

아까시잎혹파리, *Obolodiplosis robiniae* (Diptera: Cecidomyiidae) 연간 밀도변동과 아까시나무 수관 내 분포

이정수 · 정유미¹ · 최광식 · 김일권 · 권영대¹ · 전문장² · 신상철 · 최원일*

국립산림과학원 산림병해충연구과, ¹경기산림환경연구소 나무병원팀, ²대구대학교 산림자원학과

Seasonal Fluctuation and Distribution of *Obolodiplosis robiniae* (Diptera: Cecidomyiidae) Within Crown of *Robinia pseudoacacia* (Fabaceae)

Jung-Su Lee, Yu-Mi Jung¹, Kwang-Sik Choi, Il-Kwon Kim, Young-Dae Kwon¹, Mun-Jang Jeon², Sang-Chul Shin and Won IL Choi*

Division of Forest Disease and Insect Pests, Korea Forest Research Institute

¹Division of Tree Research, Gyeonggi-do Forest Environmental Research Institute

²Department of Forest Resources, Daegu University, Republic of Korea

ABSTRACT : Locust gall midge (LGM), *Obolodiplosis robiniae* (Haldeman) (Diptera: Cecidomyiidae), is a cecidomyiid insect forming roll-up galls on leaves of *Robinia pseudoacacia* Linnaeus (Fabaceae). LGM, known as native to North America, was reported from Korea and Japan in 2002. LGM was observed weekly or biweekly to clarify their voltinism and distribution within the crown of the host tree in two sites of Osan and Siheung in Korea from May to August, 2007. Density of LGM was investigated based on the number of larvae per leaf. Two generations of LGM were observed in Siheung site whereas three generations in Osan site during the present study. The result indicated that LGM had at maximum three generations per year. The density of LGM in Osan was higher in the upper crown of the host trees than middle or lower part. In Siheung, LGMs were distributed more on the exterior of the lower crown than the interior. The average number of larvae per gall was 3.3 ± 0.1 and 2.8 ± 0.1 individuals per leaf in Osan and Siheung, respectively.

KEY WORDS : *Obolodiplosis robiniae*, *Robinia pseudoacacia*, Distribution, Density fluctuation

초 록 : 아까시잎혹파리(*Obolodiplosis robiniae*(Haldeman))는 아까시나무(*Robinia pseudoacacia* Linnaeus(Fabaceae)) 잎 가장자리에 혹을 형성하는 혹파리과 해충으로 북미대륙 동부가 원산으로 국내와 일본에 2002년 유입되었음이 보고되었다. 본 연구는 아까시잎혹파리의 계절별 밀도변동과 수관 내 분포를 구명하기 위하여 수행되었다. 밀도조사는 경기도 오산시 수청동과 시흥시 대야동의 아까시숲에서 5월부터 8월까지 조사되었으며 아까시잎혹파리 밀도는 잎당 유충수를 기준으로 추정되었다. 아까시잎혹파리 세대 수는 지역별로 차이가 있어, 오산에서는 3세대, 시흥에서는 2세대가 관찰되어 국내에서는 최대 3세대가 발생할 수 있음을 보여주었다. 오산지역 아까시나무내 아까시잎혹파리 유충 밀도분포는 수관 상부가 수관 중간 부분과 하부보다 높았다. 시흥지역 아까시나무의 수관 하부 바깥쪽 밀도가 안쪽보다 높았다. 아까시잎혹파리의 혹 당 유충수는 오산, 시흥에서 각각 3.3 ± 0.1 , 2.8 ± 0.1 마리였다.

검색어 : 아까시잎혹파리, 아까시나무, 밀도변동, 분포

*Corresponding author. E-mail: wchoi@forest.go.kr

아까시잎혹파리(*Obolodiplosis robiniae*(Haldeman))는 아까시나무(*Robinia pseudoacacia* Linnaeus) 잎에 혹을 형성하고 가해하는 혹파리과 해충이다. 아까시잎혹파리에 의한 피해 특징은 아까시나무 잎 옆에서 뒤쪽으로 말려 들어가며, 잎이 말려있는 부분에는 아까시잎혹파리의 유충과 번데기가 서식한다(Woo *et al.*, 2003; Choi and Choi, 2007).

본 해충은 북미대륙이 원산으로 주로 미국 동부 지역에 분포하며 1845년과 1846년 펜실베니아, 1938년에는 미시시피에서 대 발생하였다(Barnes, 1951). 2000년 이후에는 아까시잎혹파리의 침입이 세계적으로 보고되고 있다. 국내에서는 2002년 처음으로 서울, 수원, 안양, 대전, 제천, 원주 등 전국적으로 분포함이 밝혀졌으며 2003년 침입 종으로 공식 보고되었다(Kodoi *et al.*, 2003; Woo *et al.*, 2003). 일본의 경우는 2002년에 발견되어 보고되었으며(Kodoi *et al.*, 2003), 유럽에서도 이탈리아에서 2003년, 슬로베니아와 체코공화국에서 2004년 침입이 확인되었다(Duso *et al.*, 2005; Pellizzari *et al.*, 2005). 이후 유럽 전역으로 확산되어 크로아티아, 독일, 헝가리, 슬로바키아, 우크라이나, 네덜란드, 스위스, 오스트리아, 프랑스, 폴란드, 세르비아, 영국에서도 관찰되었다(Sheppard *et al.*, 2006; Wermelinger and Skuhrová, 2007; Skuhrová *et al.*, 2007; Tóth *et al.*, 2009).

아까시잎혹파리는 침입종으로 비교적 최근에 분포가 보고되어 연간 세대 수, 수관 내 분포 등 기초 생태 자료가 현재까지 보고되어 있지 않은 실정이다. 아까시잎혹파리를 합리적으로 방제하기 위해서는 아까시잎혹파리의 세대수, 수관내 분포 등 기초자료가 필요한 상황이다. 이에 본 연구에서는 주기적인 야외 밀도조사를 통하여 아까시잎혹파리 계절적 밀도변동과 아까시나무 수관 내 분포, 피해율 조사를 통하여 아까시혹파리의 국내 연간 발생세대 수와 수관 내 분포유형을 구명하기 위해서 수행되었다.

재료 및 방법

조사지

아까시잎혹파리 밀도조사는 경기도 오산시 수청동(37°10'01.89"N, 127°02'58.99"E)과 시흥시 대야동(37°27'59.62"N, 126°47'11.83"E)의 아까시나무가 우점인 숲에서 실시되었다. 두 조사지역 모두 도심 인근 야산

에 위치하였으며 오산의 아까시숲은 평균수고 1~2m 였고 시흥의 아까시숲은 평균수고 6~7m, 흉고직경은 17~25cm이었다.

조사방법

두 지역 모두 2007년 5월 상순부터 8월 하순까지 오산은 7일 간격, 시흥은 14일 간격으로 유충밀도와 피해율을 조사하였다.

유충밀도는 잎당 유충 수를 기준으로 추정되었다. 피해율은 다음과 같은 식으로 산정하였다.

피해율(%) = (혹이 형성된 잎 수 / 전체 잎 수) * 100
밀도변동 피해율변동은 각 지역별로 아까시나무 30그루를 임의로 선정한 후 오산지역에서는 수관의 하부에서 각각 복엽을 1개씩 채취하였고 시흥지역에서는 수관의 하부 바깥쪽에서 각각 복엽을 1개씩 채취하였다. 채취된 복엽은 수관의 위치 별로 지퍼백에 넣어 실험실로 옮겨졌다. 채취된 복엽들은 실험현미경하에서 혹을 절개하여 잎당 유충수, 혹당 유충수 그리고 피해율을 조사하였다.

수관 내 분포조사를 위해서 위와 동일한 방법으로 30그루를 임의로 선정하여 오산지역에서는 5월 10일~6월 14일까지 수관의 상, 중, 하 부분에서 복엽을 채취하였고, 시흥지역에서는 5월 9일~6월 7일까지 수관의 하부 안쪽과 바깥쪽 복엽을 채취하여 위와 같은 방법으로 수관 내 분포조사를 하였다.

통계분석

아까시잎혹파리의 수관 내 위치에 따른 잎당 유충밀도, 피해율의 차이 등은 분산분석(ANOVA)과 *t*-test에 의해 분석되었다(SAS, 2004). 필요한 경우 arcsine-root transformation 후 분석하였다(Zar, 1999).

결과 및 고찰

계절적 밀도변동

오산개체군은 5월 10일에 잎당 유충밀도가 1.0±0.2(mean±se)마리였으며 이후 감소한 후 6월 7일 12.7±1.2마리로 증가하였다. 밀도는 다시 감소하였다가 6월 27일 12.7±2.0마리로 증가한 후 8월 19일 0.2±0.1마리로

감소한 이후 아까시잎혹파리 유충이 채집되지 않았다. 이는 오산 아까시잎혹파리 개체군은 3 세대가 발생하였음을 보여주는 것이다(Fig. 1A).

반면 시흥개체군은 5월 9일 아까시잎혹파리 유충 밀도가 2.0±0.7마리였으며, 이후 감소하였다가 6월 20일 2.0±0.8마리로 증가하였다. 8월 3일 이후 아까시혹파리 유충이 채집되지 않아 시흥 개체군은 2세대까지만 발생했음을 보여주었다(Fig. 1B).

오산 아까시혹파리 개체군 엽당 밀도는 0.1±0.0~15.5 ±1.5로서(Table 1) 밀도가 0.3±0.1~2.0±0.7인 시흥개체군에 비해 밀도가 높았다(Table 2).

두 지역 개체군간에는 발생세대수, 발생시기에 있어 차이를 보였다. 오산개체군은 3세대가 발생하였으며 발

생최성기는 6월 7일과 6월 27일인 반면 시흥개체군은 2세대가 발생하였고 발생최성기는 6월 20일이었다. 두 지역 개체군간에 세대수에 있어 차이가 있었는지 혹은 시흥개체군의 밀도가 너무 낮아 실제 3세대를 발생함에도 표본조사 시 채집이 되지 않았는지는 불분명하다. 그러나 두 지역이 위도상 위치가 근접함에도 발생최성기가 두 지역간에 상이하므로 시흥개체군에서 3세대가 채집되지 않았기 보다는 2세대만 발생한 것으로 추정되며 실로 우리나라에서 아까시잎혹파리 세대수가 2~3세대라고 보고된 바가 있으며 2세대 혹은 3세대 유충은 6~7월 휴면에 들어간다고 하였다(Park, J. D., personal communication). 유사하게 2008년도 북서 크로아티아 개체군도 2세대 발생 후 7월 이후에는 땅으로 들어가

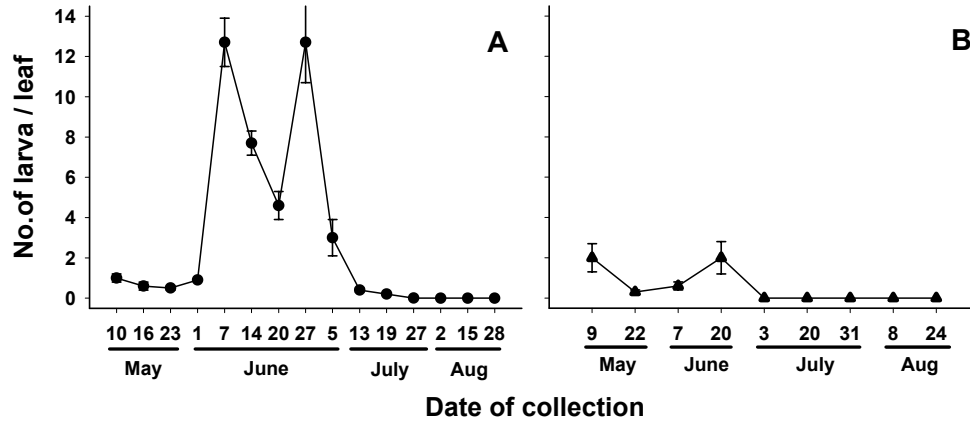


Fig. 1. Seasonal changes in *Obolodiplosis robiniae* larvae densities per leaf from May to August, 2007 in Osan (A) and Siheung (B).

Table 1. Larval density per leaf and the percentage of leaves damaged by *Obolodiplosis robiniae* within crown of Black locust in Osan

Date	No.of larva / leaf(Mean±SD)			Damage rate(%)		
	Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower
May/10	1.5±0.3 ^a	0.9±0.2	1.0±0.2 ^a	33.3±4.9 ^a	26.5±3.9 ^a	29.5±3.8 ^a
May/16	0.5±0.1 ^b	1.0±0.2	0.6±0.2 ^{ab}	20.8±3.1 ^a	33.6±4.5 ^a	24.8±4.4 ^a
May/23	0.1±0.0 ^b	0.5±0.1	0.5±0.1 ^a	4.3±0.8 ^b	21.3±3.4 ^a	22.7±3.2 ^a
Jun/1	2.5±0.4 ^a	0.8±0.2	0.9±0.3 ^b	49.5±4.8 ^a	22.3±3.3 ^b	21.4±3.7 ^b
Jun/7	15.5±1.5 ^a	11.2±1.0	12.7±1.2 ^a	86.7±5.2 ^a	85.6±4.8 ^a	94.4±3.1 ^a
Jun/14	13.6±1.0 ^a	12.7±0.8	7.7±0.6 ^b	97.2±1.8 ^a	99.8±0.2 ^a	99.6±0.3 ^a

Note: means in a row followed by the same letter are not significantly different by tukey (P<0.05)

Table 2. Larval density per leaf and the percentage of leaves damaged by *Obolodiplosis robiniae* from sampling locations within the lower part of tree crown in Siheung

Date	No.of larva / leaf(Mean±SD)		Damage rate(%)	
	Interior	Exterior	Interior	Exterior
May/9	0.6±0.4 ^a	2.0±0.7	14.2±6.9	37.1±10.0
May/22	0.3±0.1 ^b	0.3±0.1	12.5±3.7	12.6±2.5
Jun/7	0.4±0.3 ^b	0.6±0.2	8.0±4.6	17.0±4.0

휴면에 들어간다고 보도되었다(Pernek and Matosevic, 2009). 반면에 슬로바키아 개체군은 최적 조건일 경우 연간 4세대까지 발생한다는 보고되었다(Mihajlović *et al.*, 2008; Tóth *et al.*, 2009; Glavendekić and Mihajlović, 2009). 이러한 결과들은 아까시잎혹파리 발생세대수가 조건에 따라 유동적일 수 있음을 보여주는 것이다. 물론 이러한 차이는 조사지 아까시나무 연령의 차이나 미기상 차이가 아까시혹파리 생활사에 영향을 미쳤기 때문일 수도 있다. 이러한 요인들에 의한 영향과 관련해 보다 자세한 아까시잎혹파리 발생세대수와 생활사 전략을 구명하기 위한 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

피해율변동

계절별 피해율 변동은 밀도변동과 다른 양상을 보였다. 아까시잎혹파리에 의한 피해율은 오산지역은 $21.4 \pm 3.7 \sim 99.6 \pm 0.3\%$ 범위에 있었고 시흥지역은 $12.6 \pm 2.5 \sim 37.1 \pm 10.0\%$ 에 있어 오산지역의 피해율이 시흥지역에 비해 높았다. 엽당 밀도도 오산개체군이 시흥개체군에 비해 높았는데 이러한 결과는 아까시잎혹파리가 선호하는 평균 수고 1-2m의 아까시나무가 오산 조사지역 상대적으로 많았거나 혹은 지역적 밀도 차이에 의한 것일 수 있다. 이외에도 아까시잎혹파리 밀도와 피해율은 양의 상관관계를 가지는 것으로 보여 피해율이 아까시잎혹파리의 밀도 추정에 활용 가능해 보이나(Fig. 2), 6월 이후 관찰된 피해엽에는 이전에 아까시잎혹파리가 가해한 혹도 포함되어 엽당 유충수로 밀도를 추정한 경우보다 밀도가 과대평가되는 경향이 있었다. 그러므로 피해율로 아까시잎혹파리 밀도를 추정하는 방법은

부적절한 것으로 보인다. 한가지 특이한 점은 아까시잎혹파리에 의한 피해율이 오산지역에서는 최대 거의 100%에 육박한다는 것이다. 이는 대부분 아까시잎에 혹이 형성되었음을 의미하는 것으로 아까시잎혹파리에 의한 피해가 매우 높았음을 보여주는 것이다. 이러한 결과는 2007년도는 비교적 아까시잎혹파리 침입이 초기 단계에 있어 천적 등에 의한 아까시잎혹파리 밀도 조절 역할이 미미하였기 때문으로 추정되었다.

수관 내 분포

아까시잎혹파리의 수관내 분포는 발생시기에 따라 상이한 것으로 보인다. 엽당 유충밀도를 기준으로 한 경우 오산지역의 개체군은 발생초기인 5월 10일~5월 23일 시기적으로 편차를 보였으나 주로 수관하부에서 밀도가 높았다(5월 23일, $df = 2, 89; F = 8.06, P < 0.0006$) (Table 1). 반면에, 밀도가 증가하는 6월 1일 이후에는 주로 수관상부에 밀도가 집중되는 경향을 보였다(6월 1일, $df = 2, 89; F = 8.82, P < 0.0003$, 6월 14일, $df = 2, 89; F = 15.74, P < 0.0001$)(Table 1).

피해율 또한 전반적으로 수관내 분포와 유사한 경향을 보였으나, 발생초기인 5월 23일 수관내 중, 하부 피해율이 높았으나($df = 2, 89; F = 14.04, P < 0.0001$), 6월 1일 이후는 수관상부의 피해율이 가장 높았다($df = 2, 89; F = 16.27, P < 0.0001$). 이는 수고가 1~2m 이하인 아까시나무에서 아까시잎혹파리 밀도를 추정하기 위해서는 표본을 수관 상부에서 추출하는 것이 적합함을 보여주는 것이다(Table 1).

시흥지역 수고 6~7 m인 아까시나무 수관하부 안쪽과

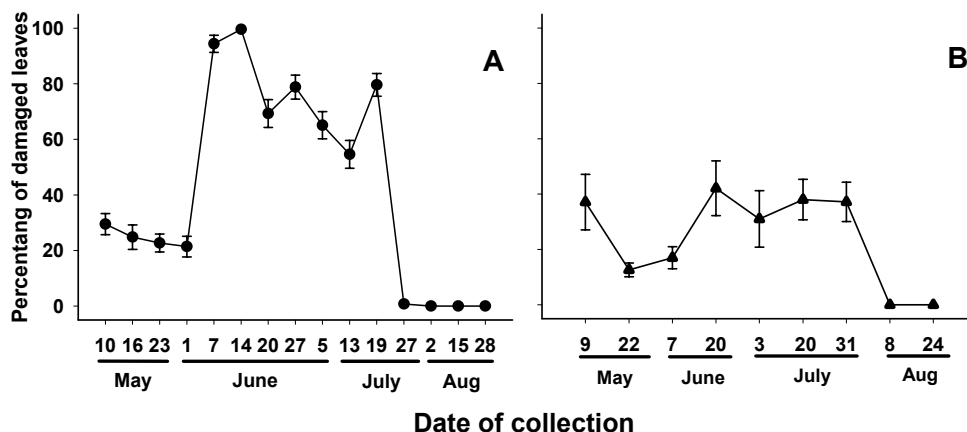


Fig. 2. Seasonal changes in the percentage of leaves damaged by *Obolodiplosis robiniae* from May to August, 2007 in Osan (A) and Siheung (B).

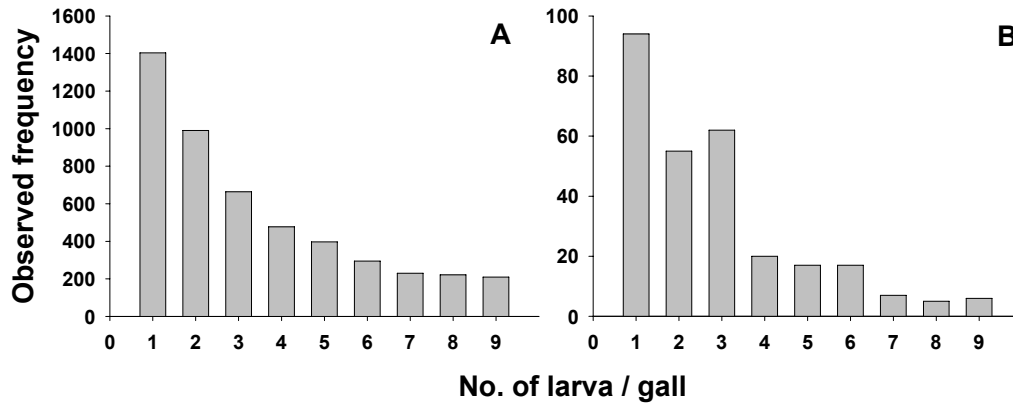


Fig. 3. Observed frequency of the number of *Obolodiplosis robiniae* larvae per gall, 2007 in Osan (A) and Siheung (B).

바깥쪽의 통계적인 유의성은 없었으나, 앞당 밀도와 앞당 피해도 모두 안쪽보다는 바깥쪽에서 높은 경향을 보였다. 수고가 높은 아까시나무에서의 아까시잎혹파리 밀도조사 시 표본은 수관하부 바깥쪽에서 채집하는 것이 유리하다고 판단되었다(Table 2).

아까시잎혹파리의 흑 당 유충밀도는 오산과 시흥에서 조사된 각각 4888, 283개 흑 중 1404, 94개가 흑 당 유충수가 1마리로 가장 빈도가 높았다. 흑 당 유충수가 2마리 이상인 경우는 흑 당 유충수가 증가함에 따라 발견빈도가 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 3). 이러한 현상은 아까시잎혹파리 유충간의 흑내에서의 종내경쟁을 약화시키기 위한 것으로 보인다. 크로아티아에서는 흑 당 평균 유충밀도가 2마리로 보고되었으나(Pernek and Matosević, 2009), 본 조사에서는 오산과 시흥개체군이 각각 3.3 ± 0.0 , 2.8 ± 0.1 마리로 크로아티아의 개체군에 비해 높았다.

Literature Cited

- Barnes, H.F. 1951. Gall midges of economic importance, Gall midges of trees, V. 270 pp. Crosby Lockwood & son Ltd. London.
- Choi, K.S. and W.I. Choi. 2007. An illustrated new forest pest book. Korea forest research institute. Seoul. pp. 394-396.
- Duso, C., P. Fontana and P. Tirello. 2005. Diffusione in Italia e in Europa di *Obolodiplosis robiniae* (Haldeman), dittero cecidomiide neartico dannoso a *Robinia pseudoacacia*. Inf Fitopatol. 55:30-33.
- Glavendekić, M. and L. Mihajlović. 2009. An ALARM Case study: The Rapid Colonization of an Introduced Tree, Black Locust by an Invasive North-American Midge and Its Parasitoid. pp. 24-25. In: Atlas of Biodiversity Risk, Eds. Josef Settle et al. Pensoft, Sofia and Moscow.
- Kodoi, F., H.S. Lee, N. Uechi and J. Yukawa. 2003. Occurrence of *Obolodiplosis robiniae* (Diptera: Cecidomyiidae) in Japan and Korea. Esakia. 43: 35-41.
- Mihajlović, L., M. Glavendekić, I. Jakovljević and S. Marjanović. 2008. *Obolodiplosis robiniae* (Haldeman) (Diptera, Cecidomyiidae) - A new invasive insect pest on locust in Serbia. Bulletin of the Faculty of forestry. 97: 197-208.
- Pellizzari, G., L. Dalla Montà and V. Vacante. 2005. Alien insect and mite pests introduced to Italy in sixty years (1945-2004). In: Symposium article. Plant protection and plant health in Europe. Introduction and spread of invasive species. Humbolt University, Berlin, Germany, 9-11 June 2005.
- Pernek, M. and D. Matosević. 2009. Black locust gall midge (*Obolodiplosis robiniae*), New pest on black locust tree and first record of parasitoid *Platygaster robiniae* in Croatia. Sumarski list br. 3-4, CXXXIII: 157-163.
- SAS institute. 2004. SAS user's guide. SAS institute, Cary, NC.
- Sheppard, A.W., R.H. Shaw and R. Sforza. 2006. Top 20 environmental weeds for classical biological control in Europe: a review of opportunities, regulations and other barriers to adoption. Weed Res. 46: 93-117.
- Skuhrová, M., V. Skuhrový and G. Csóka. 2007. The invasive spread of the gall midge *Obolodiplosis robiniae* in Europe. Cecidology 22: 84-89.
- Tóth, P., M. Váňová and J. Lukáš. 2009. The distribution of *Obolodiplosis robiniae* on black locust in Slovakia. J. Pest Sci. 82: 61-66.
- Wermelinger, B. and M. Skuhrová. 2007. First recode of the gall midge *Obolodiplosis robiniae* (Haldeman) (Diptera, Cecidomyiidae) and its associated parasitoid *Platygaster robiniae* Buhl and Duso (Hymenoptera: Platygasteridae) in Switzerland. Bull. Soc. Entomol. Suisse 80: 217-221.
- Woo, K.S., H.J. Choe and H.J. Kim. 2003. A report on the occurrence of yellow locust midge *Obolodiplosis robiniae* (Haldeman, 1987) from Korea. Kor. J. Appl. Entomol. 42: 77-79.
- Zar, J.H. 1999. Biostatistical analysis. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall.

(Received for publication August 31 2009;
revised September 24 2009; accepted September 26 2009)