

오이에서 온도에 따른 목화진딧물 산자수 및 생명표

김지수* · 김태흥¹

농촌진흥청 농업과학기술원 친환경농업과, ¹전북대학교 농과대학 생물자원과학부

Temperature-dependent Fecundity and Life Table Parameters of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on Cucumber Plants

Ji-Soo Kim* and Tae-Heung Kim¹

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

¹Faculty of Biological Resources Science, College of Agriculture and Life Sciences, Chonbuk National University, Chonju, Chonbuk 561-756, Republic of Korea

ABSTRACT : Temperature-fecundity of the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover, was studied at constant temperatures ranging from 15 to 32.5°C under 60-70% RH and a photoperiod of 16:8 (L:D). A life table parameters were constructed using the results. The longevity of *A. gossypii* gradually increased with decreasing temperature below 27.5°C. Also fecundity increased with decreasing temperature and the highest fecundity was 61.8 nymphs per female at 17.5°C. However, daily fecundity increased with increasing temperatures up to 22.5°C showing 5.9 nymphs per day and thereafter decreased. Longevity and fecundity of the adult in the greenhouse with an average temperature of 21°C and 65.6% RH, were 20.0 days and 59.6, respectively, which were longer and higher than those in the growth chamber with similar conditions. net reproductive rate (R_0) was 54.9 at 17.5°C while intrinsic rate of increase (r_m) and finite rate of increase (λ) were the highest 0.5 and 1.6 at 30°C, respectively. doubling time (DT) and mean generation time (T) were the shortest 1.4 and 6.8 at 30°C indicating that optimal temperature for the development is 30°C.

KEY WORDS : *Aphis gossypii*, Fecundity, Life Table, Cucumber

초 록 : 목화진딧물(*Aphis gossypii* Glover)의 성충수명, 산자수는 15-32.5, 습도는 60-70%, 광주기는 16L:8D 조건에서 조사하였고 이를 이용하여 생명표를 작성하였다. 27.5°C를 기준으로 온도가 내려감에 따라서 수명이 길어지고 산자수가 증가하였다. 특히 17.5°C에서 산자수가 61.8마리로 가장 많았다. 이와 다르게 성충의 일일 출산 수는 22.5°C까지 온도가 올라감에 따라 증가하였고(일일평균 5.6마리) 이후 감소하였다. 온실에서 성충수명은 20.0일, 산자수는 59.6마리로 20°C의 항온조건보다 수명은 길고 산자수는 더 많았다. 목화진딧물의 생명표를 작성한 결과 순증가률(R_0)은 17.5°C에서 54.9이었고, 내적자연증가률(r_m)과 기간증가률(λ)은 30°C에서 0.5와 1.6으로 최고 값이었고, 배수기간(DT)과 평균세대기간(T)은 30°C에서 1.4와 6.8로 가장 작았다. 따라서 이들 수치를 통해 보았을 때 목화진딧물이 생활사를 완성하는데 최적 조건은 30°C라 생각한다.

검색어 : 목화진딧물, 생명표, 산자수, 오이

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

목화진딧물(*Aphis gossypii* Glover)은 열대와 아열대 및 온대지역 등 세계에 폭넓게 분포하며, 기주 범위도 넓다. 목화진딧물의 흡즙으로 인한 피해는 식물의 잎을 위축시키고, 간접적으로 그을음병을 유발하고 식물바 이러스를 매개한다. Paik(1972)은 약 45종의 진딧물을 매개한다 하였고, Eastop(1983)은 약 60여종의 바이러스를 다양한 식물에 매개한다고 하였다. 우리나라에서는 무궁화, 부용, 석류나무 등에서 수정난 상태로 월동하며 4월 상순부터 부화를 시작하여 4월 하순에서 5월 상순에 부화를 끝낸다(Shim *et al.*, 1979). 오이에 경제적피해를 줄만큼 높은 밀도에 달하는 것은 목화진딧물 뿐이다(Kim *et al.*, 1986). 최근까지 목화진딧물 방제에 살충제를 살포하였으나, 이로 인해 살충제에 저항성을 갖게 되었는데 약제와 지역에 따라서 저항성이 달라 프로펜이나 푸로치오카브에는 감수성에 비해 2.0배 이하의 낮은 저항성을 보였으나 비펜스틴에는 고창지역에서 최고 5.6배의 저항성을 보였다고 하였다(Akey and Butler 1989; Choi *et al.*, 1993). 이로 인해서 약제 방제시 감수성인 약제를 선택해야 하는 어려움과 약제 살포에 따른 포식성 천적의 감수성으로 천적자원을 잃고있다.

최근 우리나라의 농업은 친환경농법에 의한 안전농산물을 생산하기 위하여 다양한 방법들이 시도되고 있다. 그 중 진딧물의 방제를 위하여 화학적 방제방법으로는 저독성, 선택성 농약을 개발하며, 생물적방제로는 포식성 천적과 기생성 천적을 이용하는 방제(Zhi-yi, L. and Z. Wei-nian, 1982-1983; Zhi-yi, L. and G. Guo-pei, 1986), 미생물로서 세균, 진균, 바이러스를 이용하는 방제(Kim *et al.*, 2003; Yoo *et al.*, 2000) 등이 시도되고 있다. 또한 우리나라가 OECD 가입 이후 1997년 농약 사용량을 2005년까지 30% 감축하기 위한 대체방법으로 생물적방제 연구가 이루어지고 있으며(Ministry of Agriculture and Forestry, 2000), 실제로 생산현장에서 이용되기도 한다(Korean Natural Enemy Research Forum, 2004). 이들 생물적방제 중 천적을 이용한 방제에서 해충의 온도에 따른 발육, 성충수명, 산자수 등 생태적 지식을 갖추지 않았을 때 해충의 밀도 증가를 예측하기 어려워 천적투입 시기 결정이 어렵다. 이런 이유로 목화진딧물 성충의 수명, 산자수 등을 조사하였고, 이들 자료와 이미 보고된 Kim *et al.*(2004)의 약충 발육 자료를 이용하여 목화진딧물의 생명표를 작성하였다. 본 실험은 Kim(2004)이 보고한 “목화진딧물의 온도 발육과 발육모형”에 이은 두 번째 논문이다.

재료 및 방법

목화진딧물 사육

농업과학기술원 농업해충과에서 누대 사육하고 있는 목화진딧물을 이용하였고, 사육방법은 직경 7cm 높이가 7cm의 vinyl pot에 오이(*Cucumis sativus* L. 백다다기, white spine and semi white cucumber)를 파종하고, 20일이 경과하여 본엽이 1-2장 나온 오이에 목화진딧물을 접종하였다. 25°C 항온조건의 사육실에서 35 × 25 × 30cm 사육상에 5-8개의 vinyl pot를 넣어 증식하였다.

온도별 성충수명 및 산자수

목화진딧물의 성충수명과 산자수는 15, 17.5, 20, 22.5, 25, 27.5, 30, 32.5°C 등 8개 온도를 처리하였으며 습도는 65 ± 5%, 광주기는 16L:8D의 조건에서 조사하였다. 목화진딧물의 약충이 네 번째 탈피한 직후부터 죽을 때까지를 성충기간으로 설정하였다. 성충수명과 산자수는 약충 발육실험에서 성충으로 우화한 개체를 계속 조사하였다. 성충수명과 산자수는 24시간 간격으로 조사하였으며 매일 조사한 후 산자를 제거하여 중복조사를 피하도록 하였다. 동시에 성충수명 모형과 총 산자수 모형을 알아보았다. 또한 약충 발육기간, 사망률, 성충수명, 산자수 및 성비를 이용하여 진딧물의 생명표를 작성하였다. 또한 변온조건에서 성충수명, 산자수를 알아보기 위하여 2003년 10월부터 11월까지 온실에서 기르고있는 오이에 갓 낳은 1령 약충을 주당 1마리씩 10마리를 접종하여 24시간 간격으로 산자를 조사하였고, 조사 후 산자는 제거하여 중복을 피하였다. 조사기간 동안 유리온실의 평균온도는 21°C, 평균습도는 65.5%이었다.

생명표 작성

생명표는 Maia *et al.*(2000)에 따라 계산하였고, 매개변수의 추정에는 Jeckknife 방법을 이용하였고 SAS(1999)에 의해 통계처리 하였다.

결과 및 고찰

성충수명 및 산자수

목화진딧물의 성충수명 및 산자수는 온도에 큰 영

항을 받았다(Table 1, longevity $F=20.97$, $df=7$, 302 , $P=0.0001$; fecundity $F=20.43$, $df=7$, 306 , $P=0.0001$; nymphs/female/day $F=28.99$, $df=8$, 314 , $P=0.0001$) 수명은 27.5°C를 기준으로 온도가 내려감에 따라서 수명이 길어져 15°C에서 16.7일이었고, 산자수는 증가하여 17.5°C에서 산자수가 61.8마리로 가장 많았다. 이와는 다르게 성충 1마리가 일일 낳는 산자수는 22.5 까지 온도가 올라감에 따라 증가하다가(5.9마리) 이후 일정 수준을 유지하였으며, 32.5°C에서 산자수가 급격히 감소하여(1.4마리) 고온에 의한 영향을 받고 있음을 알 수 있었다. Kersting *et al.* (1999)은 목화진딧물 성충수명이 15°C에서 39.7일, 30°C에서 16.8일이며, Liu *et al.* (2000)은 백합을 이용한 목화진딧물의 성충수명이 15°C에서 27.6일, 25°C에서 8.3일이었다고 보고하였다. 위 두 연구 결과와 본 연구 결과 사이에 많은 차이를 보이고 있다. 또한 Akey and Butler (1989)는 일별 산자수가 25°C에서 2.9마리, 32.5°C에서는 1.1마리, Isely (1946)는 20°C에서 2.7마리라 하였고, Komazaki (1982)는 19.8°C에서 1.9마리라 하였으며, Kersting *et al.* (1999)은 30°C에서 4.9마리, 32.5°C에서는 2.9마리로 일일 평균약충수는 Kersting *et al.* (1999)의 결과가 본 연구 결과에 가장 근접해 있으나 차이를 다소 보였다. 본 연구 결과가 수명이 짧지만 단기간에 많은 약충을 출산하여 진딧물 1마리 당 총 산자수는 유사한 것으로 생각된다. 또한 고온인 32.5°C에서는 Kersting *et al.* (1999)과 Liu *et al.* (2000) 그리고 본 연구결과가 동일하게 약충 출산이 급격하게 적어져 이 온도에서 부의 영향을 받은 것으로 생각된다.

온실에서 성충수명과 약충수를 조사한 결과 성충수명은 20.0일, 약충수는 59.6마리였고, 이때 온실의 조

건은 21.0°C, RH 65.5%로 자연광과 변온이었는데 15°C 항온기에서 조사했을 때 보다 성충수명은 더 길었고, 약충수는 20°C의 항온 조건보다 많았다. Owusu *et al.* (1994)은 유리 온실보다 포장 상태에서 약충수가 더 많았다고 하여 목화진딧물의 경우 인위적인 항온기나, 유리온실에서 생활사보다 포장에서의 조건이 목화진딧물에 생활사를 영위하는데 더 유리할 것으로 생각한다. 각 온도에서 일별 산자수 및 생존률 곡선은 Fig. 1과 같았다.

생명표

Table 2는 목화진딧물의 온도별 생명표를 보여주고 있다. 순증가율은 온도가 상승함에 따라 감소하는 경향을 보이나 내적자연증가율과 기간증가율은 30°C에서 최고치인 0.5와 1.6이었고, 배수기간과 평균세대기간은 30°C에서 1.4와 6.8로 가장 짧았다. 따라서 목화진딧물은 30°C가 생활사를 영위하는데 최적조건이라 생각한다. Kersting *et al.* (1999)은 30°C에서 내적자연증가율이 0.4로 가장 높았고, 15°C에서 0.18로 가장 낮았으며, Liu *et al.* (2000)은 25°C에서 내적자연증가율과 기간증가율은 0.3101과 1.364이었고, 10°C에서 0.0750과 1.076이라 하여, 온도가 상승함에 따라 내적자연증가율, 기간증가율이 높아지는 것을 알 수 있었다. 본 연구결과와 같은 온도에서 내적자연증가율과 기간증가율이 다른 수치를 보였다. 이는 본 연구결과가 Kersting *et al.* (1999)의 결과보다 2.5배 짧았기 때문으로 생각된다.

본 연구와 Kim *et al.* (2004)의 결과를 통해 보았을 때 약충기간은 15°C에서 2주, 30°C에서 7일로 발육기

Table 1. Adult longevity in days and fecundity of *A. gossypii* at various temperatures (mean \pm SE)

Temp. (°C)	n	Longevity	Fecundity	Nymphs/female/day
15.0	44	16.7 \pm 1.12a*	48.8 \pm 3.45ab	3.3 \pm 0.13cd
17.5	44	16.1 \pm 1.00a	61.8 \pm 4.09a	4.2 \pm 0.12bcd
20.0	45	12.3 \pm 0.90b	55.4 \pm 3.22a	4.9 \pm 0.17ab
22.5	39	9.5 \pm 0.63bc	52.9 \pm 4.00a	5.9 \pm 0.21a
25.0	38	8.5 \pm 0.71c	37.5 \pm 3.82bc	5.7 \pm 0.39a
27.5	35	7.0 \pm 0.77c	30.1 \pm 3.26c	5.4 \pm 0.31a
30.0	38	7.9 \pm 0.60c	36.9 \pm 2.34bc	5.9 \pm 0.36a
32.5	24	7.0 \pm 0.69c	7.2 \pm 0.69d	1.4 \pm 0.21d
Greenhouse	10	20.0 \pm 2.12	59.6 \pm 5.12	3.1 \pm 0.22cd

*Within a column, means with the same letter are not significantly different ($P < 0.05$, ANOVA Tukey's studentized range test).

Table 2. Jackknife estimates of life table parameters of *A. gossypii*

Parameter	Ro*	r_m	Dt	λ	T
15.0	43.6793	0.22054	3.14306	1.24675	17.1258
17.5	54.9252	0.26681	2.59792	1.30579	15.0144
20.0	48.4581	0.34441	2.01259	1.41115	11.2678
22.5	41.8176	0.40111	1.72808	1.49348	9.30753
25.0	28.0764	0.41196	1.68257	1.50977	8.09532
27.5	22.6580	0.38962	1.77905	1.47642	8.00917
30.0	28.3338	0.49085	1.41215	1.63370	6.81283
32.5	4.5672	0.21642	3.20279	1.24162	7.01830
Greenhouse	58.4140	0.32968	2.10247	1.39053	12.3378

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

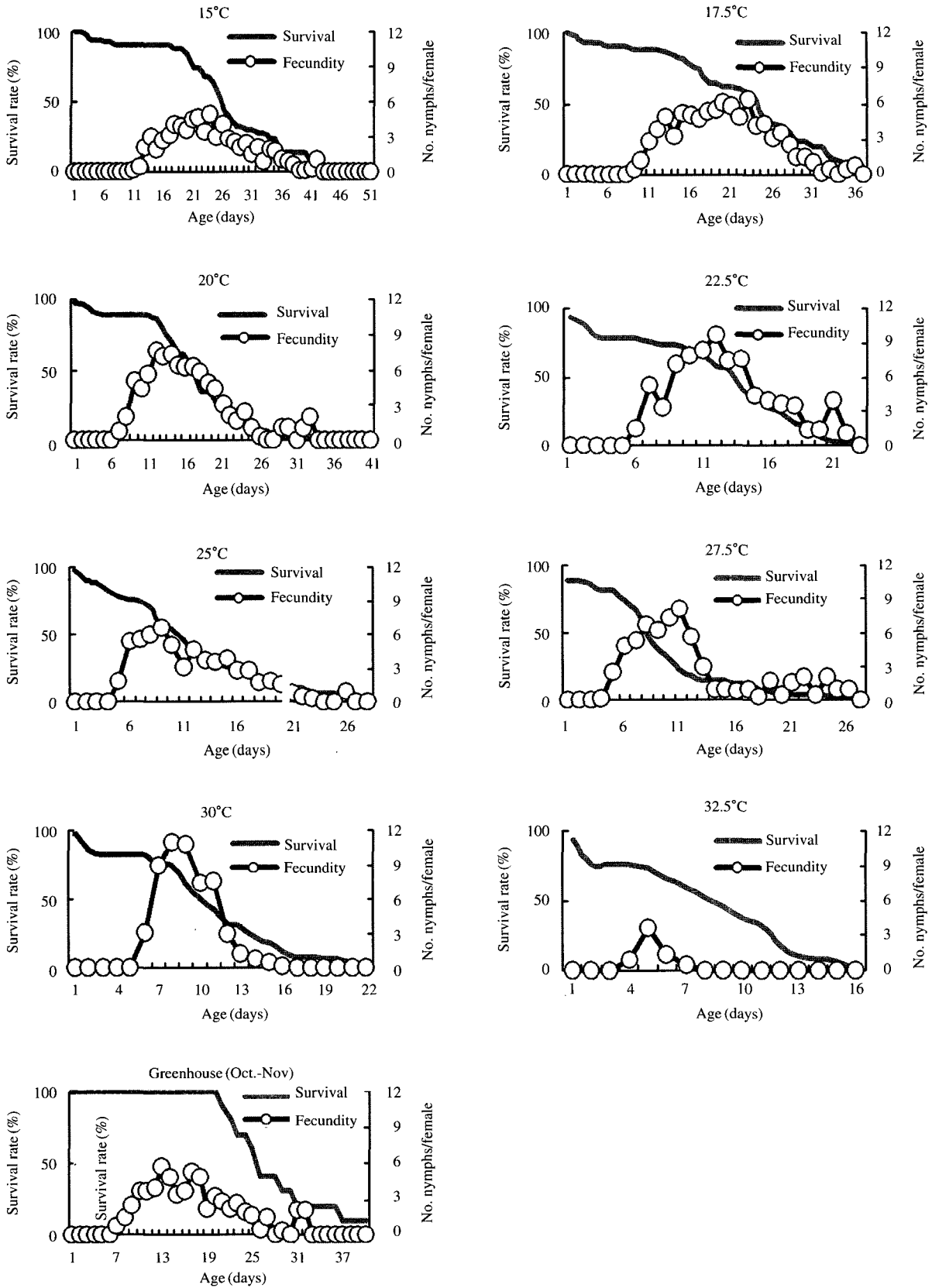


Fig. 1. Age specific survivorship (solid line) and age specific daily fecundity (solid line with circle dots) of *A. gossypii* at various temperatures and in the greenhouse.

간이 짧은 곤충이다. 또한 30°C에서 하루 평균 5.9마리를 출산하였다. 이처럼 짧은 기간에 발육이 완성되는 미소곤충은 밀도증가 또한 짧은 기간에 이루어진다. 따라서 진딧물의 발생 초기 예찰이 매우 중요하며 이와 더불어 초기 방제가 중요하다.

Literature Cited

- Akey, D.H. and G.D. Butler Jr. 1989. Developmental rates and fecundity of apterous *Aphis gossypii* on seedlings of *Gossypium hirsutum*. Southwestern Entomologist 14: 295-299.
- Choi M.Y., K.H. Lee, D.H. Kim and J.H. Park. 1993. Physiological consideration on agricultural pests and establishment of economic and safe control measure; Survey on regional differences in the degree of insecticide resistance in *Aphis gossypii* Glover. Honam Agricultural research Institute pp. 767-770.
- Eastop, V.F. 1983. The biology of the principle virus vectors. pp. 115-132. In: Plant virus epidemiology. eds by R.T. Plumb, and J.M. Thresh Oxford: Blackbell Scientific Publication.
- Isely, D. 1946. The cotton aphid. Ark. Agric. Expt. Sta. Bull. No. 462.
- Kersting, U., S. Satar and N. Uygun. 1999. Effect of temperature on development rate and fecundity of apterous *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) reared on *Gossypium nirsutum* L. J. Appl. Ent. 123: 23-27.
- Kim, J.S., Y.H. Kim, T.H. Kim, J.H. Kim, Y.W. Byeon and K.H. Kim. 2004. Temperature-dependent development and its model of the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera : Aphididae). Korean J. Appli. Entomol. 43: 111-116.
- Kim, S.G., J.D. Park, D.I. Kim, D.J. Im, K.C. Kim and Y.M. Yu. 2003. Effects of field application of *Spodoptera litura* nucleopolyhedrovirus to control *S. litura* in chrysanthemum. Korean J. Appli. Entomol. 42: 153-158.
- Kim, S.H., I.S. Kim and M.H. Lee. 1986. Aphid species and their seasonal fluctuations in vegetable crops. Korean J. Plant Prot. 25: 129-132.
- Komazaki, S. 1982. Effects of constant temperature on population growth of three aphid species, *Toxoptera citricidus* (Kirsaldy), *Aphis citricola* van der Goot and *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on citrus. Appl. Entomol. Zool. 17: 75-81.
- Korean Natural Enemy Research Forum, 2004. Consulting workshop about using of natural enemies. Korean Natural Enemy Research Forum. pp. 143.
- Liu, Y.C., M.H. Kuo and S.C. Yang. 2000. The development, fecundity and life table of *Aphis gossypii* Glover on lily. Plant Prot. Bull. 42: 1-10.
- 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.
- Ministry of Agriculture and Forestry. 2000. Five year plan for environment oriented agriculture. Ministry of Agriculture and Forestry pp. 159.
- Owusu, E.O., M. Horiike and C. Hirano. 1994. Population parameters of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) infesting cucumber. J. Horticultural Science. 69: 731-734.
- SAS Institute. 1999. SAS version 8.1 Intitute Cary, N.C.
- Shim, J.Y., J.S. Park and W.H. Paik. 1979. Studies on the life history of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera). Korean J. Pl. Prot. 18: 85-88.
- Yoo, C.S., J.J. Kim and M.H. Lee. 2000. Current developments in the use of entomopathogenic fungi for the control of insect pests in Korea. pp. 135-153. In: international symposium-Biological for crop protection. 24-25. February. 2000. Suwon, Korea.
- Zhi-yi, L. and G. Guo-pei. 1986. Population dynamics of cotton aphids on cotton during square boll stage and the relation between population age structure and parasitism. Acta Entomol. Sinica 29: 56-61.
- Zhi-yi, L. and Z. Wei-nian. 1982-1983. The fluctuation of hymenopterous of cotton aphid and the effect of insecticide application in cotton field. Contr. Shanghai Inst. Entomol. 18: 247-256.

(Received for publication 16 July 2004;
accepted 11 September 2004)