

보리를 기주로 한 보리두갈래진딧물 [*Schizaphis graminum* (Rondani)]의 생명표김지수* · 이장호¹ · 김태흥¹ · 이상계² · 윤종철농촌진흥청 농업과학기술원 친환경농업과, ¹전북대학교 농업생명과학대학 생물자원과학부, ²농촌진흥청 연구개발국 연구관리과Life Table of the Greenbug, *Schizaphis graminum* (Rondani) (Homoptera: Aphididae) on Barley, *Hordeum vulgare* L.Ji-Soo Kim*, Jang-Ho Lee¹, Tae-Heung Kim¹, Sang-Guei Lee² and Jong-Chul Yun

Organic Farming Technology Division, Crop Life Safety Department, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon, Gyeonggi, 441-707

¹Faculty of Biological Resources Science, College of Agriculture and Life Sciences, Institute of Agricultural Science and Technology, Chonbuk National University, Chonju, Chonbuk 561-756²Research Management Division, Research Management Bureau, RDA

ABSTRACT : To construct a life table and development model *Schizaphis graminum* (Rondani), its adult longevity and fecundity were studied at various constant temperatures ranging from 15 to 32.5°C, with 65±5% RH, and a photoperiod of 16L:8D. Adult longevity of the greenbug gradually increased with decreasing temperature below 32.5°C. Total fecundity was not significantly different at all temperatures except at 32.5°C. Daily fecundity gradually increased from 25.0°C. It was 3.6 at 27.5°C and as temperatures either went down or up, it decreased to 1.4 at 15.0°C and 0.4 at 32.5°C. Net reproduction rate (R_0) was highest with 47.6 at 25.0°C. The intrinsic rate of increase per day (r_m) and the finite rate of increase per day (λ) were highest with 0.4 and 1.5 at 30.0°C, respectively and the doubling time (Dt) was shortest with 0.98 at 32.5°C. The mean generation time (T) was 8.41 at 30.0°C.

KEY WORDS : *Schizaphis graminum*, Development model, Fecundity, Lifetable, Longevity

초 록 : 보리두갈래진딧물 [*Schizaphis graminum* (Rondani)]의 성충 발육과 산자수를 15-32.5°C, 상대습도 65±5%, 광주기 16L:8D 조건에서 조사하고 생명표를 작성하였다. 보리두갈래진딧물의 성충수명은 32.5°C 까지 온도가 높아짐에 따라서 수명이 짧아졌으며, 산자수는 22.5°C에서 59.9마리로 가장 높았으며, 고온과 저온으로 갈수록 감소하는 경향을 보였다. 이와는 다르게 성충 1마리가 일일 출산하는 산자수는 27.5°C에서 3.6마리였는데, 온도가 올라감에 따라 증가하다가 32.5°C에서 산자수가 급격히 감소하여 고온에 의한 영향을 받는 것으로 보인다. 온도가 내려감에 따라 성충 수명이 길어지고, 또한 산자를 낳는 기간도 길어졌다. 일일 산자수는 22.5°C를 기점으로 온도가 올라가거나 내려감에 따라 감소하였고, 사충률은 온도가 높아질수록 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 또한 약충 발육시 사충률과 성충 수명, 산자수를 이용하여 생명표를 작성하였는데 보리두갈래진딧물의 순증가율(R_0)은 22.5°C~27.5°C에서 가장 높다가 온도가 높아질수록 급격히 감소하였고, 내적자연증가율(r_m)은 30°C에서 최고치인 0.3887을 나타냈으며, 32.5°C에서 -0.0208을 나타냈다. 배수기간(Dt) 또한 32.5°C에서 가장 짧았고, 기간증가율(λ)도 32.5°C에서 가장 큰 11.5365였다. 평균세대기간(T)은 온도가 올라감에 따라 짧아져 32.5°C에서 가장 짧았다.

검색어 : 보리두갈래진딧물, 생명표, 발육모델, 수명, 산자수

*Corresponding author. E-mail: bioagr@hanmail.net

보리두갈래진딧물[*Schizaphis graminum* (Rondani)]은 1852년 Rondani에 의해 처음 보고 되었으며, 북미, 중미, 남미, 유럽, 아프리카, 중앙아시아, 동아시아에 걸쳐 분포하고 있다(Harvey and Hackerott, 1969; Blackman and Eastop, 2000). 보리두갈래진딧물은 기주교대를 하는데 일반적으로 화본과 식물을 기주로 이용한다. 봄, 가을, 겨울에는 small grains (밀, 보리)를 기주로 이용하고, 여름이 되면 중간기주로 oats (귀리), sorghum (사탕수수), Johnson's grass 등 약 70종의 화본과 식물을 이용한다(Michels, 1986; Minks and Harrewijn, 1988). 온도가 높아지면 하면을 하기도 하는데 보리두갈래진딧물에서 작고 노란형태의 하면태가 보고되었다(Daniels, 1960). 따뜻한 기후에서 단성생식을 하며, 대부분 약충으로 월동하지만, 추운 기후지역에서는 알로 월동한다. 잎의 밑면에 군집을 이루면서 즙액을 흡즙하여 가해하며, 잎의 앞면에는 노란 반점이 생기다가 불그스레한 반점으로 확대되어 결국 기주 식물은 고사하게 된다. 일반적으로 서늘한 봄에 더 활발한 것으로 알려져 있지만, 6월말에도 발생한다고 알려져 있다(Saxena and Chada, 1971; Minks and Harrewijn, 1988). 보리두갈래진딧물은 화본과를 가해하는 진딧물 중에서 피해가 큰 해충으로 미국 남부 대평야의 겨울보리와 캐나다의 밀에서 발생이 심하고, 화본과의 다른 식물에서도 비슷하거나 더 많이 발생한다. 캐나다의 bluegrass에서 보리두갈래진딧물의 biotype이 더 많이 발견되었으며, 피해도 더 높게 나타났다(Minks and Harrewijn, 1988; Kindler and Hays, 1999).

이처럼 작물에 피해를 주는 진딧물류는 오래 전부터 농업의 문제해충으로 인식되었으며, 그 방제는 주로 화학적 방제에 의존하였다. 그러나 최근 농약으로 인한 농산물 잔류 문제와 환경 파괴 문제가 부각되면서 농약을 사용하지 않고 해충을 방제하려는 노력이 계속되고 있다. 이러한 요구를 충족시킬 수 있는 대안이 천적을 이용한 생물적 방제라고 할 수 있다. 시설조건은 온도가 높고 외부와 차단되어 자연 발생 천적이 없거나 적기 때문에 대량 증식한 천적이용이 필요한 실정이다.

천적이 없거나 적을 때는 외부에서 생산된 천적을 투입하는 방식으로 생물적 방제를 하고 있다(van Driesche and Bellows, 1995). 진딧물 방제를 위한 천적으로는 파리류인 *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani)와 기생봉인 *Aphidius colemani*, *Aphidius ervi*, *Aphelinus abdominalis*, 어리풀잠자리(*Chrysoperla carnea* Stephen), 칠성풀잠자리붙이(*Chrysopa pallens* Rambur), 무당벌레류인 *Hippodamia convergens* 및 유용 곰팡이류인 *Verticillium lecanii*

등이 알려져 있으며, 특히 진디벌은 효과가 우수하고 이용하기 쉽다는 장점을 가지고 있다(Lee 1996; Kim and Kim 2003). 이러한 진디벌을 효과적으로 이용하는데 천적 유지식물(banker plant)이 필요하다. 시설재배에서 천적 유지식물로 보리를 주로 사용하며, 숙주 진딧물로는 기장태 두리진딧물과 보리두갈래진딧물을 이용하고 있다(Kim *et al.*, 2005). Conte (1998)는 오이 50주에 천적 유지식물 화분 1개로 목화진딧물을 효과적으로 방제하였다. Fischer and Leger (1997)는 천적 유지식물을 이용하여 일반적인 진디벌 량의 10%인 m^2 당 0.3~0.8마리를 사용하여 목화진딧물을 방제하였다고 한다.

보리두갈래진딧물은 국외에서 많은 연구가 진행되었으나, 국내에서는 최근에서야 천적 유지식물(banker plant)에 활용하는 방안이 연구되기 시작하여, Kim and Kim (2003)이 오이재배 시설하우스에서 진딧물의 생물적 방제에 대하여 보고하였다. 논산의 일부 딸기 농가에서도 천적 유지식물과 천적을 이용하여 유기재배를 실시하고 있다.

본 연구는 보리두갈래진딧물의 온도별 약충 사충률, 약충 발육기간, 성충수명, 성충의 일일 산자수 등을 조사하여, 발육모형을 만들고 생명표를 작성하는 등 기초 생태자료를 완성함으로써 천적 유지식물에 접종하였을 때 천적의 밀도 및 숙주 유지와 관련된 기초 자료를 제공하며, 시설재배에서 종합방제의 기초 자료를 제공하고자 실시하였다.

재료 및 방법

보리두갈래진딧물의 사육

본 연구에 이용한 보리두갈래진딧물은 농촌진흥청 농업과학기술원에서 분양받았으며, 항온기($25\pm 1^\circ\text{C}$, $65\pm 5\%$ RH, 16L:8D)에서 누대 사육하고 있는 것을 사용하였다. 보리두갈래진딧물은 직경 8 cm, 높이 7.5 cm의 비닐포트와 직경 10 cm, 높이 9 cm의 플라스틱 포트에 원예용상토[홍농종묘]를 넣고, 맥주보리[호품보리(밀양114호)]를 파종하였으며, 14일 이상 경과한 맥주보리에 보리두갈래진딧물을 접종하여 사육하였다.

온도별 성충수명 및 산자수

보리두갈래진딧물의 약충이 네 번째 탈피한 직후부터

산자를 낳기 전까지를 산자전기로 하였고, 산자전기를 포함해서 죽을 때까지를 성충기간으로 하였다. 성충수명과 산자수는 24시간 간격으로 매일 조사한 후 산자를 제거하여 중복 조사를 피하도록 하였다. 성충수명과 산자수도 약충기간과 같이 15°C에서 32.5°C까지 8단계의 온도에서 조사하였다.

생명표

생명표에서 이용되는 성비의 경우 진딧물이 실온에서 대부분 단위생식하는 것으로 알려져 있으며, 본 실험의 온도 범위에서도 모두 단위생식을 하여 성비를 1에 가까운 0.99로 하였다. 약충의 발육기간, 사충률, 성충수명, 산자수 및 성비를 이용하여 진딧물의 생명표를 작성하였다. 생명표는 Maia et al. (2000)의 방법에 따라 계산하였고, 매개변수 추정에는 Meyer et al. (1986)이 제안한 Jackknife 방법을 이용하였으며, SAS (1999)를 이용해 통계처리 하였다.

결과 및 고찰

성충수명 및 산자수

보리두갈래진딧물의 성충수명은 전체적으로 온도가 내려감에 따라 수명이 길어지고, 산자수는 22.5°C에 59.9마리로 가장 높았으며, 22.5°C보다 낮거나 높은 온도로 갈수록 감소하는 경향을 보였다(Table 1). 그러나 성충 1마리의 일일 산자수는 30°C까지 온도가 올라감에 따라 증가하는 경향이었으나, 32.5°C에서 산자수가 급격히 감소하여

고온에 의한 영향을 받는 것으로 보인다(longevity $F=23.14$, $df=7$, 186, $r^2=0.48$, $P=0.0001$; fecundity $F=17.71$, $df=7$, 186, $r^2=0.41$, $P=0.0001$; daily fecundity $F=33.03$, $df=7$, 186, $r^2=0.56$, $P=0.0001$). Gregg and Russell (2005)은 성충이 *Paspalum*속의 기주에 하루 1~5마리를, Brooks (1989); Drees and Jackman (1999)은 일반적인 조건에서 하루 5-6 마리의 약충을 산자한다고 하여 기주와 온도 조건에 따라 일일산자수에 차이가 있었으나 본 실험에서는 32.5°C와 15.0, 17.5°C를 제외한 온도에서 일일 평균 2-3마리의 산자를 하는 것으로 나타났다. Kazuo and Lohar (1989)는 26±2°C의 온도조건에서 실험하였는데, 성충수명이 보리에서 30.1일, 인공사료에서 8.1일, Gramine 0.01%, 0.025%, 0.05%에서 각각 6.3일, 4.0일, 3.4일을 나타냈으며, 성충 35마리의 산자수는 보리에서 71.2마리, 인공사료에서 10.2, Gramine 0.01%에서 4.4마리, 0.025%에서 2.7마리, 0.05%에서 1.2마리를 산자한 것으로 나타났다. Qureshi & Michaud (2005)는 20±1°C에서 밀 TAM 107품종의 같은 부분의 조직을 먹이로 넣어주고, 보리두갈래진딧물끼리 넣어두면, 산자수가 30.2마리, *Diuraphis noxia*와 넣어두면, 산자수가 30.1마리, *Rhopalosiphum padi*와 넣어두면, 산자수가 30.1마리를 나타냈다. 한 식물에서 다른 부분의 조직을 먹이로 주었을 경우 각각 25.7마리, 27.7마리, 27.4마리를 나타냈다. 결과적으로 산자를 생산하기 위한 최적온도는 20-25°C사이로 보이며, 같은 부분의 조직을 먹이로 준 경우가 산자수가 더 많은 것으로 보인다.

Fig. 1은 보리두갈래진딧물의 성충수명과 일일 산자수를 보여주는 것으로 사충률, 성충수명, 일일산자수 등이 온도가 높아질수록 급격히 증가하는 것을 볼 때 온도의 변화에 민감하게 반응하고 있음을 알 수 있었다.

Table 1. Adult longevity in days and fecundity of *Schizaphis graminum* at various temperatures (mean±SE)

Temperature (°C)	n	Longevity (Days)	Fecundity (No. nymphs)	No. nymphs / female / day
15.0	24	40.4±3.34 a	50.6±3.29 a	1.4±0.07 c
17.5	22	33.6±3.81 a	45.2±4.84 ab	1.5±0.12 c
20.0	22	31.2±2.51 ab	57.5±3.85 a	2.1±0.17 bc
22.5	24	23.2±2.10 bc	59.9±3.55 a	2.9±0.19 ab
25.0	27	18.7±2.10 cd	53.7±4.45 a	3.0±0.18 a
27.5	29	14.9±1.13 cd	49.4±3.30 a	3.6±0.20 a
30.0	25	10.6±0.85 d	30.8±2.85 b	3.2±0.20 a
32.5	13	9.0±0.66 d	1.8±0.27 c	0.4±0.13 d

Within column means with the same letters are not significantly different ($P > 0.05$, Tukey's studentized range test).

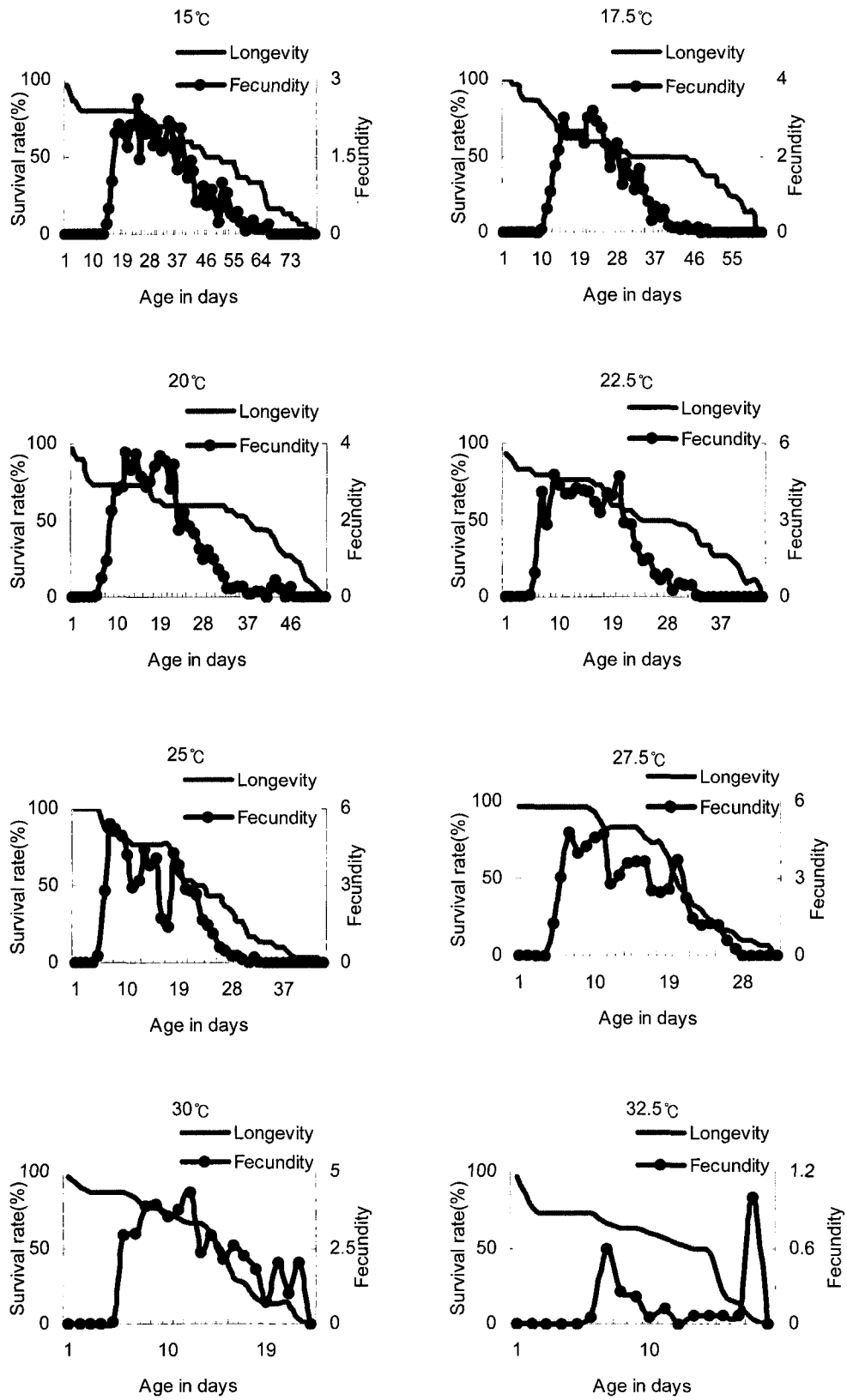


Fig. 1. Age specific survivorship (light) and age specific daily fecundity (dark) of *Schizaphis graminum* at various temperatures.

Table 2. Jackknife life table estimates of *Schizaphis graminum*

Temp. (°C)	Ro	r_m	λ	T	Dt
15.0	40.0±5.42	0.1485±0.005	1.1602	24.83	4.67
17.5	33.0±7.36	0.1853±0.016	1.2041	18.82	3.73
20.0	42.1±5.96	0.2532±0.017	1.2881	14.77	2.74
22.5	47.4±5.79	0.3276±0.018	1.3876	11.78	2.12
25.0	47.6±8.14	0.3546±0.019	1.4256	10.90	1.95
27.5	47.3±6.47	0.3850±0.025	1.4696	10.02	1.80
30.0	26.3±5.15	0.3887±0.041	1.4751	8.41	1.78
32.5	0.8±0.26	-0.0208±0.029	11.5365	-34.18	0.98

Ro; net reproductive rate (female/female), r_m ; intrinsic rate of increase (female/female/day), Dt; doubling time (day), λ ; finite rate of increase (female/female/day), T; mean generation time (day).

생명표

Table 2는 보리두갈래진딧물의 순증가율(Ro)은 22.5°C ~27.5°C의 범위에서 높다가 온도가 높아짐에 따라 급격히 감소하였으며, 내적자연증가율(r_m)은 온도가 높아짐에 따라 증가하여 30°C에서 가장 높았다(Table 2). 그러나 배수기간(Dt)은 32.5°C에서 가장 짧았고, 기간증가율(λ)도 32.5°C에서 가장 컸다. 평균세대기간(T)은 온도가 올라감에 따라 짧아졌다. 따라서 보리두갈래진딧물은 이 생명표를 토대로 하면 30°C에서 순증가율을 제외한 내적자연증가율과 기간증가율이 높고, 배수기간과 평균세대기간이 짧아 진딧물이 증식하기에 좋은 조건으로 생각하며, 20~30°C의 넓은 온도조건에서 생존과 번식이 활발한 것을 볼 수 있다.

약충의 발육실험에서 사충률은 25°C, 27.5°C에서 6.7%, 3.3%로 낮게 나타났고, 발육기간 또한 25~30°C에서 4.9~5.2일로 가장 짧게 나타나, 약충이 발육하는데 25~30°C가 적합한 온도 범위라고 생각된다. 온도와 발육률의 관계를 직선회귀에 의해 분석한 결과는 r^2 값이 0.91이상으로 나타났으며, 15~30°C까지의 발육은 직선회귀에 부합되었다. 약충기간의 발육영점온도(DT)는 6.8°C, 유효적산온도(DD)는 105.9일도였다. Schoolfield et al. (1981)와 Wagner et al. (1984)이 제시한 온도별 발육모형에 적용한 결과는 약충기간의 r^2 값이 0.99로 비선형회귀식을 이용한 발육모형이 잘 부합되었다. Weibull function을 이용하여 생리적 연령에 따른 발육완성시기를 구해보면, r^2 값이 각 발육단계별로 0.80~0.87로 각 온도별 발육시기의 누적발육률을 비교적 잘 설명하고 있다.

위의 결과를 종합해 보면, 약충의 발육과 생존은 비교적 고온에서 높게 나타나고, 성충의 수명과 산자수는 비교적

저온에서 높게 나타났지만, 전체적으로 넓은 온도범위에 잘 적응하는 것 같다. 따라서 현재 시설재배지의 진딧물 방제를 위한 천적 유지식물에 이용할 수 있는 적절한 진딧물이라 생각한다. 앞으로 유기농업 면적의 증가와 친환경 농업의 수요증가로 천적 유지식물의 필요성이 증가하고 있다. 따라서 천적 유지식물에 이용할 수 있는 진딧물에 대한 더 많은 연구가 필요하다고 생각한다.

Literature Cited

- Blackman R.L. and V.F. Eastop. 2000. Aphids on the world's crops, an identification and information guide, 2nd edition. John Wiley & Sons Ltd., England.
- Brooks, H.L. 1989. The greenbug: A pest in wheat. Kansas State Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Entomology 163.
- Conte, L. 1998. The technique of 'banker plants' for the biological control of *Aphis gossypii* on cucumber. Informate Agrario.
- Daniels, N.E. 1960. Evidence of the overwintering of the greenbug (*Toxoptera graminum*) in the Texas Panhandle. J. Econ. Entomol. 53: 454-455.
- Drees, B.M. and J. Jackman. 1999. Greenbug: Field guide to Texas insects. <http://insects.tamu.edu/fieldguide/aimg104>.
- Fischer, S. and A. Leger. 1997. Use of banker plants for biological control of aphids on cucumber in greenhouses. Revue Suisse de Viticulture, d' Arboriculture et d' Horticulture. 29: 119-126.
- Harvey, T.L. and H.L. Hackerott. 1969. Recognition of a greenbug biotype injurious to sorghum. J. Econ. Entomol. 62: 776-779.
- Kazuo K. and M. K. Lohar, 1989. Effect of gramine on the fecundity, longevity, and probing behaviour of the greenbug, *Schizaphis graminum* (Rondani), Ber. Ohara Inst. landw. Biol., Dkayama Univ. 20: 199-204.
- Kim, J.S. 2004. Bionomics of aphids on vegetable in the greenhouse. Ph. D. thesis, Chonbuk Nat'l Univ. 80 pp.
- Kim, Y.H. and J.H. Kim. 2003. Biological control of aphids on cucumber in plastic green houses using banker plants. Korea

- J. Appl. Entomol. 42: 81-84.
- Kim, Y.H., J.H. Kim, Y.W. Byeon and B.Y. Choi. 2005. Guide for use of natural enemies. NIAST. RDA. 198 pp.
- Kindler, S.D. and D.B. Hays. 1999. Susceptibility of cool-season grasses to greenbug biotypes. J. Agric. Urban Entomol. 16: 235-243.
- Lee, H.R. 1996. Studies on the preservation and utilization of useful natural enemies for conservative strategies of environment (IPM: Integrated Pests Managements). Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Chungbuk National University. 121-122 pp.
- Maia, A.H.N., A.J.B. Luiz and C. Campanhola. 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: Computational aspects. J. Econ. Entomol. 93: 511-518.
- Meyer, J.S., C.G. Igersoll, L.L. MacDonald and M.S. Boyce. 1986. Estimating uncertainty in population growth rates: Jackknife vs bootstrap techniques. Ecology 67: 1156-1166.
- Michels Jr, G.J. 1986. Gramineous North American host plants of the greenbug with notes on biotype. Southwestern Entomologist 11: 55-66.
- Minks A.K. and P. Harrewijn. 1988. Aphids; their biology, natural enemies and control. vol. C: 65-237.
- Nuessly, G.S. and R.T. Negata. 2005. Greenbug, *Schizaphis graminum* (Rondani) (Insecta: Hemiptera: Aphididae). <http://edis.ifas.ufl.edu/in634>.
- Qureshi, J.A. and J.P. Michaud. 2005. Interactions among three species of cereal aphids simultaneously infesting wheat. Journal of Insect Science. 5: 13.
- SAS Institute. 1999. SAS version 8.1 Intitute Cary, N.C.
- Saxena, P.N. and H.L. Chada. 1971. The greenbug, *Schizaphis graminum*. I. Mouthparts and feeding habits. Ann. Entomol. Soc. Am. 64: 897-904.
- Schoolfield, R.M., P.J.H. Sharpe and C.E. Magnuson. 1981. Non-linear regression of biological temperature-dependent rate models based on absolute reaction rate theory. J. Theor. Biol. 88: 719-731.
- Van Driesche, R.G. and T.S. Bellows Jr. 1995. Biological control. Chapman & Hall. 539 pp.
- Wagner, T.L., Wu, P.J.H. Sharpe, R.M. Schoolfield and R.N. Coulson. 1984. Modeling insect development rate: A literature review and application of a biophysical model. Ann. Entomol. Soc. Am. 77: 208-225.

(Received for publication December 1 2006;
accepted January 12 2007)