에 관한 연구

정길상 · 강혜진 · 최한수¹ · 이용구² · 진선덕*

국립생태원 생태기반연구실, ¹(주)에코이엔지, ²잠실여자고등학교

External Morphology and Habitat of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) in Korea

Gilsang Jeong, Hyejin Kang, Hansu Choi¹, Yonggu Lee² and Seon Deok Jin*

Division of Basic Research, National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea

¹Institute of Ecological Engineering, Seoul 01785, Republic of Korea

²Jamsil Girl's High School, Seoul 05676, Republic of Korea

Abstract - The adults of *Hermetia illucens* collected in Korea were about the same size as those from their origin. The body part with the largest size variation was the antenna 2 followed by the head width and the abdomen width. It can be the baseline of selection of superior individuals for organic waste decomposition and compost production. In regards to the habitat, the adult *Hermetia illucens* were collected from 22 of the 51 localities. Although geographical characteristics such as coordinates and altitude may not affect the insects, the presence of organic matters could affect them. The distribution pattern of the insects may act as an indicator of natural recycling of organic wastes.

Keywords : *Hermetia illucens*, morphology, habitat, organic waste decomposition, compost

아메리카동애등에 (*Hermetia illucens* L.)는 파리목(Diptera) 동애등에과(Stratiomyidae)의 곤충으로 완전변태를 한다(Fig. 1). 북아메리카가 원산지인 외래종으로, 1950년을 전후해서 세계적으로 확산되어 세계적인 분포를 보이고 있다(Sheppard *et al.* 2002). 우리나라에서는 아메리카동애등에가 1990년에 최초로 보고되었고, 현재 우리나라 전역에 걸쳐 분포하는 곤충으로 알려져 있다(Kim 1997; Kim *et al.* 2008). 아메리카동애등에는 축사, 퇴비사, 음식물쓰레기장 등에서 발견되며, 유충은 수분함량이 60~90%에서 최적인 생활을 하며, 음식물 쓰레기의 염분 농도인 3.45%에서 정상적인 생활

사를 이어간다(Kim *et al.* 2008; Myers *et al.* 2008; Alvarez 2012)(Fig. 1). 이러한 아메리카동애등에의 생활사 특성을 이용한 음식물 쓰레기의 친환경적 처리에 관한 연구가 외국뿐 아니라 한국에서도 활발히 진행되고 있다(Tingle *et al.* 1975; Sheppard *et al.* 1998; Sheppard *et al.* 2000; Choi *et al.* 2009; Kim *et al.* 2011; Barragan-Fonseca *et al.* 2017). 그뿐만 아니라 아메리카동애등에는 유충시기에만 먹이활동을 하며 집파리 등 위생해충과 달리 병균을 매개하지 않고, 유해 박테리아도 억제하는 것으로 알려져 있다(Sheppard *et al.* 2002; Erickson *et al.* 2004; Liu *et al.* 2008; Hewitt 2011; Kim *et al.* 2014; Lalander *et al.* 2015). 이 곤충이 유기물쓰레기를 분해하면서 생성되는 분변토도 퇴비로서의 가치를 평가하고 있다(Choi *et al.* 2009; Lee *et al.* 2013; Lalander *et al.* 2015).

* Corresponding author: Seon deok Jin, Tel. 041-950-5988,
Fax. 041-950-5953, E-mail. withbirds@nie.re.kr



Fig. 1. The life cycle of *H. illucens* (A: egg masses, B: larvae, C: pupae, D: adult).

또한 최근에는 인분처리를 통한 위생환경 개선에 대한 가능성도 탐색중이다(Banks *et al.* 2014).

현재 농촌진흥청의 주도하에 아메리카동애등에를 대량사육하고 있음에도 불구하고, 생활사에 대한 연구는 있으나(Myers *et al.* 2008; Kim *et al.* 2008; Tomberlin *et al.* 2009; Holmes 2010), 국내외적으로 이 곤충의 외부형태에 대한 연구는 매우 드물다(Kim *et al.* 2010; Oliveira *et al.* 2016). 특히 우리나라에서 서식하는 성충의 외부형태에 대한 조사는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 국내 여러 지역에 분포하고 있는 아메리카동애등에의 외부형태 측정과 서식지 분포에 대한 기초 분석을 수행하였다. 아메리카동애등에 성충의 채집은 2010년 5월 1일부터 동년 11월 3일까지 전국의 51개 지역에서 농경지 주변 또는 주거지역 주변의 유기물 쓰레기 주변을 주로 탐색하였다(Fig. 2). 발견한 경우 포충망을 이용하여 각 지역당 10마리의 성체를 채집하였다. 포획된 아메리카동애등에는 99.9% 순수 에탄올에 넣어 실험실로 이송 후 추가 분석시까지 -20°C 냉동고에 보관하였다.

채집된 아메리카동애등에 성충 146개체를 고정 후 등면에

서 머리길이(head length), 머리폭(head width), 가슴길이(thorax length), 가슴폭(thorax width), 복부길이(abdomen length), 복부넓이(abdomen width), 더듬이 제1마디(antenna 1), 더듬이 제2마디(antenna 2), 날개길이(wing length), 날개 넓이(wing width), 넓적다리마디(femur)와 종아리마디(tibia)의 길이를 버니어 캘리퍼스로 0.01 mm 단위까지 측정하였다. 더듬이 제1마디의 경우 측정의 편의를 위해 기저부를 포함하였다(Figs. 3, 4).

아메리카동애등에의 성충 몸 색깔은 전체적으로 검은색이고, 성충은 크기가 13~20 mm 정도이다. 성충의 제2복절에는 백색 또는 황갈색의 크고 반투명한 무늬가 관찰된다. 구기(mouthparts)는 다른 파리목 곤충과 유사하게 흡취형(sponge type)으로 수분을 쉽게 섭취할 수 있는 구조이다. 성충의 촉각(antenna)은 곤봉상 촉각으로 편절 끝에 하나의 커다란 곤봉마디로 구성되어 있다. 겹눈은 구조색을 띠며 짙은 청색 또는 불그스레한 무늬의 줄모양이 나타나기도 한다(Figs. 3, 4). 아메리카동애등에 성충의 가슴등판에는 연한 황백색의 털다발이 세로띠를 형성하고 있으며, 평균곤(halter)의 색깔



Yongin



Jinju



Dangjin



Seongwhan



Danyang



Jinyoung



Jincheon



Paju



Seoul



Pyeongtaek



Icheon



Gwangyang

Fig. 2. Typical habitats of *H. illucens*.

은 백색이다. 성충의 날개는 투명하고 튼튼하며 색깔은 흑색이다.

아메리카동애등에 성충의 외부형태 측정 결과 원산지인 미국과 유사하게 전체 몸길이는 약 15 mm였다(<https://extension.oregonstate.edu/news/big-maggots-your-compost-they-re-soldier-fly-larvae>).

체형에서 각 개체의 외부형태 부분별 길이의 산포도가 가장 큰 부분은 더듬이 바깥쪽 (antenna 2) 길이이며, 그 다음으로는 머리넓이 (head width), 복부넓이 (ab-

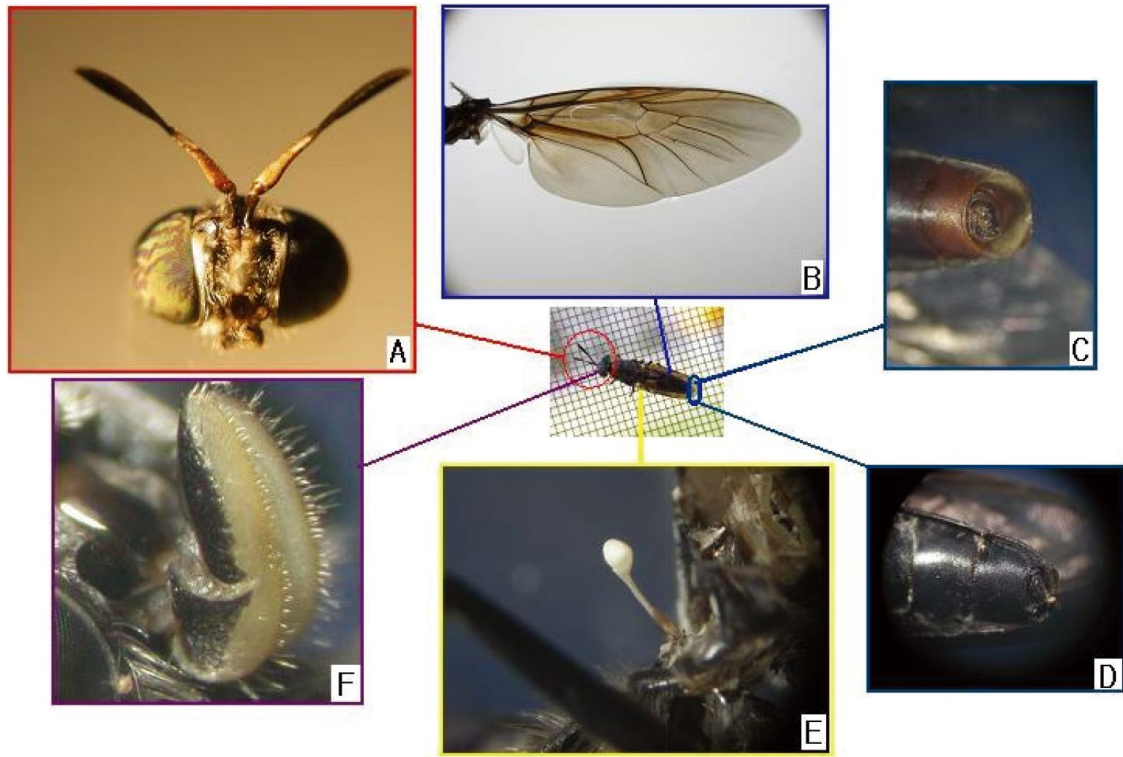


Fig. 3. External features of the adult *H. illucens* (A: front of head, B: wing, C: terminalia-female, D: terminalia-male, E: halter, F: mouth-parts).

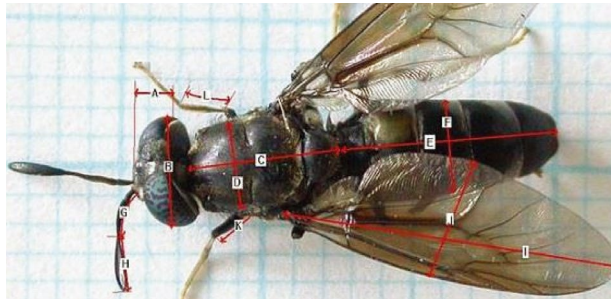


Fig. 4. Measured external features of the adult *H. illucens* (A: front of head, B: wing, C: terminalia-female, D: terminalia-male, E: abdomen length, F: abdomen width, G: ante1, H: ante 2, J: wing width, K: femur, L: tibia).

domen width) 순으로 나타났다(Table 1). 이러한 외부형태의 차이는 다른 대부분의 곤충과 마찬가지로 유충시기의 영양 상태에 의한 영향으로 추정된다(Mirth and Riddiford 2007). 현재 아메리카동애등에는 인공증식이 되고 있는데(Kim *et al.* 2010), 이와 같은 형태적 특성에 관한 정보는 인공적인 대량증식 기술 개발과 실용화에 개체 선발의 기준을 제시할 수 있을 것이다. 아메리카동애등에의 미토콘드리아 유전자에 대한 연구결과 국내에는 10개의 모계 유전자형이 존재한

Table 1. Size of the body parts of *H. illucens*

Body part	N	Mean \pm S.D. (mm)	S.D./Mean (%)	Rank
A	146	2.09 \pm 0.37	17.70	2
B	146	4.04 \pm 0.37	9.16	10
C	146	5.18 \pm 0.67	12.93	4
D	146	4.11 \pm 0.49	11.92	5
E	146	7.97 \pm 0.75	9.41	9
F	146	3.25 \pm 0.51	15.69	3
G	146	2.13 \pm 0.25	11.74	7
H	146	1.65 \pm 0.3	18.18	1
I	146	11.82 \pm 0.87	6.77	12
J	146	4.66 \pm 0.41	8.80	11
K	146	3.29 \pm 0.36	10.94	8
L	146	2.87 \pm 0.34	11.85	6

A: head length, B: head width, C: thorax length, D: thorax width, E: abdomen length, F: abdomen width, G: ante 1, H: ante 2, I: wing length, J: wing width, K: femur, L: tibia.

Rank indicates the most variable part in the ascending order.

다(Park *et al.* 2017). 향후 유전자형과 관련하여 외부표현형 그리고 쓰레기분해능 및 분변토 변환율 등의 상관관계를 분석함으로써 우수 유전자형의 발굴 등 효율화를 위한 노력이 필요할 것이다. 본 연구에서 조사한 51개 지역 중에서 22개 지역에서 성충이 채집되었다. 그 채집지역이 위도 34.968055부터 38.017373까지, 경도 126.226111부터 128.768055까지이

Table 2. Presence of *H. illucens* in the 51 localities in Korea

Location		Coordinates		Altitude (m)	Presence/Absence
Province	City/County	Latitude	Longitude		
GG	Pocheon	37.893154	127.210123	99	–
	Paju	37.75027778	126.7994444	13	+
	Seoul	37.61833333	127.0741667	25	+
	Osan	37.169142	127.053649	24	–
	Yongin	37.2225	127.0936111	40	+
	Icheon	37.18277778	127.4763889	78	+
	Pyeongtaek	37.05611111	126.9897222	10	+
	Anseong	37.024702	127.454826	75	–
CN	Seosan	36.788615	126.414229	39	–
	Seonghwan	36.925	127.1305556	19	+
	Taeon	36.895	126.2261111	11	+
	Dangjin	36.82472222	126.7886111	18	+
CB	Chungju	37.08305556	127.8069444	142	+
	Eumseong	36.91722222	127.7497222	125	+
	Jincheon	36.86972222	127.4661111	80	+
	Danyang	36.80194444	128.3672222	850	+
	Goesan	36.67277778	127.8036111	178	+
GB	Yeongju	36.952052	128.615457	148	–
	Andong	36.589426	128.782509	106	–
	Cheongsong	36.528125	129.060576	224	–
	Mungyeong	36.616072	128.165185	88	+
	Gumi	36.173403	128.527621	60	–
	Pohang	36.04166667	129.5761111	23	–
	Chilgok	35.975844	128.407921	39	–
	Gyeongju	35.907525	129.228812	46	–
Goryeong	35.719941	128.270054	42	–	
GN	Hapcheon	35.572547	128.155803	47	–
	Changnyeong	35.54817	128.422022	70	–
	Ulsan	35.617741	129.440565	16	–
	Yongsan	35.432304	129.057303	25	–
	Jinyoung	35.31361111	128.7680556	14	+
	Jinju	35.20694444	128.1136111	22	+
	Geoje	34.901733	128.63038	39	–
GW	Hwajinpo	38.465585	128.427415	1	–
	Cheorwon	38.25166667	127.5255556	155	–
	Yanggu	38.13131	127.990858	199	–
	Inje	38.017373	128.370701	813	+
	Gangneung	37.80158	128.902479	8	–
	Mukho	37.552328	129.112672	8	–
	Wonju	37.276637	128.27365	184	–
	Youngwol	37.203626	128.508439	225	–
Taebaek	37.181747	128.979983	714	–	
JB	Muju	35.949267	127.717083	191	–
	Iksan	35.990985	127.098001	26	–
	Gunsan	35.95722222	126.7136111	6	+
	Jangsu	35.70305556	127.5211111	360	+
JN	Younggwang	35.274268	126.489209	41	–
	Gwangju	35.154227	126.941686	163	+
	Gokseong	35.28027778	127.3061111	55	+
	Yeosu	34.751044	127.665503	11	–
	Gwangyang	34.96805556	127.7233333	8	+

GG: Gyeonggi; CN: Chungnam; CB: Chungbuk; GB: Gyeongbuk; GN: Gyeongnam; GW: Gangwon; JB: Jeonbuk; JN: Jeonnam

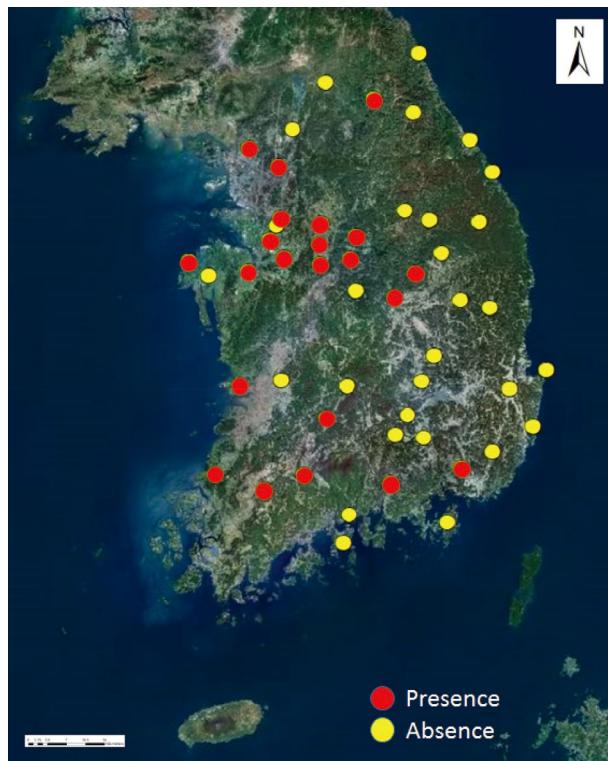


Fig. 5. Distribution of the adult *H. illucens* in Korea (Red dot: Presence, Yellow dot: Absence).

고, 해발 6 m에서 850 m까지 고루 분포하는 것으로 볼 때 이 곤충은 위도와 경도 및 고도 등 지리적 특성의 영향을 적게 받는 것으로 확인되었다(Table 2, Fig. 5).

경상북도의 9개 조사 지역 중 문경을 제외한 지역에서 이 곤충을 발견하지 못했는데, 이 미발견 지역은 대개 공업지역으로 다른 곤충을 대상으로 한 연구와 마찬가지로 그 분포가 제한되는 것 같다(Jana *et al.* 2006) (Table 2, Fig. 5). 강원도에서도 인제를 제외한 지역에서 채집하지 못했는데 산악지역으로서 유기물 또는 음식물 쓰레기가 다른 지역에 비해 산재되어 있고 상대적으로 건조하기 때문으로 추정된다(Table 2, Fig. 5). 그러나 곤충은 날개를 이용해 분산능력이 매우 뛰어난 생물군이므로, 이 곤충은 유기성 폐기물이 있는 여러 곳에서 발생할 가능성이 있다. 따라서 이 곤충의 발생현황은 유기성 폐기원의 선순환 구조를 파악할 수 있는 지표로 사용될 수 있을 것으로 생각한다.

적 요

이 연구에서 채집된 아메리카동애등어의 성충은 원산지의 성충과 그 크기가 비슷했다. 체형에서 가장 큰 차이점을 보

이는 부분은 더듬이 바깥쪽(antenna 2) 길이이며, 그 다음으로는 머리넓이(head width), 복부넓이(abdomen width) 등의 순으로 나타났다. 이 연구결과는 유기물 분해와 분변토 생산의 우수개체를 선발하는데 기초자료가 될 것이다. 국내 51개 조사지역 중, 22개 지역에서 아메리카동애등어가 출현했으며 위경도 및 고도 등 지리적 특성보다는 유기물의 존재에 더 영향을 받는 것으로 생각된다. 이 곤충의 발생현황은 유기성 폐기원의 선순환 구조를 파악할 수 있는 지표로 사용될 수 있을 것이다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청(PJ006893), 한국연구재단(NRF 2010-1523-1-3) 그리고 국립생태원 국가장기생태연구(NIE-전략연구-2018-02)의 지원으로 이루어졌습니다. 채집지원을 해주신 (주)에코이엔지의 조광인 님에게 감사드립니다.

REFERENCES

- Alvarez L. 2012. The role of black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) in sustainable waste management in northern climates. PhD thesis. University of Windsor. Canada. p. 148.
- Banks IJ, WT Gibson and MM Cameron. 2014. Growth rates of black soldier fly larvae fed on fresh human faeces and their implication for improving sanitation. *Trop. Med. Int. Health* 19:14-22.
- Barragan-Fonseca KB, M Dicke and JJ van Loon. 2017. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed - a review. *J. Insects Food Feed* 3:105-120.
- Choi YC, JY Choi, JG Kim, MS Kim, WT Kim, KH Park, SW Bae and GS Jeong. 2009. Potential usage of food waste as a natural fertilizer after digestion by *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Int. J. Ind. Entomol.* 19:171-174.
- Choi YC, KH Park, YG Lee, SK Moon and HS Choi. 2013. Effect analysis of compost derived by black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) using plant growth analysis method. *J. Seric. Entomol. Sci.* 51:107-113.
- Erickson MC, M Islam, C Sheppard, J Liao and MP Doyle. 2004. Reduction of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. *J. Food Protect.* 67:685-690.
- Hewitt CG. 1914. The house-fly: *Musca domestica* Linn: Its structure, habits, development, relation to disease and con-

- trol. Cambridge University Press, Cambridge.
- Holmes L. 2010. Role of abiotic factors on the development and life history of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). Master thesis. University of Windsor. Canada. p. 168.
- Jana G, KK Misra and T Bhattacharya. 2006. Diversity of some insect fauna in industrial and non-industrial areas of West Bengal, India. *J. Insect Conserv.* 10:249–260.
- Kim ES, JY Park, SH Lee and YG Kim. 2014. Identification and physiological characters of intestinal bacteria of the black soldier fly, *Hermetia illucens*. *Korean J. Appl. Entomol.* 53:15–26.
- Kim JI. 1997. Newly recording two exotic insects species from Korea. *J. Kor. Biota.* 2:223–225.
- Kim JG, YC Choi, JY Choi, WT Kim, GS Jeong, KH Park and SJ Hwang. 2008. Ecology of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 47:337–343.
- Kim WT, SW Bae, HC Park, KH Park, SB Lee, YC Choi, SM Han and YH Koh. 2010. The larval age and mouth morphology of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Int. J. Indust. Entomol.* 21:185–187.
- Kim YS, SB Lee, SK Ham, HJ Lim and YC Choe. 2011. Soil physicochemical properties by applied with mixed ratio soldier fly (*Hermetia illucens*) casts. *Asian J. Turfgrass Sci.* 25:106–111.
- Lalander CH, J Fidjeland, S Diener, S Eriksson and B Vinnerås. 2015. High waste-to-biomass conversion and efficient *Salmonella* spp. reduction using black soldier fly for waste recycling. *Agron. Sustain. Dev.* 35:261–271.
- Lee SB, YS Kim, SK Ham, HJ Lim, YC Choi and KH Park. 2013. Effect of soldier fly casts mixed soil on change of soil properties in root zone and growth of zoysiagrass. *Weed Turf. Sci.* 2:298–305.
- Liu Q, JK Tomberlin, JA Brady, MR Sanford and Z Yu. 2008. Black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae reduce *Escherichia coli* in dairy manure. *Environ. Entomol.* 37:1525–1530.
- Mirth CK and LM Riddiford. 2007. Size assessment and growth control: how adult size is determined in insects. *Bioessays* 29:344–355.
- Myers HM, JK Tomberlin, BD Lambert and D Kattes. 2008. Development of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed dairy manure. *Environ. Entomol.* 37:11–15.
- Oliveira FR, K Doelle and RP Smith. 2016. External morphology of *Hermetia illucens* Stratiomyidae: Diptera (L. 1758) based on electron microscopy. *Annu. Res. Rev. Biol.* 9:1–10.
- Park SY, HS Choi, JY Choi and G Jeong. 2017. Population structure of the exotic black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) in Korea. *Korean J. Environ. Ecol.* 31:521–528.
- Sheppard DC and GL Newton. 2000. Valuable by products of a manure management system using the black soldier fly - a literature review with some current results. Proceedings, 8th International Symposium-Animal, Agricultural and Rood Processing Wastes, 9–11 October 2000. Des Monies, IA, American Society of Agricultural engineering, St. Joseph, MI.
- Sheppard DC, GL Newton, S Thompson, J Davis, G Gascho and K Bramwell. 1998. Using soldier flies as a manure management tool for volume reduction, house fly control and reduction, house fly control and feedstuff production. pp. 51–52. In Sustainable Agriculture Research and Education, Southern Region (Gwen Roland ed.). Annual Report. Sustainable Agriculture Research and Education, Southern Region, Georgia Station, Griffin, Georgia, USA
- Sheppard DC, JK Tomberlin, JA Joyce, BC Kiser and SM Sumner. 2002. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *J. Med. Entomol.* 39:695–698.
- Tingle FC, ER Mitchell and WW Copeland. 1975. The soldier fly, *Hermetia illucens* in poultry houses in north central Florida. *J. Ga. Entomol. Soc.* 10:179–183.
- Tomberlin JK, PH Adler and HM Myers. 2009. Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. *Environ. Entomol.* 38:930–934.

Received: 19 November 2018

Revised: 6 December 2018

Revision accepted: 7 December 2018