Korean J. Ecol. 16(2) : 151~157, 1993

한국산 노래기류의 분류 및 생태
I. 계림갈퀴노래기(*Anaulaciulus koreanus koreanus* (Verhoeff))의 生活史와 個體群 動態

金泰興 · 林吉榮
全北大學校 農生物學科

Bionomics and Systematics of Diplopoda in Korea
I. The Life-cycle and Population Dynamics of *Anaulaciulus koreanus koreanus* (Verhoeff) (Diplopoda, Julidae)

Kim, Tae-Heung and Kil-Young Lim
Department of Agrobiology, College of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju

ABSTRACT

The life-cycle and seasonal abundance of *Anaulaciulus koreanus koreanus* was studied at Hwangdong, Chonbuk Province, Korea from October 1990 to February 1992. The egg hatches in spring and the pupoid stage is passed through within the egg shell. The juvenile develops as far as stadium IX by the third year following the birth. Pairing and oviposition take place in the fourth year spring when females are at stadium XI. They seem to live one or two years more after egg-laying. Anamorphosis was observed in this species.

Abundance of *A. koreanus koreanus* increases from April to May when there appears the first peak. It falls gradually thereafter and the species spends summer months underground from July to September. The second peak appears in October and the activity decreases again in November getting ready to overwinter. The first peak arises from a large number of individuals of 2 and 3 year old overwintered plus newly hatched spring juveniles, and the second from 1 to 3 years old juveniles actively searching for suitable overwintering sites and this sometimes leads to mass wanderings. Inactivity observed in the species during summer and winter seasons appears to be a temporal arrest due to the extreme temperatures.

Key words : Lief-cycle, Seasonal abundance, Anamorphosis, Overwintering, Arrest, *Anaulaciulus koreanus koreanus*

緖 論

노래기류(Diplopoda)는 多肢類(Myriapoda)의 一綱으로 地表에서 식물의 낙엽이나 腐泥質

이 논문은 1990년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

등을 섭취하여 분해하는 分解者로 土壤生態界의 중요한 動物群이다(Hopkin and Read 1992, Shinohara 1974). *Anaulaciulus*屬은 한국을 비롯한 일본, 중국, Philippine, Indochina, Nepal, Butan, Sikim, Tibet 등지의 동남아시아에 널리 분포하며 全世界的으로 34종이 알려졌고(Enghoff 1986), 한국에는 8종이 보고되어 있다(Lim 1991). 본 종이 속하는 Julidae에 대하여 발표된 논문은 분류와 형태에 관한 것이 대부분이고 生態에 관한 논문은 매우 적으며 韓國産에 대해서는 전혀 연구된 바가 없다(Read 1984). 그러나 유럽에서는 생활사나 생태에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있어 지리적으로 相異한 한국종에 대한 연구는 매우 의의가 깊다(Sahli 1990, Brookes 1974).

또한 이제까지의 노래기류의 분류나 진화의 연구는 단순히 외부형태에 의존했으나, 여기에 생활사나 행동습성 등의 생태를 종합하여 비교한다면 하나의 생물종에 대한 이해와 系統상 차지하는 위치에 대한 해석은 물론 진화 정도를 파악하는데 도움이 될 것이다. 그러므로 본 연구는 한국산 갈퀴노래기科의 일종인 계림갈퀴노래기의 생태를 밝혀보고자 하는 시도로 생활사와 個體群 動態를 조사하여 그 계통과 진화를 이해하는 자료를 얻고자 하는데 목적이 있다.

材料 및 方法

1990년 10월부터 1992년 2월까지 1년 5개월간 全北 益山郡 金馬面 東古都里 黃洞(북위 36° 00′, 동경 127° 04′)에서 조사하였다(Fig. 1). 조사지역은 동남북이 산으로 둘러싸이고 서쪽에는 저수지가 있으며 가운데에는 논과 밭이 있는 半徑 약 1km에 달하는 작은 분지의 남쪽 산이다. 주변의 植生은 북쪽에는 10여호의 農家 주위에 竹林이 형성되어 있고 산의 윗쪽으로는 20~40년생의 소나무가 동남쪽으로 연이어져 있다. 주요 조사지점인 남쪽산의 북사면은 철쭉과 졸참나무류가 자생하고 밤나무를 식재하였으나 방치하고 있으며 해발 50m 지점에 작은 시내가 있어 연중 소량의 물이 흐르며, 냇뚝에는 1년생초인 고마리(*Persicaria thunbergii* H. Gross)가 密生한다. 연중 일조량이 적어 높은 습도를 유지하며 활엽수의 낙엽이 풍부하여 표피에 왁스층이 없는 노래기류의 서식에 적합한 지역이다.

조사구역은 냇가에서 활엽수가 자라는 비탈면(해발 80m)까지 50×300m의 직사각형 내이다. 채집장소는 동에서 서쪽 방향으로 100m 간격으로 3등분하고, 각 구역은 고도에 따라 10m 간격으로 3등분하여 생긴 9개 小區를 基本區(100×10m)로 하고 각 기본구 내에서 매월 50×50×5cm 의 낙엽과 토양을 3개소에서 정량채취하고 비닐주머니에 넣어 실험실에 운반하였다. 운반된 토양시료에서 1cm 내외의 개체는 손으로 직접 골라내고 다시 Tullgren funnel로 처리하여 작은 개체를 추출하였다(Shinohara 1974).

생활사는 야외에서 직접 조사하였고, 미흡한 부분의 보완을 위하여 조사구의 토양과 함께 채집한 개체나 알 등을 플라스틱 용기에 담아 실험실로 옮겨 놓고 조사하는 방법을 병행하였다.

結果 및 考察

生活史

노래기類는 알에서 깨어나기 前 卵殼 속에서 움직이는 pupoid기에 1齡~2齡 若蟲이 되고 이후 卵殼밖에서 탈피를 계속하면서 성충이 된다. Pentazonia 亞綱을 제외하고는 탈피시 마다 몸마디와 다리수, 單眼數 등이 증가하는 增節變態(anamorphosis)를 하는 특징이 있다(Blower

1985, Ranta 1970). 그러므로 몸마디나 다리 및 단안의 수에 의하여 齡을 알 수 있다.

본 종에서도 증절변태가 나타났으며 각 齡期의 증절수 및 특징은 Table 1과 같다. 1齡의 다리는 3쌍이고 2령의 다리는 7쌍이나 이때까지는 흰 卵殼에 싸여 있는 pupoid기로 활동력이 없었다. 이후 卵殼에서 나온 3齡부터 8齡을 지나 9齡에 성충으로 성숙하였다. 이후에도 탈피는 계속되어 12齡까지도 관찰되었다. 탈피할 때마다 마디수와 다리수가 증가하여 증절변태의 양상을 나

Table 1. The commonest course of anamorphosis in *Anaulaciulus koreanus koreanus*

Stadium	Podous segment	Pair of legs	Apodus segment	Ocellus
I	4	3	2	–
II	6	7	4	1(1)*
III	11	17	4~5	3(2)
IV	16	33	6~7	6(3)
V	22	39	7	9(4)
VI	30~32	53~55	7	15(5)
VII	34~36	61~65	7	19(5)
VIII	39~41	73~77	7	25(5)
IX	46	85	6~7	25~30(6)
X	49~51	91~95	3~4	34~38(6)
XI	50~53	93~98	3	41~45(8)
XII	55	103	3	41~45(8)

* Numerals in the parenthesis represent the number of ocelli arranged in rows.

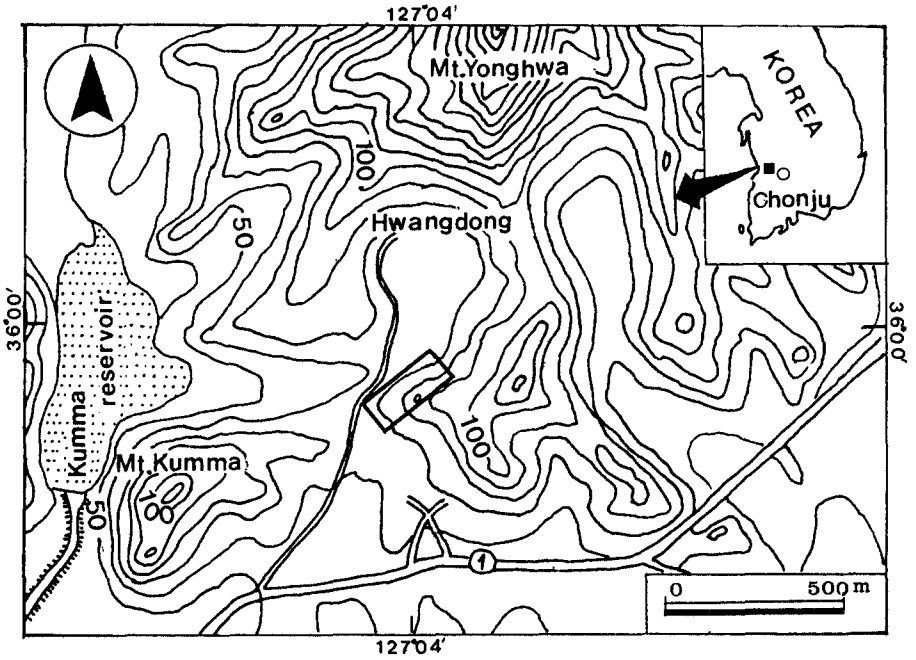

Fig. 1. Map of the survey area. Sample site is indicated by a rectangle near the center

타냈고, 대체로 5~6齡에 가장 많이 증가하였다.

全北 益山郡 金馬面 黃洞의 龍華山에 서식하는 계림갈퀴노래기를 2년간 月別로 採集하여 조사한 결과를 토대로 년차별 생활사는 다음과 같이 정리된다.

1年次에는 산란된 알이 부화하여 pupoid기를 지나서 3齡부터 먹이를 섭취하며 계속 탈피하여 5齡에 도달한다. 초여름부터 활동은 점차 둔화되다가 여름에는 거의 땅속에서 지내며 탈피한다. 가을이 되면 활동은 다시 재개되며 대부분 6齡이 된다. 초겨울에 다시 활동을 멈추고 땅속에서 월동을 한다.

2年次 봄부터 다시 생장을 계속하여 7齡이 되고 초여름이 되면 다시 땅속에서 여름을 지낸다. 이 기간 동안에 탈피를 한다. 가을이 되면 생육을 재개하여 8齡이 되고 초겨울부터 땅속으로 들어가 월동한다.

3年次에는 이른 봄부터 탈피를 하여 수컷은 生殖肢가 출현하고 암컷은 生殖器가 부풀어 외부에 노출된다. 초여름에 9齡 암컷의 몸속에서는 알이 관찰된다. 이후 땅속에서 여름을 지내고 초가을에 다시 탈피하여 10齡이 된 후 초겨울부터 월동을 한다.

4年次 이른 봄에 성숙한 암수는 交尾를 하고 산란 후 대부분은 죽는다. 産卵은 4~5월중에 주

Table 2. Number of individuals collected at Hwangdong, Korea from 1990 to 1991

Age in years		'91 J	F	M	A		Month M	J	J	A	S	O	N	D
	Stadium				I	II	III	IV	V			VI		
	egg	·	·	300			·	·	·	·	·	·	·	·
1	juv.	·	·	·	172	165	150	141	130	126	135	·	·	·
	juv. ♀	64	62	65	·		·	·	·	·	·	69	68	66
	juv. ♂	44	44	45	·		·	·	·	·	·	59	50	49
	Stadium				VII							VIII		
2	juv. ♀	10	11	11	61		58	52	45	41	31	25	15	12
	juv. ♂	6	7	6	31		27	26	23	21	12	10	6	6
	Stadium				IX							X		
	juv. ♀	·	·	·	13		·	·	·	·	·	·	·	·
3	juv. ♂	·	·	·	5		·	·	·	·	·	·	·	·
	adult ♀	6	5	5	·		10	8	7	6	4	6	5	5
	adult ♂	3	3	1	·		4	3	3	2	2	3	4	3
	Stadium				XI							XII		
4	adult ♀	·	1	2	4		3	1	1	·	·	1	2	·
	adult ♂	1	·	1	2		2	1	1	·	1	2	·	·
	egg			300										
Sub-	juv.	·	·	·	172	165	150	141	130	126	135	·	·	·
	juv. ♀	74	73	76	74		58	52	45	41	31	94	83	78
total	juv. ♂	50	51	51	36		27	26	23	21	12	69	56	55
	adult ♀	6	6	7	4		13	9	8	6	4	7	7	5
	adult ♂	4	3	2	2		6	4	4	2	3	5	4	3
Total		134	133	136	116		254	232	210	196	185	175	150	141
(from soil)		(134)	(133)	(122)	(337)		·	·	(192)	(185)	(170)	·	·	(135)

* Each sample unit comprises of 50 × 50 × 5cm from 3 sites.

로 11齡에 의해 이루어지나 12齡도 일부 산란한다. 1회 산란수는 50~60개이며, 지하 2~5cm 사이에 굴을 파고 뭉쳐 낳는다. 죽지 않은 개체는 계속 탈피를 하며 수 년간을 더 산다는 보고(Blower 1985)가 있으나 본 종에서는 확인하지 못하였다. 그러므로 알에서 다음 세대의 알까지의 一週期는 만3년이다.

이와 같은 생활사는 近緣種인 *Proteroiulus fuscus*(Am Stein), *Isobates varicornis*(Koch)를 영국에서 연구한 Brookes(1974)의 보고와 공통점이 있다. 그러나 상기 종은 여름을 지상에서 보내지만, 본 종은 땅속에서 지내는 점이 다르다. 이것은 한국 전북지방의 여름 평균기온이 영국보다 높기 때문이 아닌가 추측된다. 또한 알에서 부화한 약충은 영국에서는 봄부터 가을까지 1~2회의 탈피를 하여 2~3齡 若蟲의 상태로 월동하나, 본 종은 봄부터 초여름 사이에 3회 탈피하여 4齡 若蟲으로 여름을 지난다. 이 기간동안에 땅속에서 1회 탈피한 후, 가을에 다시 생장을 계속하고 탈피하여 6齡 若蟲으로 월동하는 점이 다르다. 2年次 이후는 비슷한 세대를 경과한다. 본 종이 이와 같이 1年次에 많은 齡期를 거치는 것은 생육에 적합한 기온의 계절이 짧기 때문인 것으로 해석된다.

個體群 動態

조사 장소에서의 月別 各 齡期의 개체수는 Table 2와 같고, 이에 의한 월별 발생양상은 Fig. 2와 같이 나타났다. 매월 채집된 개체들은 전술한 바와 같이 일정한 크기들로 나누어지며 보통 3~4群으로 나누어진다. 즉 4월에는 5mm, 10mm, 20mm, 30mm이상의 4群이 混在하여 집중적인 출현을 보이다가 6월말경 부터는 지상에서 거의 자취를 감추고 땅속에서 여름을 지냈다. 9월말경에는 10mm, 15mm, 25mm, 30mm이상의 4群이 출현하여 봄에 나타난 개체가 성장하였음을 보여주었고, 왕성하게 활동하다가 11월 초순경에는 지하로 잠복하여 월동하였다.

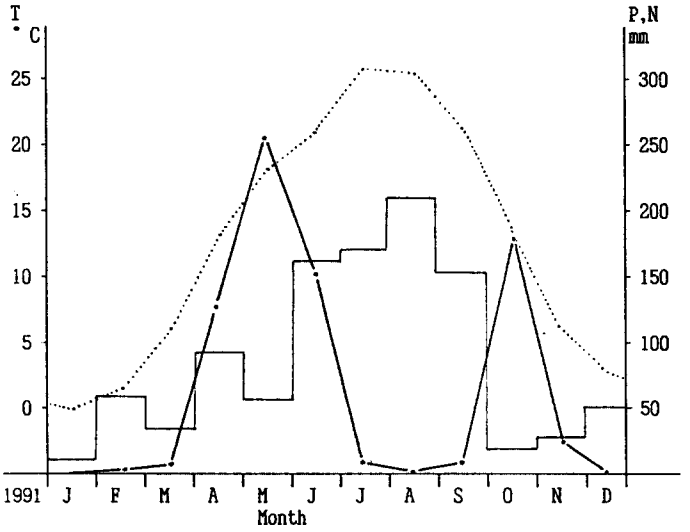

Fig. 2. Monthly precipitation, temperature, and changes in the number of individual *Anaulaciulus koreanus koreanus* from Jan. 1991 to Dec. 1991 at Hwangdong, Chonbuk Prov., Korea
* T : temperature, dotted line, P : precipitation, broken line,
N : number of individuals, solid line

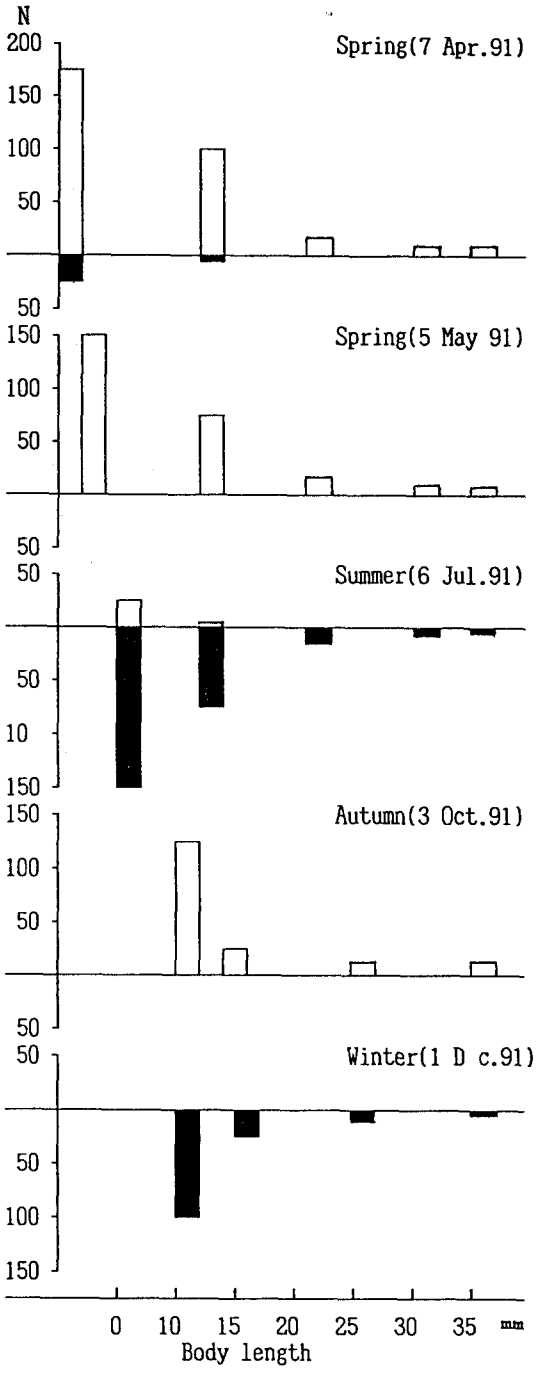

Fig. 3. Vertical distribution of *Anaulaciulus koreanus koreanus* in relation to seasons at Hwangdong, Chonbuk Prov., Korea. (the solid bar indicates the proportion in soil)

이와 같은 양상은 봄에 산란한 알이 부화하여 3~4회 탈피후 지하에서 여름을 보내고 가을에 다시 깨어나서 성장 후 다시 지하에서 월동하는 과정을 거치고 3년 동안 자라서 성충이 되는 생활사와 개체군 동태가 일치한다. 이는 Julidae의 생활사 연구에서도 보고된 바 있다(Blower 1985, Read 1984).

개체군이 봄과 가을에 출현 最盛期를 이루고 여름과 겨울에 지하에 잠복하는 계절별 출현의 특이성을 나타내는 것은 종래에 보고된바 없는 특이한 유형이다. 이러한 개체군 변동을 비교한 것은 Fig. 3이다. 다년생충의 월동은 온대지방에서 보편적으로 보고되었으나 여름철에 땅속에 잠복하는 현상은 본 종에서 처음 보고된다. 지상의 개체군 수가 최소인 여름철은 기온이 연중 최고치를 나타냈다. 저자들의 조사에 의하면 한국산의 갈퀴노래기類는 여름철에는 지하부에 잠복하고 있는 것으로 보아 생존하는 데 있어 기온조건이 불리한 시기라는 점과 일치한다. 여름철에 땅속에 잠복중인 개체를 실험실로 옮겨 18℃로 처리하자 즉시 활동을 재개하는 것으로 보아 생리적인 夏眠이 아니고 일시적인 休止임을 입증할 수 있었다. 이러한 현상은 월동중인 개체에서도 동일한 반응을 보였으므로 이들은 冬眠이나 夏眠은 취하지 않고 다만 탈피를 하거나 기온이 적합하지 않기 때문에 땅속에 잠복하는 것으로 해석된다.

한편 노래기類는 表皮에 왁스층이 없기 때문에 공기나 토양중의 습도는 이들의 활동과 관계가 있을 것으로 생각되어 강수량과 지상부에 출현하여 활동하는 개체수를 조사하여 보았으나 Fig. 2에서 보는 바와 같이 서로 연관이 없는 것으로 나타났다.

摘 要

1990년 10월부터 1992년 2월까지 全北 益山地方에 서식하는 계림갈퀴노래기(*Anaulaciulus koreanus koreanus*)의 생활사와 개체군 동태를 조사하였다.

생활사는 봄에 알에서 부화하여 pupoid 단계를 거친 후 탈피하여 3齡 若蟲이 된 다음 8회 탈피하여 3年次의 9齡에 성충이 되고, 4年次 11齡期 봄에 산란하고 죽거나 1~2년을 더 살게 되는 것으로 해석되었다. 탈피할 때마다 마디수와 다리수가 증가하는 增節變態가 확인되었다.

개체군의 動態는 4월부터 증가하여 5월에 1차 최성기를 이루고 점차 감소하다가 7~9월에는 지하부에 잠복하여 여름을 지내고 10월에 2차 최성기를 이룬 후 11월에 지하에 잠복하여 월동하는 주기를 보였다. 1차 최성기는 월동한 2, 3년생과 알에서 부화한 若蟲의 활동이 왕성하기 때문이며, 2차 최성기는 1, 2, 3년생이 성숙하여 개체가 커지고 월동과 산란을 위하여 활발하게 이동하기 때문이며 때때로 대발생을 보인다. 여름과 겨울동안 지하부에 잠복하는 것은 고온 및 저온으로 인한 일시적 休止로 나타났다.

引用文獻

Blower, J.G. 1985. Millipedes. Linnean Society and Estuarine and Brackkish - Water Science Association, 239pp.

Brookes, C.H. 1974. The life cycle of *Proteroiulus fuscus*(Am Stein) and *Isobates varicornis* (Koch) with notes on the anamorphosis of Blaniulidae. Symp. Zool. Soc. London 32 : 485-501.

Enghoff, H. 1986. Leg polymorphism in a julid millipede, *Anaulaciulus inaequipes* n.sp. with a list of congeneric species(Diplopoda, Julida, Julidae). Zool. Mus. Univ., 12(7): 117-125.

Hopkin, S.P. and H.S. Read. 1992. The biology of millipedes. Oxford Univ. Press. Oxford. 233pp.

Lim, K.Y. 1991. Classification of Diplopoda and Korean millipedes. Proc. 1st Graduate Student Workshop on Insect Systematics. Korea CIS: 49-52.

Ranta, M. 1970. Anamorphosis and periodomorphosis of *Proteroiulus fuscus*(Am Stein). Bull. Mus. Nat. Hist., Paris(2)41(Suppl.no.2) : 122-128.

Read, H.J. 1984. Stadial distributions of *Ommatoiulus moreleti* at different altitudes in Madeira with reference to life history phenomena(Diplopoda; Julidae). Proc. 6th. Int. Congr. Myriapodology: 177-189.

Sahli, F. 1990. On post-adult moults in Julida(Myriapoda, Diplopoda), why periodomorphosis and intercalaries occur in males? Proc. 7th. Int. Congr. Myriapodology: 135-156.

Shinohara, K. 1974. Observation and collection of Myriapod. New Science Co. Tokyo, 109pp(in Japanese).

(1993年 3月 29日 接受)