

한국의 멸종위기종인 꼬마잠자리 (*Nannophya pygmaea* Rambur: 잠자리과, 잠자리목) 유충의 성장률

김동건 · 윤태중¹ · 오치경² · 김재근³ · 이은희⁴ · 배연재*

(고려대학교 생명과학대학, ¹고려대학교 한국곤충연구소, ²구례군 농업기술센터, ³서울대학교 생물교육과, ⁴서울여자대학교 환경생명과학부)

Laval Growth Rate of *Nannophya pygmaea* (Odonata: Libellulidae), an Endangered Dragonfly in Korea. Kim, Dong Gun, Tae Joong Yoon¹, Chi Gyeong Oh², Jae Geun Kim³, Eun-Heui Lee⁴ and Yeon Jae Bae* (College of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, Seoul 136-701, Korea; ¹Korean Entomological Institute, Korea University, Seoul 136-701, Korea; ²Gurye Rural Development and Technology Center, Gurye 504-805, Korea; ³Department of Biology Education, Seoul National University, Seoul 151-748, Korea; ⁴Faculty of Environment and Life Science, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea)

Larval development of *Nannophya pygmaea* Rambur (Libellulidae), an endangered dragonfly in Korea, was studied using an introduced larval population in an artificial wetland habitat. Artificial habitat was created in a green house which imitated a small wetland in Boryeong-si, Chungcheongnam-do, Korea, where *N. pygmaea* inhabited. A total of 300 *N. pygmaea* larvae were introduced to the artificial habitat in June 2007. Larvae were recaptured five times between June 2007 and November 2008 for measurement of body length. As a result, the initial and recaptured populations (Recaptured I, II, III, IV, and V populations, respectively) contained two body size groups [initial 6.20 ± 0.34 mm and 7.94 ± 0.46 mm (mean \pm SD); Recaptured I 2.84 ± 0.43 mm and 5.16 ± 0.83 mm; Recaptured II 5.96 ± 0.66 mm and 8.02 ± 0.35 mm; Recaptured III 5.97 ± 0.73 mm and 7.82 ± 0.37 mm; Recaptured IV 7.04 ± 0.93 mm and 8.52 ± 0.39 mm; Recaptured V 5.72 ± 0.60 mm and 7.71 ± 0.30 mm]. Our rearing experiment evidenced that the recaptured I-V populations are the offspring of the initial population and the offspring grew approximately 3 mm at 470 degree days. It was also estimated that *N. pygmaea* larvae need approximately 100 degree days to grow 0.7 mm in body length.

Key words : *Nannophya pygmaea*, endangered dragonfly, larval growth, degree days, artificial habitat, rearing experiment

서 론

꼬마잠자리 (*Nannophya pygmaea* Rambur)는 동남아시아와 중국 중남부 및 일본의 남부 등 열대 및 아열대

지역에 분포하는 종으로서 한국에 서식하는 꼬마잠자리는 이 종의 북방 한계에 속하기 때문에 생물지리학적으로 중요한 의미를 지닌다 (Ishida *et al.*, 1988; 배 등, 1999).

꼬마잠자리는 1957년 최초로 국내에 보고된 이후 산지 습지와 같은 매우 제한된 자연 서식처에서만 발견되

* Corresponding author: Tel: 02) 3290-3408, Fax: 02) 3290-3623, E-mail: yjbae@korea.ac.kr

는 희귀종이었으나, 현재는 농업 정책의 변화로 인한 대체 서식처로서 산간 지역의 목논이 증가함에 따라 국내 개체군의 분포 지역과 밀도가 일부 증가하는 추세에 있다. 그러나 산지 습지와 목논은 서식처로서의 안정성이 떨어지고 육지화가 급속히 진행되기 때문에 그 출현 지역이 제한되어 있다(배 등, 1999).

꼬마잠자리는 희귀할 뿐만 아니라 성충은 몸길이가 15~18 mm 정도로서 잠자리 중에서는 가장 작다. 아울러 몸과 날개의 무늬가 특이하여 심미적 가치가 있으므로 습지보전의 깃대종으로서 활용되고 있다. 그러나 이 종의 개체군 밀도와 분포가 매우 제한적이어서 생활사를 비롯한 일반적 생태자료가 부족한 실정이다. 지금까지 꼬마잠자리 성충의 행동학적 연구와 서식처의 형태 및 분포에 대한 연구가 일부 이루어져 왔다(Kazuyuki *et al.*, 1978; Tsubaki, 1985; Tsubaki and Ono, 1987; 김, 1997a, b; 배 등, 1999). 최근에 꼬마잠자리 알의 부화에 미치는 온도 영향에 대한 보고가 있으나(김 등, 2006), 유충의 생태나 발육에 대한 연구는 실험실 내에서의 사육이나 서식지 내에서의 관찰이 모두 용이하지 않기 때문에 이와 관련된 연구가 거의 이루어지지 않았다.

본 연구는 인공적으로 조성된 서식처에서 꼬마잠자리 유충의 발육과 온도와의 관계를 규명함으로써 멸종위기종인 꼬마잠자리의 인공증식 및 서식처 내 보존에 있어서 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

본 실험에 사용된 꼬마잠자리의 유충은 2007년 6월 충청남도 보령시의 한 산지 습지에서 채집하였다. 꼬마잠자리 유충이 실험실 내에서 사육하기가 용이하지 않은 점을 고려하여 야외에 비닐하우스(8×20 m)를 설치하고 그 안에 인공서식처를 조성하였다. 인공서식처는 크게 3개의 콘크리트 수조(300×400 cm)로 조성하였다. 각각의 수조에는 꼬마잠자리 야외서식처와 유사한 환경을 조성하기 위하여 수심을 약 5 cm로 유지하였으며, 토양은 오염되지 않은 마사토를 10 cm 깊이로 포설한 후 안정화시켰다. 각 수조에는 야외서식처에서 우점종으로 나타나는 골풀(*Juncus effusus*)과 고마리(*Persicaria thunbergii*)를 옮겨와 세척한 후에 50~60 cm 간격으로 식재하였다. 인공서식처는 다른 곤충의 유입을 방지하기 위하여 천정에는 비닐로, 측면에는 나일론 망(망목 1 mm)을 설치하였다. 먹이는 수조에 자연적으로 발생한 물벼룩(*Daphnia* sp.), 갈다구(*Chironomidae* sp.) 등 미소 부착동물이 풍

부하게 출현하였으므로 달리 먹이를 제공하지 않았다. 수온은 1시간 단위로 모니터링하였다(Model: Optic Stow-Away[®]Temp, USA). 인공서식처의 조성 후 약 7일간 안정화 기간을 거친 후 각 수조에 100개체씩 총 300개체의 처음 개체군의 유충을 이식하였다(2007년 6월 13일). 처음 개체군의 이식 시 무작위로 37개체를 선택하여 체장을 측정하였다. 이식 후 총 5회에 걸쳐 재포획을 실시하였으며(2007년 8월 24일, 10월 31일, 2008년 3월 27일, 5월 23일, 11월 4일), 각각 31, 215, 66, 192, 96개체를 재포획하여(재포획 I~V 개체군) 체장을 측정 후 인공서식처에 다시 재이식하였다. 체장은 현장에서 접사용 디지털 카메라(Nikon D200)로 유충과 1 mm 눈금의 스케일바를 같이 찍은 후 컴퓨터 이미지 분석프로그램(Motic Images Plus 2.0 ML)을 이용하여 산출하였다. 인공수조 간의 유충의 성장율은 서로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으므로(ANOVA, $p > 0.05$), 전체 개체군을 통합하여 성장율을 산출하였다.

수온은 Rectangle 방법을 사용하여 온일도로 변환하였으며, 식은 다음과 같다(Lee *et al.*, 1999).

$$\text{Rectangle DD} = (T_{\max} + T_{\min}) / 2 - T_b \quad (1)$$

T_{\max} 와 T_{\min} 은 일일 최고 온도 및 최저 온도를 나타내며, T_b 는 최저 발육임계온도로서 김 등(2006)의 자료(14.3°C)를 이용하였다

유충의 성장률(GRL)은 체장과 누적온일도를 이용하여 다음의 식에 따라 추정하였다(식 (2)).

$$GRL = \left(\sum_{i=1}^n (FP_i - PP_i) / CDD \right) / n \quad (2)$$

여기에서 GRL (Growth rate of larva)는 유충 성장률을 나타내며, CDD (Cumulative degree days)는 실험기간 동안의 온일도의 합이며, FP_i (Following population)는 비교 대상 개체군(재포획 개체군 I과 II 및 III과 IV)에서 시기적으로 이후의 재포획 개체군, 즉 재포획 II와 IV 개체군의 i 번째 cohort의 체장 평균이며, PP_i (Preceding population)는 시기적으로 이전의 재포획 개체군, 즉 재포획 I과 III 개체군의 i 번째 cohort의 체장 평균을 나타낸다. n 은 각각의 재포획 개체군의 cohort 수를 나타낸다. 각 개체군에서 cohort의 구분은 Cassie의 방법에 따라 체장의 길이로 나누었다(Cassie, 1954).

결과 및 고찰

실험기간 동안 수조의 최고 수온은 35.5°C, 최저 수온

은 0.4°C였으며 평균 17.9±8.2°C를 나타냈다(Fig. 1).

수조에 이식된 처음 개체군의 체장은 7.14±0.96 mm (mean±SD)였으나 체장의 분포에 따라 2개의 cohort로 나뉘어 졌다(Fig. 2). 종령 유충이 포함된 cohort의 체장은 7.94±0.46 mm이며, 다른 cohort는 6.20±0.34 mm였다. 5차례 재포획의 결과 모두 2개의 cohort로 나뉘어졌으며, 재포획 I과 V 개체군의 경우 이식 개체군과 재포획 IV 개체군보다 각각 작은 개체군이 출현하여, 처음 개체군의 성충이 산란하여 부화한 세대인 F₁ 세대와 F₁ 세대가 산란하여 부화한 F₂ 세대인 것으로 추정된다. 재포획

I 개체군의 2개의 cohort는 각각 평균체장이 2.84±0.43 mm와, 5.16±0.83 mm였다. 재포획 II 개체군의 2개의 cohort는 각각 평균체장이 5.96±0.66 mm와 8.02±0.35 mm로 나타나 재포획 I 개체군보다 평균적으로 각 group 간에 약 3 mm 정도가 성장한 것으로 나타났다(Fig. 2). 재포획 III 개체군의 평균체장은 6.67±1.10 mm였으며, 각 cohort의 체장도 5.97±0.73 mm와 7.82±0.37 mm로 나타나 재포획 II 개체군과 차이를 나타내지 않았다. 이러한 결과는 재포획 사이 기간의 수온이 발육임계온도보다 낮아, 유충의 성장에 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다. 재포획 IV 개체군의 경우 평균체장은 7.73±1.04 mm였으며, 각 cohort의 체장도 7.04±0.93 mm와 8.52±0.39 mm로 나타나, 재포획 III 개체군과 재포획 IV 개체군을 비교할 때 각각의 cohort가 약 2.5 mm 정도 성장한 것으로 나타났다(Fig. 2). 재포획 V 개체군의 평균 체장은 6.62±1.11 mm였으며, 각 cohort의 체장은 5.72±0.60 mm와 7.71±0.30 mm로 재포획 IV 개체군보다 작은 개체군이 나타나 F₂ 개체군인 것으로 추정된다.

자연서식처에서의 수온 변화는 11월 초순부터 발육임계온도인 14.3°C 이하로 온도가 내려가는 것을 고려하여 볼 때, 본 인공서식처 역시 비슷한 경향을 나타내고 있었다. 본 연구진의 선행 연구에서 추정된 저온발육임계온도를 적용할 경우 총 실험기간 동안의 온일도는 3,004.2로 나타났다(Fig. 3).

본 실험에서 유충의 이식 5일 경과 후 첫 수컷 성충이

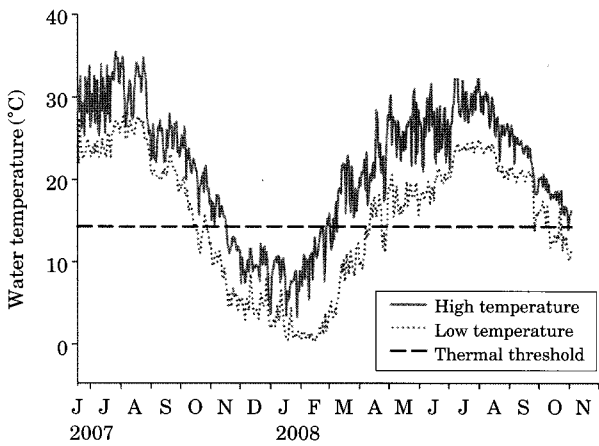


Fig. 1. Water temperature from the artificial wetland habitat during the experimental period.

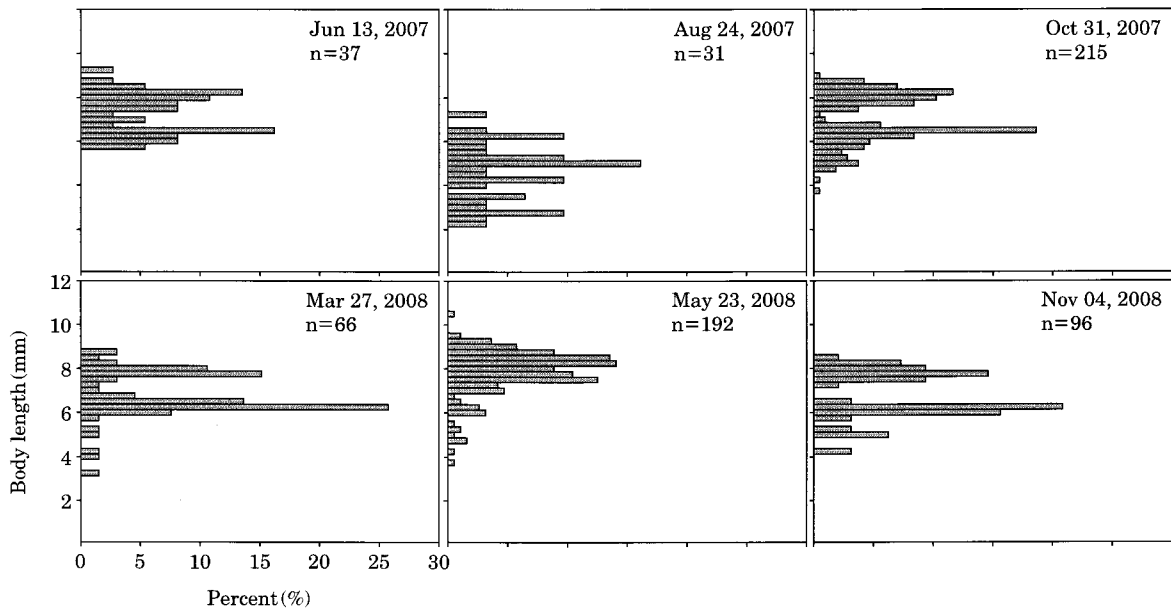


Fig. 2. Larval body size distribution of the initial and recaptured I-V population of *N. pygmaea* during the experimental period.

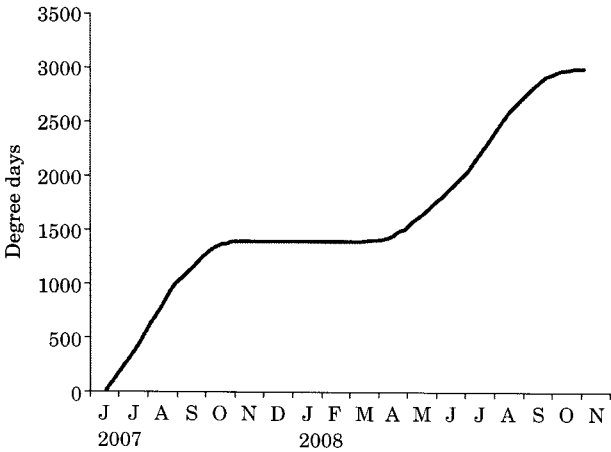


Fig. 3. Accumulated degree days during the experimental period.

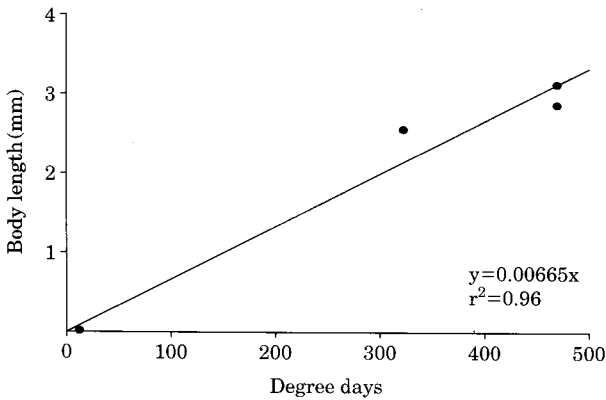


Fig. 4. Relationship between degree days and *N. pegmaea* larval body length.

출현하였으며, 이식 일주일 경과 후 암컷과 수컷 성충이 모두 출현하였다. 꼬마잠자리의 성충은 성(sex)성숙에 약 2주가 소요되는 것으로 알려져 있으며 (Yamamoto, 1968), 본 실험의 결과 역시 2주 후 성 성숙된 암컷과 수컷 성충이 관찰되어 기존의 자료와 같은 결과를 나타냈다. 따라서 7월 1일을 최초 산란일로, 그리고 알의 부화에 필요한 온일도는 약 150이라(김 등, 2006) 가정할 때, 실험 수조의 평균 온도가 25~28°C였으므로 최초로 산란된 알이 7월 13일경 부화했을 것으로 추정된다.

58일 경과 후(2007년 8월 24일)에 재포획(I)시의 온일도는 590이고, 유충의 평균 크기는 4.49±1.30 mm였으며, 또한 중령 유충을 포함한 10월 31일 재포획(III) cohort의 평균 체장은 8.02±0.35 mm이며, 온일도는 약 1,064였다. 또한 재포획 I과 II 개체군의 cohort가 약 3 mm 성장할 때 이 기간의 온일도는 약 470이었다. 재포획 III과

IV 개체군의 cohort는 약 2.5 mm 성장한 것으로 추정되었으며, 이 기간의 온일도는 약 323으로 나타났다. 그러나 재포획 II와 재포획 III 사이의 기간은 유충의 성장에 영향을 미치지 않는 발육임계온도 이하 기간이므로 유충의 성장률을 측정하는 데 사용하지 않았다(Fig. 3). 따라서 본 연구진이 제시한 GRL 방법을 이용한 꼬마잠자리의 성장률은 유충의 온일도가 100일 때 약 0.7 mm 성장하는 것으로 추정된다(Fig. 4).

또한 재포획 I과 II 개체군과 재포획 III과 IV 개체군에서 나타나는 각각의 두 cohort 간의 비교에서, 두 개의 그룹이 모두 약 3 mm와 2.5 mm 정도가 성장하므로 각각의 cohort 간에는 일정한 비율로 성장하는 것으로 추정된다. 이를 종합하여 볼 때, 중령 유충의 크기가 약 11 mm임을 고려하면 알에서 성충이 되는데 필요한 온일도는 약 1,580으로 추정된다.

Corbet은 잠자리를 크게 봄형과 여름형으로 나누었는데, 중령의 유충으로 월동을 하고 늦은 봄에서 초여름까지 성충이 출현하는 종을 봄형으로 구분하였다(Corbet, 1999). 이러한 기준을 적용할 때, 꼬마잠자리는 봄형의 생활사를 가지는 종이며, 야외에서 꼬마잠자리 성충이 5월 초에 출현하기 시작하므로 온대지역에 속하는 우리나라의 기후와 서식처의 수는 변화를 고려할 때 꼬마잠자리는 1년에 1세대의 생활사를 가지는 것으로 추정된다.

적 요

본 연구에서는 꼬마잠자리 유충의 성장률을 밝히고자 인공습지서식처를 조성하고 자연개체군을 이식하여 실험하였다. 인공서식처는 꼬마잠자리가 서식하고 있는 충남 보령시의 자연서식처를 모방하여 온실(비닐하우스) 안에 조성하였다. 2007년 6월에 300개체의 꼬마잠자리 유충을 인공서식처에 도입하였으며, 2007년 6월부터 2008년 11월까지 유충의 체장을 측정하고자 5차례의 재포획을 실시하였다. 실험의 결과, 처음 개체군과 재포획 개체군(재포획 I, II, III, IV, V 개체군)에서 모두 체장의 크기가 2개의 그룹으로 나뉘어졌다[처음 개체군 6.20±0.34 mm 및 7.94±0.46 mm (평균±분산); 재포획 I 2.84±0.43 mm 및 5.16±0.83 mm; 재포획 II 5.96±0.66 mm 및 8.02±0.35 mm; 재포획 III 5.97±0.73 mm 및 7.82±0.37 mm; 재포획 IV 7.04±0.93 mm 및 8.52±0.39 mm; 재포획 V 5.72±0.60 mm 및 7.71±0.30 mm]. 본 실험의 결과는 재포획 I~V의 개체군은 처음 개체군의 자손이며, 이들은 온일도가 470일 때 약 3 mm 성장한 것으로 나타났다. 따

라서 꼬마잠자리의 성장률은 온일도가 100일 때 약 0.7 mm 자라는 것으로 추정된다.

사 사

본 연구는 환경부 차세대핵심연구사업 “습지보전 깃대종으로서 멸종위기동물인 물장군과 꼬마잠자리의 보존, 복원 및 증식 기술 개발” (과제번호 052-061-047)의 지원으로 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- 김동건, 염진화, 윤태중, 배연재. 2006. 꼬마잠자리 (*Nannophya pygmaea* Rambur: Libellulidae, Odonata) 알의 부화에 미치는 온도의 영향. 한국응용곤충학회지 **45**: 381-383.
- 김태홍. 1997a. 지리산 왕등재습지의 곤충상. 왕등재습지 관속 식물상 및 곤충상 예비 조사 보고서. 전북대학교 생물다양성 연구소, 국립공원관리공단 지리산동부관리소. p. 14-24.
- 김태홍. 1997b. 꼬마잠자리 (*Nannophya pygmaea*: Odonata)의 서식처 발견과 보존조치에 관한 제안. 한국응용곤충학회지 **36**: 284-285.
- 배연재, 염진화, 차진열, 윤일병. 1999. 꼬마잠자리 (*Nannophya pygmaea* Rambur: Libellulidae, Odonata)의 형태, 서식처 및 분포 기록. 한국곤충학회지 **29**: 287-290.
- Cassie, R.M. 1954. Some use of probability paper in the analysis of size frequency distributions. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* **5**: 513-522.
- Corbet, P.S. 1999. Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata. Cornell University Press, Ithaca, New York.
- Ishida, S., K. Ishida, K. Kozima and M. Sukimura. 1988. Illustrated Guide for Identification of the Japanese Odonata. Tokai University Press, Tokyo.
- Kazuyuki, F., H. Koji, K. Michiharu, O. Naota, O. Makoto, Y. Eizi and Y. Makoto. 1978. Ecological studies on a dragonfly, *Nannophya pygmaea* Rambur (Odonata: Libellulidae) I. Seasonal changes of adult population and its distribution in a habitat. *Researches on Population Ecology* **19**: 209-221.
- Lee, S.J., Y.J. Bae, I.B. Yoon and N.C. Watanabe. 1999. Comparisons of temperature-related life histories in two ephemeropterid mayflies (*Ephemera separigata* and *E. strigata*: Ephemeroidea, Ephemeroptera, Insecta) from a mountain stream in Korea. *Korean Journal of Limnology* **32**: 253-260.
- Tsubaki, Y. and T. Ono. 1987. Effects of age and body size on the male territorial system of the dragonfly, *Nannophya pygmaea* Rambur (Odonata: Libellulidae). *Animal Behavior* **35**: 518-525.
- Tsubaki, Y. 1985. The adaptive significance of non-contact mate guarding by males of the dragonfly, *Nannophya pygmaea* Rambur (Odonata: Libellulidae). *Journal of Ethology* **3**: 135-141.
- Yamamoto, Y. 1968. A note on a gynandromorphic specimen of the dragonfly, *Lyriothemis pachygastra* Selys. *IJ ES. New Entomology* **17**: 17-21.

(Manuscript received 23 June 2009,
Revision accepted 26 August 2009)