

*Orius strigicollis*의 증식 최적화 조건 탐색Determination of Optimum Conditions for Mass Rearing
of Minute Pirate Bug, *Orius strigicollis*

송정흡* · 강상훈 · 강애숙 · 이광석 · 한원탁

Jeong-Heub Song*, Sang-Hoon Kang, Ae-Sook Kang,
Kwang-Seok Lee and Weon-Tak Han

Abstract – *Orius strigicollis* Poppius is an indigenous natural enemy of thrips pests in Korea. To develop an efficient mass rearing system for *O. strigicollis*, effects of hatchability, egg numbers and egg harvesting time of *O. strigicollis* were measured in cylindrical cage (251 cm³) under the conditions of photoperiod 16L : 8D, 55 ± 10% RH and 25 ± 2°C. The hatchability and developmental period of eggs were 88.5% and 5.7 days, respectively. The highest emergence rate (50.8%) was achieved when the number of eggs laid was ranged from 50 to 100 per arena. The proper harvesting time of newly produced adults was 17 days postoviposition. Relationship between the number of resulting adults per female and the number of female adults per arena was $Y = -10.797 \ln(X) + 44.659$ ($R^2 = 0.7619$). The generation time (T), the net reproductive rate (R_0) and the intrinsic rate of natural increase (r_m) were 26.5 days, 6.18 and 0.0687, respectively.

Key Words – Oviposition, Emergence, Generation time, Net reproductive rate, Intrinsic rate of natural increase

초 록 – 총채벌레류의 토착천적인 *Orius strigicollis* Poppius의 사육에 영향을 주는 부화율, 산란수 및 산란시기, 사육용기당 암컷 성충의 밀도와 내적자연증가율을 광주기 16L : 8D, 상대습도 55 ± 10%, 온도 25 ± 2°C의 사육조건에서 조사하였다. 부화율과 알기간은 각각 88.5%, 5.7일이었다. 사육용기당 산란수는 50-100개일 때에 우화율이 50.8%로 가장 좋았고, 새로 얻은 성충의 회수시기는 산란 후 17일이 적당하였다. 사육용기당 암컷 성충의 밀도와 새로 얻은 성충의 수와의 관계는 $Y = -10.797 \ln(X) + 44.659$ ($R^2 = 0.7619$)와 같았다. 사육실에서 대량으로 사육하는 경우 일세대 평균기간(T), 순번식율(R_0)과 내적자연증가율(r_m)은 각각 26.5일, 6.18과 0.0687이었다.

검색어 – 산란, 우화, 일세대평균기간, 순번식율, 내적자연증가율

제주에서 외래해충인 꽃노랑총채벌레와 오이총채벌레가 각각 1993년 9월과 11월에 하우스감귤과 하우스파리고추에서 처음 발견된(Ahn *et al.*, 1994; Woo *et al.*, 1994) 이후, 감자, 오이, 고추, 거베라, 국화, 장미와 하우스감귤 등 원예작물에 발생하여 피해를 주고 있다. 이들 총채벌레의 천적으로는 애꽃노린재속

(*Orius*), 포식성 총채벌레인 *Aeolothrips*속, 포식성 응애인 *Amblyseius*속, 기생봉인 *Ceraniscus*속 등이 알려져 있다(Loomans and van Lenteren, 1995). 이 중 애꽃노린재속은 농작물에 발생하는 총채벌레, 진딧물, 응애류, 나방류의 알 및 어린유충 등을 잡아먹는 광식성 천적으로 전세계에 약 70여종이 분포하며

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

제주도농업기술원 농업환경과(Agricultural Environment Division, Jeju-do Agricultural Research and Extension Service, Jeju 690-170, Republic of Korea)

(Malais and Ravensberg, 1992; Nagai, 1997), 국내에는 *Orius sauteri* Poppius, *Orius strigicollis* Poppius, *Orius minutus* Linnaeus, *Orius nagaii* sp. nov. 4종이 분포하고 있다(Lee et al., 1995; Song et al., 1997). *O. strigicollis*는 온대성 애꽃노린재로써 생식휴면 한계 일장이 다른 애꽃노린재류에 비해 짧아 시설재배에서의 이용이 유리한 것으로 알려져 있다. 애꽃노린재속에 대한 연구는 Lee et al. (1992, 1996), Kim et al. (1997, 1999), Song et al. (1997, 1998) 등 별로 많지 않은 실정이다. 외국에서는 애꽃노린재를 총채벌레의 생물적 방제수단으로 대량사육기술을 개발하여 상업적으로 판매되고 있다(Malais and Ravensberg, 1992).

최근 들어 농산물 안전성에 대한 소비자의 욕구가 증가하고 있으며, 농업인들도 이에 부응하여 친환경농산물(저농약, 무농약, 유기재배 등)을 생산하기 위해 노력하고 있다. 그러나 하우스 작물에서 총채벌레가 발생하게 되면 그 발육특성으로 인해 급속히 밀도가 증가하기 때문에 농약에 의한 방제법 이외에는 다른 방제법을 이용하기가 힘든 상황이다. 이에 따라 하우스 작물에서 총채벌레에 의한 피해를 줄이기 위해 애꽃노린재류를 이용한 방제방법의 개발이 요구되어지고 있다.

본 연구는 제주도농업기술원에서 1996년부터 누대사육하고 있는 *O. strigicollis*에 대해 대량사육의 효율성을 높이기 위한 기초자료를 얻고자 사육실 조건에서의 산란 및 발육특성, 사육용기당 적정사육마리수, 내적자연증가율을 조사하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

실험곤충 및 사육방법

제주도농업기술원에서 줄알락명나방 *Cadra cautella* (Walker)의 알을 이용하여 누대사육하고 있는 *O. strigicollis*를 실험곤충으로 이용하였다. 사육용기는 *O. strigicollis*의 약충과 성충 모두 자체 제작한 직경 8 cm, 높이 5 cm의 원통형 아크릴용기(251 cm³)를 이용하였다. 사육용기의 아랫면과 양측면 및 두께 중앙에 각각 지름 6 mm 1개, 지름 20 mm 2개의 환기구멍을 만들고 미세망(150 mesh)을 붙여 통기가 잘 되도록 하여 과습을 방지하였다. 줄알락명나방 알의 공급은 종이테이프(3×0.8 cm)에 약 1,000개의 알을 붙이고 사육용기에 넣어 주었으며, 2~3일마다 알이 부착된 새로운 테이프를 공급하였다. 또한, 테이프에 *O. strigicollis* 약충이 붙는 것을 방지

하기 위하여 소나무 화분을 테이프에 붙여 주었다. 사육조건은 광주기 16L:8D, 상대습도 55±10%, 온도 25±2°C로 하였다. 애꽃노린재류는 알을 식물체의 조직 내에 산란하기 때문에 산란기주로 석결명 *Cassia occidentalis* L.을 이용하였는데, 플라스틱 petri dish (지름 35 mm, 높이 10 mm)에 솜을 넣고 그 위에 종자를 3개 파종하여 5일 정도 키운 후(길이 2~3 cm) 사용하였다. 사육용기당 성충 80마리를 넣고 2~3일 간격으로 산란식물과 먹이를 교체하여 주었으며, 교체한 산란식물은 다른 사육용기에 넣은 후 성충이 될 때까지 사용하였다. 그리고, 사육용기에는 동족포식을 막기 위하여 망사를 둥글게 잘라(지름 7 cm) 3개씩 넣어 주었는데, 이는 *O. strigicollis*가 서로 만날 수 있는 기회를 줄여주는 효과가 있다.

사육 최적조건 탐색

사육조건 탐색을 위하여 알의 부화율 및 발육기간을 2일동안 산란한 사육용기를 임의로 9개 선택하여 산란후 매일 동일한 시간에 부화수를 현미경 하에서 조사하였다. 부화수 조사시 알의 뚜껑이 열려있는 것은 부화된 것으로 간주하였다.

사육용기당 산란수에 따른 성충확보수를 조사하기 위해 사육용기당 성충수를 달리해서 2일간 산란시키고, 산란수를 50~100, 101~150, 151~300의 3단계로 나누어 산란후 경과일수별 우화수, 우화기간 및 우화율을 조사하였다.

우화직후의 *O. strigicollis* 성충 80마리를 사육하고 있는 용기를 임의로 4개 추출하여 사육용기당 성충 50%가 죽을 때까지 2일 간격으로 산란식물을 교체하면서 성충까지 사육하여 새로 얻어지는 성충수 및 알에서 성충까지의 발육기간을 조사하였다.

사육용기당 성충의 적정 사육밀도를 조사하기 위하여 사육용기당 우화 직후의 성충을 30, 50, 70, 90마리의 4단계로 넣고 2일 간격으로 산란식물을 교체하면서 시기별 우화 성충수를 조사하였으며, 죽은 성충은 암, 수를 구분하여 조사한 후 암컷 성충당 얻어진 성충수를 구했다.

생명표와 개체군 성장률을 계산하기 위하여 임의로 24시간 이내에 우화한 암컷과 수컷 성충을 각각 5마리씩 사육용기에 넣고 2일 간격으로 산란식물을 교체하면서 알수와 죽은 성충수를 5반복으로 조사하였다.

자료분석

알의 부화율, 우화기간, 우화율, 우화수 등은 PROC GLM의 DUNCAN 다중비교를 이용하여 차이여부를 판단하였고, 사육용기당 암컷 성충과 새로 얻은

성충의 관계는 단순선형상관(PROC REG)과 상관계수(PROC CORR)를 분석하였다(SAS Institute, 1995).

*O. strigicollis*의 일세대평균기간(T), 순번식율(R_0)은 다음과 같은 식에서 구했다.

$$T = \frac{\sum_{x=0}^{\infty} (x l_x m_x)}{\sum_{x=0}^{\infty} (l_x m_x)}$$

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} (l_x m_x)$$

여기서 l_x 는 해당시기에서의 암컷 생존수, m_x 는 암컷 성충당 암컷 알수이다. 내적자연증가율(r_m)은 개체군이 무제한적인 환경에서 자라고 있고, 나이 구조가 안정되었을 때 나타내는 instantaneous growth coefficient로써 이를 다음의 공식을 이용하여 산출하였다.

$$\int_0^{\infty} l_x m_x e^{-r_m x} dx = 1$$

이 식을 r_m 에 대해 계산하기 위해서는 개체들의 발육속도가 평균 주위에 정규분포되어 있다고 가정한다. 위의 식은

$$\sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x e^{-r_m x} = 1$$

에 가까우며, 이 식을 이용하여 r_m 을 계산하였다(Southwood, 1978).

결과 및 고찰

대량사육시 *O. strigicollis*의 산란후 시기별 부화율 및 발육기간은 Table 1과 같았다. 부화는 산란후

4일째부터 시작되었으며, 5~6일 이틀동안의 부화수가 전체 부화수의 82.5%였다. 그리고, 전체 부화율과 부화기간은 각각 88.5%, 5.7일이었다. 이는 Kim et al. (1999)이 25°C에서 부화율과 부화기간이 각각 80.0%, 6.1일이라고 보고한 것과 비슷하였다.

사육용기당 산란수를 달리한 경우 우화일수별로 얻어진 *O. strigicollis* 성충의 수는 Table 2와 같다. 산란후 가장 많이 우화된 시기는 산란수가 50~100에서는 16일이었다고, 101~150, 151~300에서 모두 15일이었다. 우화기간은 산란수에 관계없이 16일 내외가 소요되었으며, 우화율은 산란수가 많을수록 낮아지는 경향이였다. 이는 *O. strigicollis*가 석결명의 줄기에 집중적으로 산란하기 때문에 산란수가 많을 경우 부화한 유충간의 동족포식이 심하게 일어난 것으로 생각된다. 산란후 15일부터 17일까지의 우화율은 산란수가 50~100, 101~150, 151~300에서 각각 88.6, 80.9, 85.6%이었으며, 우화가 가장 많았던 시기와 그 비율은 산란수 50~100, 101~150, 151~300에서 각각 18일, 37.0%, 17일, 36.1%, 17일, 43%였다. 따라서 실내 누대사육시 성충회수시기는 산란한 후 17일이 가장 좋은 것으로 판단되며, 산란수는 사육용기당 100개 내외가 좋을 것으로 판단된다.

사육용기당 성충 50%가 죽을 때까지 2일 간격으로 산란식물을 교체했을 때 우화한 성충수는 Table 3과 같았다. 사육용기당 성비는 대략 1:1수준이었으며, 용기당 성충의 50%가 죽은 시기는 우화후 17일이었다. 산란은 우화 3일째부터 시작되었으나, 그 수는 용기당 0~7개로 매우 적었다. 새로 나온 성충의 시기별 산란수 점유비율을 보면, 우화 11일째가 18.4%로 가장 높았으며, 5일부터 17일까지는 11.9~16.7%로 비슷하였다. 새로 얻은 성충은 사육 용기당 240~356마리를 얻을 수 있었으며, 평균은 285.3

Table 1. Egg laying distribution, hatchability and egg developmental period of *O. strigicollis* in a cage (251 cm³)

Mean no. eggs	Percentage of hatched eggs by different days after egg laying					Hatchability (%)	Egg developmental period (Days)
	4 day	5	6	7	8		
51	1.2c ^a	41.4a	41.1a	15.3b	1.1c	88.5±9.9	5.7±0.3

^aMeans followed by the same letter within a row are not significantly different at $P=0.05$ (Duncan's multiple range test).

Table 2. Influence of egg density on the emergency and developmental periods of *O. strigicollis* in a cage (251 cm³)

Range of egg density	Mean no. eggs laid	n	No. of adult emergence after day of egg laying					Adult to emergence	
			15 day	16	17	18	Total	Period (Days)	Rate ^c
57~80	66.0c ^a	4	9.8a (7~12) ^b	12.3a (8~17)	7.3a (4~10)	3.8a (1~5)	33.2b (28~38)	16.2a	50.8a
113~130	123.4b	7	17.6ab (2~28)	14.0a (9~19)	7.9a (4~15)	9.3a (4~13)	48.8a (31~61)	16.2a	39.5ab
157~271	204.3a	4	24.8a (12~30)	16.3a (12~24)	8.3a (5~10)	8.3a (5~12)	57.7a (46~62)	16.0a	30.1b

^aMeans followed by the same letter in a column are not significantly different ($P=0.05$; Duncan's multiple range test).

^bThe values in the parenthesis are minimum and maximum, respectively.

^cSurvival rate from egg to emergence.

Table 3. Emergence rate of *O. strigicollis* from eggs laid by different days till 50% of adult death in a cage (251 cm³)

Mean no. introduced adults (A)	Emergence rate of <i>O. strigicollis</i> from eggs laying at different days ^a								Mean no. emergence (B)	Increase times (B/A)
	3 day	5	7	9	11	13	15	17		
80 (67-100) ^c	0.4b ^b	11.9ab	10.2ab	12.9ab	18.4a	16.7ab	13.2ab	16.3ab	285.3 (240-356)	3.6±0.9 (2.8-4.9)

^a Eggs were collected till 50% of adult death occurred in a cage.

^b Means followed by the same letter are not significantly different at $P=0.05$ (Duncan's multiple range test).

^c The values in the parenthesis are minimum and maximum, respectively.

Table 4. Life and fertility table for *O. strigicollis*

	Days after emergence (x)																	
	16 ^a	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	
lx^b	39	34	33	33	30	26	23	21	16	12	10	6	8	8	2	1	0	
mx^c	0	0.6	3.5	3.2	3.1	1.4	2.4	2.2	1.9	3.2	2.4	1.8	3.7	1.5	2.2	1.0	0	

^a Mean emergence day of female adult was 16 days after hatching.

^b Survival percentage of female adult

^c Number of laid female egg per female, percentage of female egg was assumed 50%

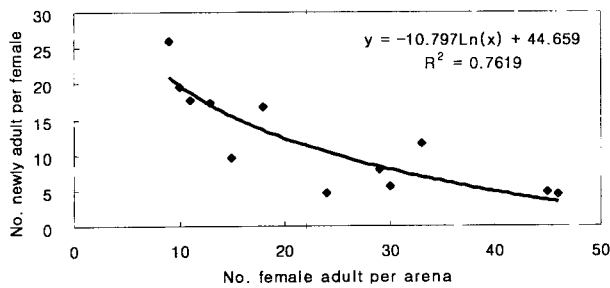


Fig. 1. Relationship between number of resulting adults per female and introduced numbers of female *O. strigicollis* per arena.

마리로 증식배율은 3.6 (2.8~4.9)배였다.

사육용기당 암컷 성충의 밀도에 따른 암컷당 새로 얻은 성충의 관계는 Fig. 1과 같았다. 사육용기당 암컷 성충수는 9~46마리였고, 산란기간은 14~35일, 평균 암컷비율은 48.8%였다. 사육 용기당 암컷 성충의 밀도가 증가할수록 새로 우화된 성충수가 낮아지는 경향을 보였는데, 그 회귀식은 $Y = -10.797 \ln(X) + 44.659$ ($R^2 = 0.7619$, $P > 0.0002$), 상관계수(r)는 -0.8729 ($P = 0.0002$)로 상관정도가 매우 높았다. 사육 용기당 암컷 성충이 적을수록 좋은 것으로 나타났지만, 사육용기당 암컷 성충수가 적으면 사육관리작업에 드는 시간과 사육시설이 늘어나게 된다. 사육용기당 암컷 성충의 밀도가 10, 25와 35마리일 때 성충 및 약충 사육에 필요한 사육용기 및 새로 얻은 성충수는 각각 850, 19.8, 340, 9.9와 243개, 6.3마리였다. 따라서 사육능률을 감안하면 사육용기당 암컷 성충수는 25개가 적당할 것으로 판단되었으

며, 성비를 1:1로 가정했을 때 사육용기당 50마리 내외로 사육하는 것이 가장 좋을 것으로 생각된다.

알에서 우화할 때까지의 생존율은 36.1%였으며, *O. strigicollis* 암컷 성충의 시기별 생존율 및 산란수는 Table 4와 같았다. 암컷 성충의 평균생존일수는 17.3일, 평균산란수는 68.1개였고, 우화후 생존일수가 가장 길었던 개체는 35일간 살아있었다. 분석한 결과 일세대 평균기간(T)은 26.5일, 순번식율(R_0)은 6.18, 내적자연증가율(r_m)은 암컷당 0.0687이었다. 이는 Nagai (1993)가 가지 잎을 이용하여 암수 1쌍씩 방사하여 오이총채벌레 유충을 갖고 시험한 성적보다 일세대 평균기간은 2.7일이 더 긴 것으로 나타났다. 이는 애꽃노린재의 종 및 먹이가 달라 성충수명 및 산란수에서 차이(Salas-Aguilar and Ehler, 1977)가 나타난 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 광조건 16L:8D, 상대습도 $55 \pm 10\%$, 온도 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 조건의 사육실에서 *O. strigicollis*를 대량으로 사육하는 경우 알의 부화는 산란 후 5~6일째에 가장 많이 되었다. 사육용기당 적정 산란수는 50~100개였으며, 새로 얻은 성충의 회수시기는 산란 후 17일이 가장 알맞은 것으로 조사되었다. *O. strigicollis*의 산란은 우화후 3일부터 시작하였으며, 17일까지 산란시키는 것이 효율적이라 판단되었다. 그리고, 사육용기당 암컷 성충의 밀도는 증가할수록 우화한 성충수가 낮아지는 경향을 보였기 때문에 사육용기당 적정 성충밀도는 50마리인 것으로 판단되었다. 본 시험에서 얻어진 결과들을 이용하면서 보완한다면 애꽃노린재류의 대량사육체계를 조기에 구축할 수 있을 것으로 기대된다.

Literature Cited

- Ahn, S.B., M.J. Han, J.Y. Choi and K.M. Choi. 1994. First record of *Thrips palmi* and its geographical distributions in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 33: 127~128.
- Kim J.H., M.W. Han, G.H. Lee, Y.H. Kim, J.O. Lee and C.J. In. 1997. Development and oviposition of *Orius strigicollis* (Poppus) (Hemiptera : Anthocoridae) reared on three different insect preys. Korean J. Appl. Entomol. 36: 166~171.
- Kim, J.H., Y.H. Kim, M.W. Han, G.S. Lee and J.O. Lee. 1999. Effect of temperature on the development and oviposition of minute pirate bug, *Orius strigicollis* (Hemiptera : Anthocoridae). Korean J. Appl. Entomol. 38: 29~33.
- Lee, G.H., M.Y. Choi, D.H. Kim, H.M. Park. 1996. Predatory characteristics of *Orius sauteri* on two prey species of *Myzus persicae* and *Tetranychus urticae*. RDA. J. Agri. Sci. (C.P.) 38: 501~506.
- Lee, S.H., J.Y. Choi, J.O. Lee and S.H. Kang. 1995. Survey on the natural enemies of *Thrips Palmi* Karny. Annual Research Report of NIAST (Dept. of Crop Protection): 517~521.
- Lee, G.H., D.H. Kim, J.H. Park, D.S. Park and J.D. So. 1992. Ecological characteristics of predator, *Orius sauteri* Poppus (Hemiptera : Anthocoridae). RDA J. Agri. Sci. (C.P.) 34: 68~72.
- Loomans A.J. and J.C. van Lenteren. 1995. Biological control of thrips pests : A review on thrips parasitoids. Biological control of thrips pests. Wageningen Agri. Univ. papers 95-1: 92~193.
- Malais, M. and W.J. Ravensberg. 1992. The biology of glass-house pest and their natural enemies. Koppert. pp. 45~48.
- Nagai, K. 1993. Studies on integrated pest management of *Thrips palmi* Karny. The special bulletin of the Okayama Prefectural Agricultural Experiment Station 82: 12~14.
- Nagai, K. 1997. Rearing of *Orius* spp. Plant Protection 51: 17~20.
- Salas-Aguilar, J. and L.E. Ehler. 1977. Feeding habits of *Orius tristicolor*. Ann. Entomol. Soc. Am. 70: 60~62.
- SAS Institute. 1995. The SAS System for Window. Release 6.11. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Song, J.H., S.H. Kang, S.Y. Hong, S.E. Lim and S.K. Jeong. 1998. Effects of *Orius* spp. on suppression of thrips density in a greenhouse eggplant. RDA. J. Crop Prot. 40: 71~75.
- Song, J.H., J.S.O, S.H. Kang, S.E. Lim, S.W. Hyun and S.K. Jeong. 1997. The collection of *Orius* spp. and their characteristic occurrence in an open-field of eggplant in Cheju. RDA. J. Crop Prot. 39: 43~47.
- Southwood, T.R.E. 1978. Ecological methods. 2nd ed. Chapman and Hall. London pp. 285~291.
- Woo, K.S., S.B. Ahn, S.H. Lee and H.M. Kweon. 1994. First record of *Frankliniella occidentalis* and its geographical distributions in Korea. Korean J. Appl. Entomol. 33: 127.

(Received for publication 4 December 2000; accepted 16 April 2001)