

진딧물류를 포식하는 흑파리, *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera: Cecidomyiidae)의 복숭아흑진딧물 포식과 발육

Development and Predation of a Aphidophagous Gall Midge, *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera: Cecidomyiidae) on *Myzus persicae* Sulzer

최만영 · 이건휘 · 백채훈¹ · 김두호²

Man-Young Choi, Gun-Hwee Lee, Chae-Hoon Paik¹ and Doo-Ho Kim²

Abstract - Development and predation of an aphidophagous gall midge, *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani), on the green peach aphid, *Myzus persicae* Sulzer, were studied under laboratory and greenhouse conditions. The developmental threshold temperature of the gall midge larvae was estimated to be 13°C. Larval and total developmental periods were 5.3 and 29 days at 25±2°C. The gall midge attacked more aphids as increasing density of peach aphids, and consumed 4 out of 10 peach aphids per day in a petri dish (9 cm in diameter) at maximum. In green house, the gall midge could control the density of the green peach aphids efficiently with a delayed density dependent-like pattern.

Key Words - Aphidophagous gall midge, Predation, Development, Green peach aphid

초 록 - 진딧물류 천적 흑파리 (*Aphidoletes aphidimyza* (Rondani))의 온도별 발육 및 복숭아흑진딧물에 대한 포식특성을 실험실 및 온실 조건에서 조사하였다. 온도와 유충의 발육속도와의 상관성을 구하였으며 ((regression; development rate (y) = 0.013348x (temperature) - 0.173022, F = 41.14, p < 0.01)), 발육영점온도는 13°C이었다. 25±2°C에서 유충 발육기간은 5.3일 이었고, 1세대기간은 29일이었다. 복숭아흑진딧물 밀도에 따른 흑파리의 포식량은 arena (직경 9 cm)당 복숭아흑진딧물 10마리일 때 4마리를 포식하여 포화상태를 나타냈다. 온실조건에서 진딧흑파리의 진딧물 포식은 지체적밀도의존반응과 유사한 반응을 보였다.

검색어 - 진딧물포식성 흑파리, 복숭아흑진딧물, 포식특성, 발육

흑파리과 (Cecidomyiidae) 흑파리아과 (Cecidomyiinae)에 속하는 *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani)는 진딧물류의 천적으로 복숭아흑진딧물 등 61종의 진딧물을 포식한다 (Harris, 1973). Rondani (1847)가 복숭아 등에서 진딧물을 포식하는 흑파리 (*Cecidimyia aphidimyza* = *Aphidoletes aphidimyza*)를 보고한 이후, Barnes (1929)가 10속 37종을 정리하였으나 Harris (1973)에

의해 이들은 대부분이 동종이명으로 밝혀졌다. *A. aphidimyza*는 온실조건에서 연속적으로 세대를 이어갈 수 있기 때문에 (Markula *et al.*, 1979) 포식량이 적고 천연기주를 이용해 사육해야만 하는데도 불구하고 진딧물류의 생물적방제용으로 가장 많이 이용되는 천적이다. 성충의 몸은 연약하지만 바람이 적고 습도가 높은 온실조건에 잘 적응해 있다. 이 천적의 이용가치

농촌진흥청 호남농업시험장 (National Honam Agricultural Experiment Station, RDA, Iksan 570-080, Korea)

¹ 전북대학교 농생물학과 (Department of Agricultural Biology, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea)

² 농촌진흥청 연구운영과 (Research Coordination Division, RDA, Suwon 441-707, Korea)

에 대해서는 El Titi (1974)에 의해서 입증되었는데, 진딧물이 충분히 발생하였을 때 다량으로 투입하는 방법과, 천적을 작물이 재배되는 장소에서 사육함으로써 방제효과를 얻는 두가지 이용방법을 제시하였다. Cheng et al. (1992)은 *A. aphidimyza*를 이용한 온실내 복숭아혹진딧물 방제 시험에서 주당 200마리의 진딧물이 발생하고 있는 고추에 진딧물 20마리당 *A. aphidimyza* 1마리 수준으로 2~3회 방사한 결과 10일 후에 86.4%의 방제효과가 나타났고, 방제효과가 60일간 지속되었다고 보고하였다. Hommes (1992)는 고추에 발생하는 복숭아혹진딧물 방제를 위하여 *A. aphidimyza*와 *Chrysopa carnea* (Stephen) 두 종을 동시에 여러 차례 방사하였을 때 효과가 높게 나타났다고 보고하였다. 캐나다, 네덜란드, 독일, 핀란드, 러시아, 칠레에서는 대량생산기술이 잘 발달되어 있으며, 유리온실 등 시설에서 배추, 장미, 나무딸기, 피망, 자스민 등에 발생하는 진딧물 방제에 이용되고 있고, 사과, 면화, 밀 등의 노지작물에도 이용이 시도되고 있다 (van Leiburg and Ramakers, 1984). *A. aphidimyza*의 상업적 이용은 1977년에 핀란드에서 시작되었으며, ① 진딧물만 먹는다는 것, ② 기주범위가 넓어서 작물에 해충이 아닌 진딧물에 *A. aphidimyza*를 발생시켜서 작물에 발생하는 진딧물에 대한 방제효과를 얻는 방제법도 이용될 수 있다는 것, ③ 공격받은 진딧물은 곧바로 사망한다는 것, ④ 밀도가 높으면 죽이는 양이 많아진다는 것, ⑤ 적은 수의 진딧물만 먹어도 발육이 완성될 수 있다는 것 등 장점이 많아 진딧물의 생물적방제에 가장 좋은 소재로 인식되고 있다. 그러나 국내에서는 이와 같이 중요한 생물자원에 대한 연구가 전혀 되어있지 않아 이의 진딧물포식량, 온도발육, 사육특성 등의 생태에 관한 기초적인 정보를 얻고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

공시충 확보

실험에 이용한 *A. aphidimyza*는 1997년 호남농업시험장 (전북 익산) 유리온실에 재배중인 가지에 발생한 복숭아혹진딧물을 포식중인 것들을 채집하여 누대사육하면서 이용하였으며, 사육과정은 다음과 같이 하였다.

① 소형사육상 (30×30×30 cm)에 거미를 한 마리 넣어 사육상 구석에 1일동안 거미줄을 치게 한다. ② 물을 흠뻑 적신 버미쿨라이트가 담겨 있는 샤페 (지름 9 cm)를 넣고 용화 후 9일이 경과한 흑파리 번데기 (약 200개체)를 넣는다. ③ 다음날 흑파리가 우화하여 나오면 사육상 위쪽 통기용 망사에 꿀을 20 mg 정도 발라준다. ④ 복숭아혹진딧물 또는 목화진딧물이 발생

한 가지 (40일 육묘)를 사육상에 3주씩 넣고 하루동안 산란을 받는다. ⑤ *A. aphidimyza*의 알이 산란된 가지묘를 물을 채운 수조위에 옮긴다. ⑥ 3~5일 후부터 번데기가 되기위해 탈출하는 노숙유충을 몰과 함께 스포이드로 빨아내어 모은다. ⑦ 20 ml 유리병에 버미쿨라이트를 반쯤 채우고 물 0.5 ml과 함께 *A. aphidimyza* 노숙유충 200개체를 넣어 상온에서 용화하도록 한 뒤 보관한다.

발육기간

온도별 발육기간 조사는 5, 8, 13, 15, 20, 25, 30, 35 °C에서 실시하였으며, 유충의 경우 소형 패트리디쉬 (지름 9 cm)에 9 cm 크기로 자른 가지 잎을 넣고 복숭아혹진딧물 무시성충 50마리와 흑파리 1마리를 함께 넣어 인큐베이터에서 온도별로 사육하면서 5반복 관찰하였고, 알의 경우 가지에 산란된 알 20개씩을 가지 잎과 함께 소형 패트리디쉬 (지름 9 cm)에 넣어 인큐베이터에서 5반복 조사하였으며, 번데기의 경우 소형 패트리디쉬 (지름 9 cm)에 버미쿨라이트를 0.5 cm 높이로 깔고 종령유충 20마리씩을 옮겨 하루동안 번데기가 되도록 한 다음 실험 온도별로 인큐베이터에서 5반복 조사하였다. 사육용기 내부의 습도 유지를 위해 파라필름으로 용기 측면을 봉하였다.

성충의 산란수 및 수명

시험관 (지름 3 cm, 길이 10 cm)에 흑파리 성충 암컷 2개체 수컷 2개체를 넣고 윗부분을 망사로 봉하였다. 꿀을 망사 위에 발라주었고, 증류수는 일회용 플라스틱스포이드의 끝에 스폰지를 끼워 물이 스며나오도록 만든 다음 테스트튜브 윗 부분의 망사에 구멍을 뚫고 거꾸로 세워서 꽃아두어 흑파리가 빨아먹기 쉽도록 하였다. 산란수는 25±2°C, 광조건 16L:8D에서 스폰지와 망사에 산란된 알을 해부현미경아래서 (×6) 매일 5반복 조사하였다.

온도별 밀도별 복숭아혹진딧물 포식량

온도별 포식량 조사는 15, 20, 25, 30, 35°C에서 실시하였으며, 소형 패트리디쉬 (지름 9 cm)에 9 cm 크기로 자른 가지 잎을 넣고 복숭아혹진딧물 무시성충 50마리와 흑파리 1마리를 함께 넣어 인큐베이터에서 온도별로 사육하면서 5반복 관찰하였고, 밀도별 포식량은 24시간 동안 굶긴 흑파리 2령 유충 1마리와 복숭아혹진딧물 무시성충을 2, 3, 5, 7, 9, 11마리를 함께 넣어 25±2°C에서 24시간 동안의 포식량을 5반복 조사하였다.

밀도의존적 포식반응

온실내 망실 (200×150×150 cm)에서 가지 30주 (60

일묘, 재식거리 30 cm)에 복숭아혹진딧물을 자연발생시키고 흑파리 성충을 암수 각 200개체씩 방사한 후, 복숭아혹진딧물의 밀도와 진딧흑파리의 복숭아혹진딧물 포식률을 1998년 5월 8일부터 6월 26일까지 매 7일마다 조사하였다.

결과 및 고찰

Havelka와 Růžicka (1984)는 잠두에 발생하는 4종류의 진딧물에 대한 *A. aphidimyza*의 산란선호성이 *Aphis fabae* Scop.에 대해 가장 높고 *Acrythosiphon pisum* (Harris), *Aphis craccivora* Koch, *Myzus persicae* Sulzer순으로 선호하며, 유충 먹이로서의 효율(산란수 및 산란전기)은 *M. persicae*와 *A. pisum*이 비교적 높은 것으로 나타났다고 보고하였다. 또한 잠두에 발생한 복숭아혹진딧물의 감로를 섭취한 *A. aphidimyza*의 산란수는 11.6개로 산란수가 많이 떨어지는 것으로 보고하였는데, Kuo (1977)는 복숭아혹진딧물이 내는 감로가 기주식물의 종류에 따라 *A. aphidimyza*의 먹이로서의 질면에서 많은 차이가 있다고 보고하였다. 본 연구에서 가지에 발생한 복숭아혹진딧물을 이용하여 진딧흑파리 유충을 사육하고, 성충시기에는 꿀과 물만을 공급하면서 산란수를 조사한 결과 Gilkeson (1987)이 보고한 이상적인 조건하의 평균 산란수인 248.6 ± 12.2 개에는 미치지 못하지만, 산란수가 일반적으로 알려져 있는 100여개에 가까운 105.3 개 ($20 \sim 384$)/마리로 나타남으로서 ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, 16L : 8D), 가지에서 증식된 복숭아혹진딧물이 *A. aphidimyza* 사육에 적합하다고 할 수 있다. 성충의 수명은 암컷이 8.9(7~16)일, 수컷이 6.8(4~14)일이었고, 산란전기는 2.3(2~4)일로 한 세대를 경과하는데는 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 29일이 소요되었다. 한편, *A. aphidimyza*는 사육상에 거미줄을 만들어 주면 대부분이 거미줄에 앉아 있고 암·수가

마주보고 메달려서 교미하는 습성을 보이는 것으로 보아 *A. aphidimyza*의 산란수 및 수정란의 비율을 높이기 위해서는 거미줄을 사육장소에 만들어 주는 것이 필요한 것으로 사료된다.

온도별 발육기간은 알, 유충, 번데기에 대해 5, 8, 13, 15, 20, 25, 30, 35, 40°C에서 각각 조사하였다. 알의 경우 5°C에서는 부화하지 못하였고, 8°C에서는 부화가 가능하였는데, 이 때 난기간은 16.7일이었으며, 온도가 높아질수록 난기간이 짧아져서 35°C에서는 2.4일이었다. 유충은 13°C 이하에서는 용화하기 전에 모두 치사하였으며, 15°C에서 발육기간은 12.7일이었고, 발육영점온도는 13.0°C이었다. 40°C 이상에서는 수일 내에 치사하였으며, 35°C에서 가장 발육이 빨랐는데, 이때 유충기간은 3.3일로 나타났다(Fig. 1). 유충 발육기간은 13°C 이하 및 40°C 이상에서는 발육하지 못하고 치사하였기 때문에 회귀분석에는 15°C에서 35°C 사이의 발육율을 이용하였다 ((regression; development rate (y) = $0.013348x$ (temperature) - 0.173022 , $F = 41.14$,

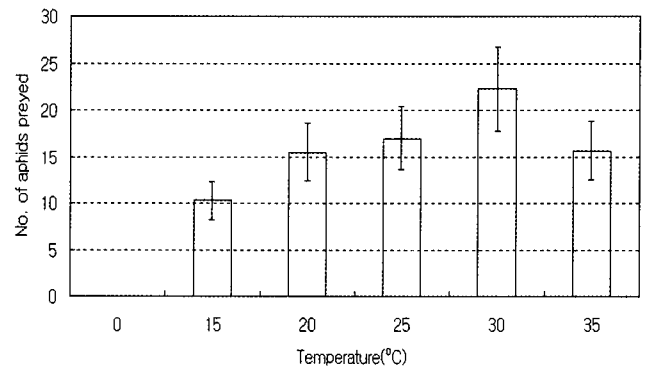


Fig. 2. Larval predation of *Aphidoletes aphidimyza* on *Myzus persicae* at various temperatures. Vertical bars represent standard deviations.

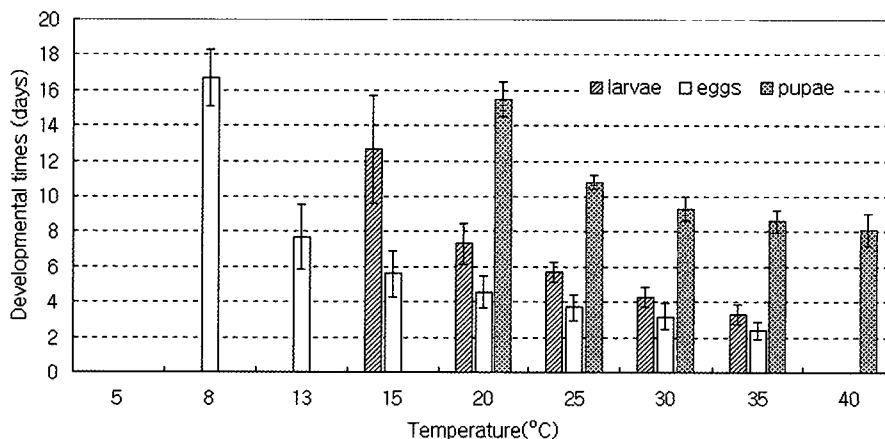


Fig. 1. Developmental period of *Aphidoletes aphidimyza* at different temperatures. Vertical bars represent standard deviation.

$p < 0.01$). Uygan (1971)은 *A. aphidimyza*의 유충발육 기간이 27°C에서 3.0일, 21°C에서 3.8일이라고 보고하였는데, 본 연구에서는 20°C에서 7.3일이 소요되어 많은 차이를 나타내었다. 우리나라의 온실에서 재배되는 작물의 재배적온이 20~35°C 가량인 점을 감안하면 발육온도 범위로 볼 때 *A. aphidimyza*가 시설재배작물의 진딧물 방제에 유용할 것이라는 것을 알 수 있다. 용기간은 15°C 이하에서는 40일간 우화하지 못하였고, 20°C에서는 14.6일로 나타났는데, 온도가 높아질수록 용기간이 짧아져서 40°C에서는 8일만에 우화하였다. 복숭아혹진딧물을 이용하여 *A. aphidimyza*를 사육하였을 때 전용(pharate pupa)의 무게는 평균 0.39 mg이었다.

온도별 복숭아혹진딧물 포식량은 30°C 이하에서는 온도가 높을수록 포식량이 많아지다가 35°C에서는

포식량이 줄어드는 경향이였다(Fig. 2). Uygan (1971)은 *A. aphidimyza*의 유충발육이 완성되기 위해서 복숭아혹진딧물의 경우 최소한 7마리가 필요하다고 하였으며, 진딧물의 크기에 따라 *Brevicoryne brassicae* (L.)의 경우 5.2마리(George, 1957)에서 많게는 *Aphis gossypii* Glover의 경우 60~80마리(Roberti, 1946)가 필요하다고 하였다. 본 연구에서는 30°C에서 22.3개체의 복숭아혹진딧물을 포식하였는데, 직접적인 포식량 비교는 어렵지만 최소요구량의 3배에 가까운 포식량을 나타내고 있음을 알 수 있다. 밀도별 복숭아혹진딧물포식량(Fig. 3)은 밀도가 높을수록 증가하여($p < 0.05$) 복숭아혹진딧물 11개체/arena, $\Phi 9$ cm에서 포화상태에 이르렀고 이때의 1일포식량은 약 4개체/arena였다. 그러나 포식률(포식수/밀도)은 밀도가 높아짐에 따라 감소하여 Holling의 기능반응 제2형과 유사한

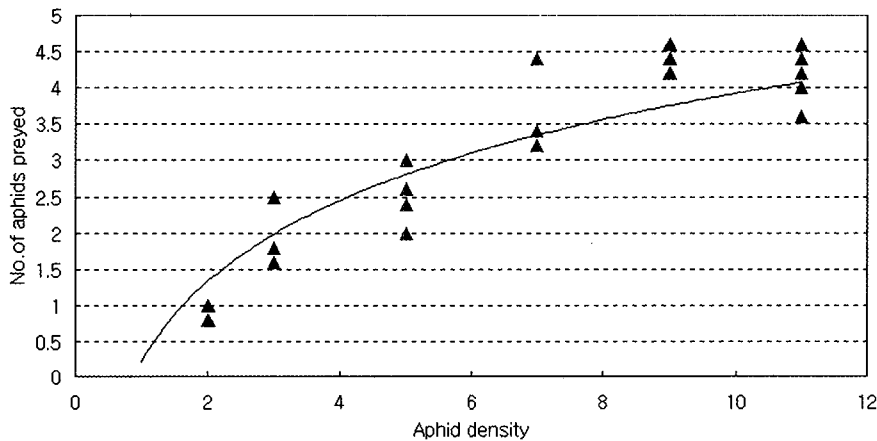


Fig. 3. Predation of *Aphidoletes aphidimyza* at various densities of *Myzus persicae* at $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Study area consisted of a petri dish (9 cm in diameter).

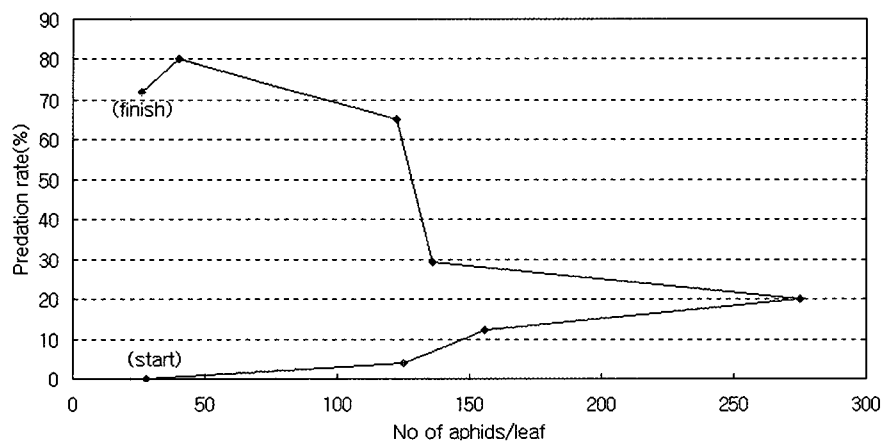


Fig. 4. Relationship between predation and density of aphids in a cage. Each data set was collected at 7 day interval from 5th May to 26th June, 1998.

결과((A (탐색률); 1.161 ± 0.2276 , TH (탐색시간); 0.095 ± 0.0206 , $R^2 = 0.939$)를 나타내었다 (Holling, 1965).

Heather *et al.* (1997)은 *Aphis pomi* De Geer와 *A. aphidimyza* 사이의 밀도변동 관계를 사과원에서 조사하였는데, 진딧물 발생이 많은 해에는 *A. aphidimyza*가 가장 우점하는 천적이었고 제일 먼저 발생해서 지속적으로 발생하였으며, 진딧물 밀도가 높은 7월중순에 발생최성기를 나타냈고 수적반응은 지체적밀도의 존반응을 나타냈다고 하였다. 그러나 진딧물 발생이 적은 해에는 진딧물 밀도를 조절하는 주요 인자가 mirids이었고, *A. aphidimyza*는 진딧물 밀도가 높은 colony에 산란이 집중되었지만, 포식작용은 아주 미약한 spatially density dependence 양상을 보였다고 보고하였는데, 본 연구에서도 진딧물 발생초기에는 낮은 밀도에서 포식률이 낮았으나 후기에는 진딧물 밀도 50마리/엽 수준에서 80%에 달하는 포식률을 나타내 지체적밀도의존반응과 유사한 결과를 나타냈다 (Fig. 4). 따라서 *A. aphidimyza*를 진딧물 방제에 이용하고자 할 때는 이와 같은 밀도반응을 고려하여 방사횟수를 늘리거나, bank plant 등을 이용하는 등의 밀도유지를 위한 대책이 있어야 할 것으로 사료 된다.

사 사

본 연구에 이용된 시험곤충 (*A. aphidimyza*)의 분류에 많은 도움을 주신 경북대학교 권용정 교수께 사의를 표합니다.

인 용 문 헌

Cheng, H.K., J.H. Zhao and M. Xie. 1992. Tests on the effect of releasing *Aphidoletes aphidimyza* (Dip.: Cecidomyiidae) to control the aphid, *Myzus persicae* in greenhouses and plastic tunnels. Chinese J. Biol. Control. 8: 97~100.
 El Titi, A. 1974. Auswirkung von der ruberischen Gallmucke

Aphidoletes aphidimyza (Rond.) (Itonididae: Diptera) af Blattlauspopulationen unter Glas. Z. Angew. Entomol. 76: 406~417.
 Gilkeson L.A. 1987. A note on fecundity of the predator, *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera: Cecidomyiidae). Can. Entomol. 119: 1145.
 Harris, K.M. 1973. Aphidophagous Cecidomyiidae (Diptera): taxonomy, biology and assessments of field populations. Bull. Ent. Res. 63: 305~325.
 Havelka, J. and Z. Růžička. 1984. Selection of aphid species by ovipositing females and effects of larval food on the development and fecundity in *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera: Cecidomyiidae). Z. angew. Ent. 98: 432~437.
 Heather C.S. and S.J. Walde. 1997. The dynamics of *Aphis pomi* De Geer (Homoptera: Aphididae) and its predator, *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Diptera: Cecidomyiidae), on apple in Nova Scotia. Can. Entomol. 129: 627~636.
 Holling, C.S. 1965. The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population regulation. Mem. Entomol. Soc. Can. 45: 1~62.
 Hommes, M. 1992. Biological control of aphids on capsicum. Bulletin OEPP/EPP0 22: 421~427.
 Markkula, M., K. Tiitanen, M. Hamalainen and A. Forsberg. 1979. The aphid midge *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae) and its use in biological control of aphids. Annals of Entomologica Fennica 45: 89~98.
 Uygan, N. 1971. Der Einfluss der Nahrungsmenge auf Fruchtbarkeit und Lebensdauer von *Aphidoletes aphidimyza* (Rond.) (Diptera: Itonididae). Z. angew. Ent. 69: 234~258.
 van Leiburg, M.J. and P.M.J. Ramakers. 1984. A method for the collection of *Aphidoletes* in water. Mededelingen van de Faculteit van Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent 49: 777~779.

(2000년 6월 26일 접수; 2001년 2월 16일 수리)