

작은뽕족민달팽이(*Deroceras reticulatum*)의 발육과 수명에 미치는 온도효과김현주¹ · 배순도^{1*} · 이건휘² · 윤영남¹ · 박성태¹ · 최병렬¹ · 박정규³¹농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부, ²국립식량과학원 벼맥류부, ³경상대학교 생명과학연구원Effects of Temperature on the Development and Longevity of the Gray Field Slug, *Deroceras reticulatum* Müller (Stylommatophora: Limacidae)Hyun-Ju Kim¹, Soon-Do Bae^{1*}, Geon-Hwi Lee², Young-Nam Yoon¹, Sung-Tae Park¹,
Byeong-Ryeol Choi¹ and Chung-Gyoo Park³¹Dept. of Functional Crop, Nat. Inst. of Crop Science, RDA, Milyang 627-803, Korea²Dept. of Rice and Winter Cereal Crop, Nat. Inst. of Crop Science, RDA, Iksan 570-080, Korea³Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

ABSTRACT : The egg size and weight of the gray field slug, *Deroceras reticulatum* Müller, was 1.91×2.19 mm and 3.3 mg at 24°C, respectively. Its weight increased from newly laid eggs to adults for 17 weeks at four temperature regimes and was heaviest at 20°C, followed by 24, 16 and 28°C. Likewise, hatching rate of the egg batches was highest with 95% at 20°C, followed by 24, 16 and 28°C with significant differences. The number of eggs in the batches was increased with 20 at 20°C while it was only 10 at 28°C. The average accumulated egg-laying days was longest with 15 days at 20°C while shortest with 9 days at 24°C. The range of egg-laying period was shortest with 84-134 days at 16°C and longest at 20°C. Thus, the total number of eggs laid by adult *D. reticulatum* was highest with 217 at 20°C and lowest with 105 at 16°C. The egg period was 12-19 days while the juvenile period and adult longevity were 51-68 days and 85-134 days, respectively. The life span of *D. reticulatum* from egg to adult was longest with 216 days at 20°C, followed by 193 days at 24°C, 170 days at 16°C and 151 days at 28°C. Accordingly, the most favorable temperature for the oviposition, development and longevity of *D. reticulatum* is 20°C.

KEY WORDS : *Deroceras reticulatum*, Temperature, Development, Oviposition, Longevity

초 록 : 24°C에서 작은뽕족민달팽이의 알 크기 (단경×장경)는 1.91×2.19 mm, 무게는 3.3 mg 이었다. 산란 직후의 알에서부터 발육하여 우화한 성체가 최초 산란 시까지 17주간의 무게는 발육일수가 경과할수록 증가하였으며, 온도별 무게는 20°C에서 가장 무거웠으며, 다음은 24, 16 및 28°C 순이었다. 작은뽕족민달팽이가 산란한 난괴수의 부화율은 20°C에서 95%로 가장 높았으며, 다음은 24, 16 및 28°C의 순으로 유의한 차이가 있었다. 난괴당 알수는 20°C에서 20개로 가장 많았으며 28°C에서 10개로 가장 적었다. 누적 산란 일수는 20°C에서 15일로 가장 길었으며, 24°C에서 9일로 가장 짧았고, 산란기간은 84~134일로 16°C에서 가장 짧았으며, 20°C에서 가장 길었다. 그리하여 총 산란수는 20°C에서 217개로 가장 많았고, 16°C에서 105개로 가장 적었다. 작은뽕족민달팽이의 알기간은 12~19일, 유체기간은 51~68일, 성체수명은 85~134일 이었으며, 알에서부터 성체수명까지의 총 생존기간은 20°C에서 216일로 가장 길었으며, 다음은 24°C에서 193일, 16°C에서 170일 및 28°C에서 151일 순이었다. 따라서 작은뽕족민달팽이의 산란, 발육 및 성체수명에 가장 유리한 온도는 20°C로 여겨졌다.

검색어 : 작은뽕족민달팽이, 온도, 발육, 산란, 수명

*Corresponding author. E-mail: baesdo@korea.kr

작은뾰족민달팽이 (*Deroceras reticulatum* Müller)는 연체동물문 (Molluscs) 복족강 (Gastropoda) 병안목 (Stylommatophora) 뾰족민달팽이과 (Limacidae)에 속하는 자웅동체로 달팽이와 달리 껍질이 없다 (Kwon *et al.*, 1993). 작은뾰족민달팽이는 현재까지도 농업분야에서 들민달팽이로 불리는데 생물학자들은 오래 전부터 작은뾰족민달팽이로 분류하였다 (Arias & Crowell, 1963; Dmitrieva, 1969; South, 1982). 국내에서 작은뾰족민달팽이가 들민달팽이로 불리게 된 것은 Adams (1868)와 Möllendorff (1883)가 독도, 울릉도, 거문도에서 채집한 민달팽이류를 학명 미상의 *Deroceras varians* A. Adams (ノナメクジ; 별명 ノハラナメクジ)로 잘못 분류하였고 (Lee & Kwon, 1997), 이들 일본식 명칭을 한국명으로 번역하는 과정에서 들민달팽이로 표기하게 되면서 비롯되었다. 국내에서 현재까지 조사된 민달팽이류는 Lee and Min (2005)에 의해 2과 3속 5종으로 보고되었다.

오늘날 민달팽이류는 전 세계적으로 농작물, 특히 식량 작물 및 원예작물에 경제적 피해를 주는 주요한 해충으로 인식되어 있다 (South, 1992; Wareing, 1993; Garthwaite & Thomas, 1996). 온난 다습한 조건에서 많이 발생하는 달팽이류와 민달팽이류에 의한 농작물의 피해 정도는 1980년 초반 영국에서 밀의 피해가 연간 약 4백만 파운드라고 하였으며 (Port & Port, 1986), 달팽이류와 민달팽이류를 방제하기 위한 비용이 1천만 파운드에 달한다고 보고되었다 (Garthwaite & Thomas, 1996). 국내에서 농작물에 피해를 주는 것은 달팽이, 민달팽이, 작은뾰족민달팽이로 보고되어 있으며 (Na, *et al.*, 1989; Kim & Ohh, 1990), 이 가운데 작은뾰족민달팽이의 발생량이 가장 많고 이에 의한 농작물 피해도 많다고 하였다 (Kim & Ohh, 1990).

민달팽이류의 발생 및 개체증식은 토양과 대기의 온도, 습도, 일장과 같은 환경요인 (Gomot *et al.*, 1982; Gomot & Deray, 1987)과 기주 등 영양요인 (Wareing, 1993; Cook *et al.*, 2000)에 영향을 받지만, 개체군의 증식에 가장 큰 제한요인은 토양수분과 기온이라 할 수 있다 (South, 1982; Young *et al.* 1993). 민달팽이류의 수명은 짧게는 몇 개월에서 2년 이하, 길게는 2~19년까지 종류에 따라 매우 다양하다 (Heller, 1990). 민달팽이류 알의 발육과 부화는 수분조건에 의해 결정적인 영향을 받는데, 건조는 알의 치사율과 직접적인 관련이 있다 (Tompa, 1984). 작은뾰족민달팽이는 토양수분이 75%인 경우 최대 산란수를 나타내며 (Arias & Crowell,

1963), 10%인 경우 산란하지 않고 (Runham & Hunter, 1970), 산란된 알은 토양수분이 100%인 경우와 25%이하인 경우 부화되지 않는다 (Bayne, 1968). 또한 작은뾰족민달팽이의 알은 최소 4일 이상 물에 완전히 잠겨도 그 이후의 환경조건이 좋으면 정상적인 발육에 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다 (Karlín & Naegele, 1960).

국내에서 민달팽이류의 발생소장 및 생활사에 관한 연구는 Kim and Ohh (1990) 등에 의해 일부 보고되었으나, 그 이후 민달팽이류의 발육과 관련된 구체적인 생태에 관한 보고는 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 시설하우스에서 재배되는 원예작물에 가장 큰 피해를 주는 작은뾰족민달팽이의 발육에 미치는 온도효과를 구명하였기에 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

실험동물

공시충으로 사용된 작은뾰족민달팽이는 2006년 9월 중순경 경남 밀양시 상남면 소재 앞들개포장에서 채집하여 식량과학원 기능성작물부 곤충사육실에서 누대 사육한 것이다. 사육용기는 투명한 아크릴용기 (15×7 cm)로 용기내 바닥에 축축한 모래를 1 cm 채운 후 수분이 마르지 않도록 매일 2회 분무기로 물을 뿌려주었다. 작은뾰족민달팽이의 먹이는 오이를 0.5 cm 크기로 잘라서 배추와 함께 제공하였으며, 24°C 정온, 80~100%의 상대습도, 12L:12D의 일장조건에서 사육하였다.

발육조건

작은뾰족민달팽이의 알, 유체 및 성체의 발육 및 수명 조사는 식량과학원 기능성작물부 곤충사육실을 16, 20, 24, 28°C로 설정하여 80~100%의 상대습도, 형광등 (220V, 30W)을 이용한 12L:12D의 일장조건에서 수행하였다. 유체 및 성체의 발육과 수명은 투명한 아크릴 용기 (20×10 cm, 뚜껑 중앙에 직경 8 cm 환기용 망사 부착, SL 15006, 신일사이언스)에 젖은 모래를 1cm 높이로 깔 다음, 부화한지 30일 된 작은뾰족민달팽이 유체 (0.021±0.005 g)를 2마리씩 입식하여 조사하였다. 작은뾰족민달팽이는 습도에 민감하기 때문에 오전과 오후에 각 1회씩 소형 수동식 분무기로 물을 분무하여 사육용기의 모래가 마르지 않도록 하였다. 먹이는 신선한

오이를 0.5cm 두께로 잘라서 배추 잎과 섞어서 제공하였고, 제공된 먹이가 부패하거나 정한 기간보다 빨리 먹은 경우를 제외하곤 5일 간격으로 먹이를 교체하였다. 산란수는 부화 후 30일된 유체를 사육용기에 2마리씩 입식하여 매일 오전에 조사하였고, 부화율은 산란수 조사에 이용된 난괴를 별도의 작은 사육용기 (10×4cm)로 옮겨 일별로 부화수를 조사하였다.

작은뾰족민달팽이의 산란, 발육 및 수명에 미치는 온도효과를 SAS (2004) 통계프로그램을 이용하여 Ducan의 다중검정으로 처리한 평균값을 비교하였다.

결과 및 고찰

작은뾰족민달팽이의 알 크기

작은뾰족민달팽이의 알은 약간 타원형이며 (Fig. 1), 색깔은 초기에 반투명이지만 시간이 지날수록 흰색으로 변하였다. 알의 직경은 약 2 mm, 무게는 약 3.3 mg이었다 (Table 1). 민달팽이류의 알 크기는 종류에 따라 차이가 많은데 (Tompa, 1984), 산란장소의 고도가 높을수록 크기가 작아지고 (Baur, 1984), 산란하는 민달팽이류의 영양상태가 좋을수록 큰 알을 낳는다고 하였다 (Baur, 1994). 작은뾰족민달팽이의 알 크기에 관해 Quick

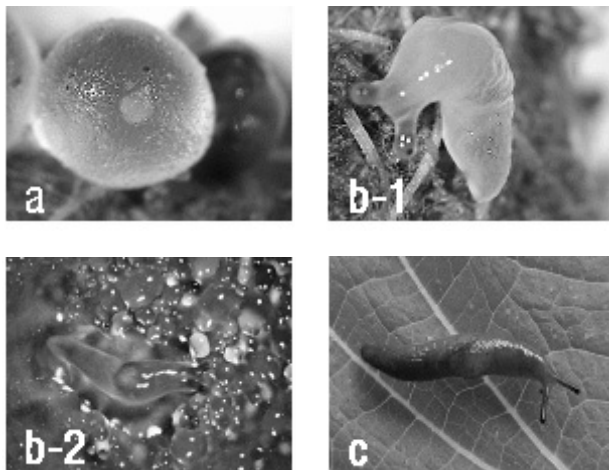


Fig. 1. Egg (a), juvenile (b1 : 1 day after hatching, b2 : 1 month after hatching) and adult (c) of *Deroceras reticulatum*.

Table 1. The egg size and weight of *D. reticulatum* at 24°C

Egg size (short×long diameter, mean±SD, mm)	Egg weight (mean±SD, mg)
1.91±0.24×2.19±0.28(20) ¹	3.30±0.37(100) ¹

¹Values in the parenthesis are the number of eggs observed.

(1960)은 3.0×2.5 mm라고 하였으나, Frömring (1954)은 2.7 mm 라고 하여 본 연구의 결과와 다소 차이가 있었는데, 이는 먹이의 종류 및 질과 관련된 작은뾰족민달팽이의 영양상태와 밀접한 관련이 있는 것으로 여겨진다.

발육양상 및 특성

작은뾰족민달팽이가 산란한 알에서부터 발육하여 우화한 성충이 최초 산란 시까지 17주간 온도별 무게변화는 Fig. 2에 나타내었다. 알에서 부화된 유체가 본격적으로 발육하여 성충으로 갈수록 온도별 체중증가의 차이가 심하였는데, 20°C에서 가장 많이 증가하였고, 다음은 24, 16 및 28°C 순으로 나타났다. 민달팽이류의 발육은 토양과 대기의 온도와 습도, 일장 및 기주에 크게 영향을 받는 것으로 보고되어 있다 (Gomot *et al.*, 1982; Gomot & Deray, 1987). South (1982)는 작은뾰족민달팽이의 체중증가는 18°C에서 최대성장률을, 5°C와 26°C에서 최소성장률을 보인다고 하였다. Dmitrieva (1969)는 17~19°C가 발육 최적온도라고 하였으며, Dainton (1954)도 17~18°C가 최적온도라고 하였다. 하지만 Sally and Port (2004)는 15°C에서 사육한 작은뾰족민달팽이의 평균체중은 100 mg, 최대 및 최소체중은 각각 750 및 20 mg으로 산란시기 및 동일 온도조건에서도 발육속도의 차이가 있다고 하였다. Gomot (1994)는 15, 20, 23°C의 항온과 16L:8D 및 8L:16D로 일장을 조절하여 *Cantareus aspersa*(M.) var. *maximus* taylor (Helicidae)를 120일간 사육하여 무게를 측정한 결과 온도가 높을수록 체중은 증가하였으나, 20°C에서 일장을 16L:8D 및 8L:16D로 달리하여 사육한 결과 체중은 각각 17.1 g 및 10.7 g으로 장일조건에서 발육속도가 빠르다고 하였다. 본 실험에서 작은뾰족민달팽의 온도별 체중은 2

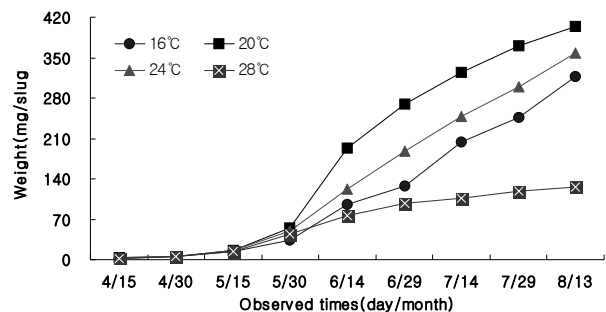


Fig. 2. Weight changes from egg to the first egg laying adult of *D. reticulatum* for 17 weeks at different temperatures.

0°C, 24°C 및 16°C 순으로 무거워 Dmitrieva (1969)와 Dainton (1954)의 결과와 차이가 있었는데, 이는 지리적 개체별 특성과 사육조건에 따른 영향으로 여겨진다.

작은뾰족민달팽이가 산란한 난괴의 부화률은 65~95%로 온도에 따라 유의한 차이가 있었다 (Fig. 3). Na *et al.* (1989)은 25°C에서 작은뾰족민달팽이의 부화률이 97%라고 하여 본 연구 결과와 큰 차이가 없었으며, 본 연구에서 온도에 따른 부화률의 차이는 습도변화와 밀접한 관련이 있는 것으로 여겨진다.

또한 온도에 따른 난괴당 알수, 누적 산란일수, 산란 기간(최초 산란 일부터 산란 종료일까지의 기간) 및 총 산란수는 Table 2와 같았다. 난괴당 알수는 24°C에서 20개로 가장 많았으며, 28°C에서 10개로 가장 적었는

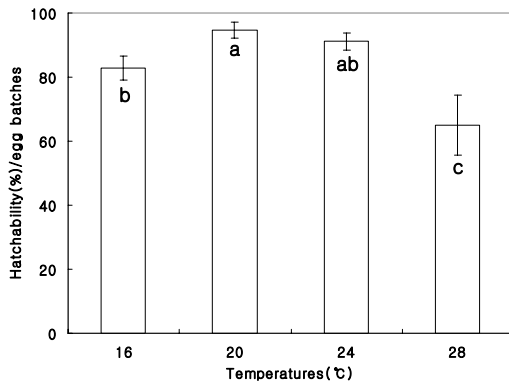


Fig. 3. Hatching rates of the egg batches laid by female *D. reticulatum* at different temperatures. A total of 30 egg batches were observed. Means followed by the same letter are not significantly different(P=0.05) by DMRT.

데, Carrick (1938)은 1회 산란시 평균 알수가 22개라고 하여 본 연구의 24°C의 알수와 비슷하였다. 24°C를 기준으로 고온과 저온으로 갈수록 난괴당 알수가 적어지는 것은 난괴당 알수가 많을수록 알의 생존에 불리함으로 산란시 난괴의 크기를 조절하기 때문인 것으로 여겨지나 이에 관한 구체적인 보고는 아직 없는 실정이다. 누적 산란일수는 20°C에서 15일로 가장 길었으며, 24°C에서 9일로 가장 짧았고, 산란기간은 20°C에서 134일로 가장 길었으며, 28°C에서 87일로 가장 짧았다. 그리하여 총 산란수는 20°C에서 217개로 가장 많았으며, 16°C에서 105개로 가장 적었다. Na *et al.* (1989)은 25°C에서 작은뾰족민달팽이의 산란수는 186개 라고 하여 본 연구결과와 비슷하였으나, Carrick (1938)은 연간 500개 이상 산란한다고 하여 많은 차이가 있었는데, 이는 작은뾰족민달팽이의 지리적 특성과 영양상태 및 실험조건에 따른 차이로 여겨진다. 본 연구에서 온도에 따른 산란기간은 고온과 저온에서 짧았는데, 이는 불리한 환경조건에서 짧은 기간동안 산란을 완료하기 위한 것으로 여겨진다. Christensen *et al.* (2003)은 작은뾰족민달팽이를 주간 15°C, 야간에 10°C로 사육하면 부화한지 80일부터 첫 산란을 시작하여 약 80일 동안 지속적으로 산란한다고 하였으며, South (1982)도 18°C에서 사육한 경우 Christensen *et al.* (2003)의 결과와 유사하였다고 하여 본 연구의 16°C에서 84일의 산란기간과 비슷하였다.

작은뾰족민달팽이의 온도조건에 따른 알기간, 유체 및 성체기간, 총 생존기간은 Table 3과 같았다. 알기간

Table 2. Oviposition of *D. reticulatum* at different temperatures

Temp. (°C)	Slugs observed(No.)	Egg batches laid (mean±SD, No.)	Accumulated egg-laying days(mean±SD)	Egg-laying period (mean±SD, days) ¹	Total eggs laid (mean±SD, No.)
16	30	11.0±1.0c ¹	9.6±2.0b	83.6±19.4b	105.4±21.6b
20	30	14.7±1.5b	14.9±1.4ab	133.9±13.0a	216.8±6.1a
24	30	20.2±5.8a	9.1±1.1a	123.9±4.4a	184.9±29.4a
28	30	9.5±2.0c	12.2±1.1b	87.1±5.2b	120.2±34.1b

¹Means followed by the same letter within a column are not significantly different(P=0.05; DMRT).

Table 3. Each developmental period of *D. reticulatum* at different temperatures

Temp. (°C)	Slugs observed(No.)	Egg period (mean±SD, days)	Juvenile period (mean±SD, days)	Adult longevity (mean±SD, days)	Life span (mean±SD, days)
16	30	19.2±1.0a ¹	66.1±3.3a	84.9±20.5c	170.2±22.9bc
20	30	14.0±0.2b	68.1±1.1a	134.0±7.9a	216.1±9.1a
24	30	12.4±0.7c	65.9±2.4a	114.8±6.3b	193.1±5.0ab
28	30	11.6±0.2c	50.9±4.2b	88.0±8.4c	150.5±6.2c

¹Means followed by the same letter within a column are not significantly different(P=0.05; DMRT).

은 약 12~19일로 온도가 낮아질수록 길어졌으며, 유체 기간은 20°C에서 68일로 가장 길었고, 온도가 높아질수록 짧아졌다. 성체수명도 20°C에서 가장 길었고 온도가 높아질수록 짧아져 유체와 같은 경향을 나타내었다. 그리하여 총 생존기간은 20°C에서 216일로 가장 길었으며, 온도가 높아질수록 유의하게 짧았다. Na *et al.* (1989)은 25°C에서 작은뾰족민달팽이의 알기간은 13일이라고 하여 본 연구의 20~24°C의 결과와 유사하였다. 하지만 Dmitrieva (1969)는 작은뾰족민달팽이의 발육을 위한 최적온도는 18°C 내외라고 하였다.

이상의 결과를 종합하면 작은뾰족민달팽이의 알 및 유체발육, 성체수명 및 산란에 가장 유리한 온도는 20°C로 여겨진다. 온도에 따른 작은뾰족민달팽이의 산란, 발육 및 수명에 관한 생물적 특성은 시설하우스 및 노지에서 재배되는 작물에 큰 피해를 주는 작은뾰족민달팽이의 재배적 및 생태적 관리를 위한 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

Literature Cited

- Adams, A. 1868. On the species of Helicidae found in Japan. The Annals and Magazine of natural History: including Zoology, Botany and Geology, Ser. 4(1): 459-472.
- Arias, R.O. and H.H. Crowell. 1963. A contribution to the biology of the gray garden slug. Bull. of S. California Acad. Sci. 62: 83-97.
- Baur, B. 1984. Early maturity and breeding in *Arianta arbustorum* (L.) (Pulmonata: Helicidae). J. of Mollu. Stud. 50: 241-242.
- Baur, A. 1994. Within- and between-clutch variation in size and nutrient content of eggs of the land snail *Arianta arbustorum* (L.) Functinal Ecology 8: 581-586.
- Bayne, C.J. 1968. Survivability of the embryos of the grey field slug *Argriolimax reticulatus*, following desiccation of the egg. Malacologia 9: 391-401
- Carrick, R. 1938. The life history and development of *Agrolimix agrestis* L. the gray field slug. Trans. Roy. Soc. Edinb., 59: 563-597.
- Christensen K., G. Schndrig and M. Bieri. 2003. Breeding *Deroceras reticulatum* under controlled conditions, a prerequisite for controlled efficacy tests of molluscicides. 2003 BCPC Symposium proceeding No. 80- Slugs & Snails; Agri., Vet. & Env. Persp., p. 201-204.
- Cook, R.T., Bailey, S.E.R., McCrohan, C.R., Nash, B. and Woodhouse, R.M. 2000. The influence of nutritional status on the feeding behaviour of the field slugs, *Deroceras reticulatum* (Müller). Animal Behaviour 59: 167-176.
- Dainton, B.H. 1954. The activity of slugs. I. The induction of activity by changing temperature. J. Exp. Biol., 31: 188-197.
- Dmitrieva, E.F. 1969. Population dynamics, growth, feeding and reproduction of field slug (*Deroceras reticulatum*) in Leningrad Oblast. Zool. Zh., 48: 802-810.
- Frömming, E. 1954. Biologie der Mitteleuropäischen Landgastropoden. Duncker & Humblot, Berlin.
- Garthwaite, D.G. and M.R. Thomas. 1996. The usage of molluscicides in agriculture and horticulture in Great Britain over the last 30 years. Slug and Snail Pests in Agriculture, p.39-46. BCPC Monograph No. 66. BCPC, Canterbury, UK.
- Gomot, L. and A. Deray. 1987. Les escargots. La Recherche 186, 302-311.
- Gomot, L., Enée, J. and Laurent, J. 1982. Influence de la photopériode sur la croissance pondérale de l'escargot *Helix aspersa* Müller en milieu contrôlé. Comptes Rendus de l'Acad. des Sci., Paris 294, 749-752.
- Gomot, A. 1994. Contribution à l'étude de la croissance d'escargots du genre *Helix*: influence de facteurs de l'environnement. Nutrition et composition biochimique. Contrôle neuro-endocrine. Thesis no. 398. The Univ. of Franche-Comté, Besançon, France.
- Heller, J. 1990. Longevity in Molluscs. *Malacologia* 31, 259-295.
- Karlin, E.J. and Naegele, J.A. 1960. Biology of the Mollusca of greenhouses in New York State. Cornell Univ., Agriculture Experiment Station Memoir 372, 1-35.
- Kim, K.W. and S.H. Ohh. 1990. Life history, ginseng damage and chemical control of the field slug, *Deroceras varians* A. Adams. Kor. J. Ginseng Sci. 14(3): 421-426.
- Kwon, O.K., G.M. Park and J.S. Lee. 1993. Coloured shells of Korea. Academy. 445 pp. Publishing Company.
- Lee, J.S. and D.K. Min, 2005. Snails and Slugs. 134 pp. Min Molluscan Research Institute.
- Lee, J.S. and O.K. Kwon. 1997. Taxonomic studies on Genus *Inciliaria* (Pulmonata, Philomycidae) in Korea. Kor. J. Malacol. 13(1): 29-36
- Mølgaard, P. 1986. Food plant preferences by slugs and snails: a simple method to evaluate the relative palatability of food plants. Biochemical systematics and Ecology, 14: 113-121.
- Na, S.Y., J.G. Lyu and H.M. Park. 1989. Study on the occurrence ecology and control of snail and slugs. The res. rep. of Agricultural Chemicals Research Institute, RDA, in 1989. p.150-158.
- Port, C.M. and G.R. Port. 1986. The biology and behaviour of slugs in relation to crop damage and control. Agri. Zool. Reviews, 1: 253-299.
- Quick, H.E. 1960. British slugs (Pulmonata: Testacellidae, Arionidae, Limacidae). Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Zool. Ser. 6: 106-226.
- Runham, N.W and P.J. Hunter. 1970. *Terrestrial Slugs*. Hutchinson university library, London.
- Sally H. and G. Port. 2004. Seasonal and temperature effects on the growth and survival of *Deroceras reticulatum*. London Molluscan Forum 2004.
- SAS Institute. 2004. SAS user's. SAS Institute, Cary, N. C.
- South A. 1982. A comparison on the life cycles of *Deroceras reticulatum* (Muller) and *Arion intermedius* Normand (Oulmonata: Stylomatophora) at different temperatures under laboratory conditions. J. of Molluscan studies 48, 233-244.
- South A. 1992. Terrestrial slugs - Biology, ecology and control. 428 pp. Chapman & Hall.
- Tompa, A. 1984. Land snails (Stylommatophora). In: Tompa, A.S., Verdonk, N.H. and van den Biggelaar, J.A.M. (eds) The Mollusca, Vol. 7, Reproduction. Academic Press, New York, p.47-140.

Wareing, D.R. 1993. Feeding history: a factor in determining food preferences in slugs. *Journal of Molluscan Studies*, 59: 366-368.

Young, A.G. and G.R. Port and D.B. green. 1993. Development of a forecast of slug activity: validation of models to predict slug activity from meteorological conditions. *Crop Protection*,

12: 232-236.

(Received for publication August 3 2009;
revised November 29 2009; accepted December 4 2009)