

작은뾰족민달팽이의 기주 선호성 및 기주에 따른 발육과 수명

김현주¹ · 배순도^{1*} · 윤영남¹ · 최병렬² · 박정규³

¹농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부, ²농촌진흥청 연구정책국, ³경상대학교 생명과학연구원

Host Preference of Gray Field Slug, *Deroceras reticulatum* Müller, and Its Development and Longevity on Host Plants

Hyun Ju Kim¹, Soon Do Bae^{1*}, Young Nam Yoon¹, Byeong Ryeol Choi² and Chung Gyo Park³

¹Functional Crop Research Division, National Institute of Crop Science, RDA, Milyang 627-130, Republic of Korea

²R&D Evaluation Division, Resaerch Policy Bureau, RDA, Suwon 441-707, Republic of Korea

³Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, JinJu 660-701, Republic of Korea

ABSTRACT: This study was conducted to investigate food preference and developmental characteristics of the gray field slug, *Deroceras reticulatum* Müller (Stylommatophora: Limacidae) using various foods. The food preference of *D. reticulatum* was most highest on Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.), followed on cucumber (*Cucumis sativus* L.), and significantly low on beet (*Beta vulgaris* var. Ruba), kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* D.C), carrot (*Daucus carota* L.) and Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.) which were not different significantly. The total number of eggs laid by *D. reticulatum* was the highest (n = 109.6) on cucumber and the lowest (n = 10.1) on leaf perilla (*Perilla frutescens* var. *japonica* Hara). Hatchability was the highest (92.4%) on cucumber and the lowest (62.5%) on leaf perilla. The egg developmental period was not significantly different from 12 days to 13 days among host plants. Juvenile period and adult longevity ranged from 75 days to 111 days and 66 days to 187 days, respectively. Thereby, life span from egg to adult longevity of *D. reticulatum* was the longest on cucumber with 273 days and the shortest on 190 days on leaf perilla.

Key words: *Deroceras reticulatum*, Host Preference, Developmental period, Longevity

조 록: 작은뾰족민달팽이(*Deroceras reticulatum* Müller)의 채소류에 대한 기주선호성 및 식이기주에 따른 작은뾰족민달팽이의 발육기간과 수명을 조사하였다. 작은뾰족민달팽이의 기주선호성은 배추(*Brassica campestris* L.)에서 가장 높았고, 다음은 오이(*Cucumis sativus* L.)이었으며, 당근(*Daucus carota* L.), 케일(*Brassica oleracea* L. var. *acephala* D.C), 양배추(*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) 및 비트(*Beta vulgaris* var. *Ruba*) 간에는 유의성이 없이 낮았다. 산란수는 오이에서 109.6개로 가장 많았으며, 잎들깨에서 10개로 가장 적었다. 부화율도 오이에서 92.4%로 가장 높았으며, 잎들깨에서 62.5%로 가장 낮았다. 알기간은 12~13일로 기주식물에 따른 유의한 차이가 없었다. 유체기간 및 성체수명은 각각 75~111일 및 66~187일이었다. 그리하여 작은뾰족민달팽이의 알에서 성체수명까지의 총 수명은 오이에서 273일로 가장 길었고, 잎들깨에서 190일로 가장 짧았다.

검색어: 작은뾰족민달팽이, 기주 선호성, 발육기간, 수명

민달팽이류는 전 세계적으로 농작물, 특히 식량작물 및 원예작물에 경제적 피해를 주는 주요한 해충으로 인식되어 있다 (Wareing, 1993). 이들은 고온다습한 장소에서 다발생 하며 (Cook et al., 1996), 작물에 직접적인 피해를 줄 뿐만 아니라 키위에 잿빛곰팡이병의 매개체 역할도 한다(Port and Port, 1986;

Michailides and Elmer, 2000). 민달팽이류에 의한 농작물의 피해 정도는 1980년 초반 영국에서 밀의 피해가 연간 약 4백만 파운드라고 하였으며(Port and Port, 1986), 달팽이류와 민달팽이류를 방제하기 위한 비용이 1천만 파운드에 달한다고 보고하였다(Garthwaite and Thomas, 1996). 민달팽이류의 발생 및 피해는 국내에서도 심한데, 인삼, 들깨에서 그 피해가 보고되어 있고 (Kim and Ohh, 1990; Kim et al., 2009), 민달팽이류 중에서 작은뾰족민달팽이(*Deroceras reticulatum* Müller)의 발생량이 가장

*Corresponding author: baesdo@korea.kr

Received October 25, 2011; Revised December 11, 2011

Accepted January 14, 2012

많고 이에 의한 농작물 피해도 많은 것으로 보고되었다(Kim and Ohh, 1990).

식식성동물의 식이 선호성은 크게 3가지 요인에 의해 영향을 받는데, 식물체가 혐오물질이나 독성 물질의 분비에 의한 화학적 방어, 식물조직의 경도와 잎 표면의 털 부착 유무와 같은 물리적 방어, 좋은 냄새나 풍부한 영양상태 등 민달팽이류의 선택성을 증대시키는 물질의 함유 정도에 영향을 받는다고 하였다(Grime *et al.*, 1968).

민달팽이류는 농작물을 가해하는 대표적인 식식성동물이지만 이들의 식이 선호성은 고정된 것이 아니라 그들의 영양 상태나 최근에 먹었던 기주에 의해 큰 영향을 받는다(Cook *et al.*, 2000). 이들은 한 종류의 먹이보다 여러 종류의 먹이를 선호하며(Duval, 1971; Jennings and Barkham, 1975; Cook *et al.*, 1996), 기존에 먹었던 먹이보다 새로운 먹이에 대한 선호성이 크다고 하였다(Wareing, 1993). 그리고 서식처 주변의 밀도가 높은 기주는 매우 선호하지만 밀도가 낮은 기주는 불규칙적으로 섭식하며(Cottam, 1985) 규소함량이 많은 식물체의 잎은 선호도가 떨어진다고 하였다(Wadham and Parry, 1981).

뽕족민달팽이과(Limax)는 냄새 식별과 습득 능력이 매우 뛰어난 편인데, 다양한 냄새를 식별할 수 있고, 또 냄새 반응에 따라 선호 또는 기피행동을 한다고 하였다(Sahley *et al.*, 1981). 이러한 행동은 주로 Procerebrum(PC)이라는 뽕족민달팽이류의 후각 중심부에서 일어나는데(Kimura *et al.*, 1998), PC의 역할은 포유동물들의 후각기관과 곤충의 촉각기능과 그 역할이 유사한 것으로 알려져 있다(Inoue *et al.*, 2004).

본 연구는 국내에서 농작물에 가장 많이 발생되어 큰 피해를 주고 있는 작은뽕족민달팽이의 기주 선호성과 기주에 따른 발육특성을 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험동물

실험에 사용된 작은뽕족민달팽이는 2006년 9월 중순경 경남 밀양시 상남면 소재 잎들개 포장에서 채집하여 식량과학원 기능성작물부 곤충사육실에서 누대 사육한 것을 사용하였다. 사육용기는 투명한 원통 아크릴용기(15×7 cm)로 용기안의 바닥에 축축한 모래를 1 cm 채운 후 수분이 마르지 않도록 매일 오전과 오후 각 1회씩 분무기로 물을 분무하였다. 작은뽕족민달팽이의 먹이는 오이를 0.5 cm 크기로 잘라서 배추(5 cm)와 함께 제공하였으며, 곤충사육실(24±2°C, RH 65~85%, 12L:12D)에서 사육하였다.

기주 선호성 조사

작은뽕족민달팽이의 기주 선호성 조사는 달팽이가 선호하는 당근, 오이, 양배추, 배추, 비트 및 케일을 대상으로 투명 아크릴 사육상자(89×59×66 cm)속에서 수행하였다. 뚜껑이 없는 페트리디쉬(직경 9×1.5 cm)에 필터페이퍼를 깔고 당근과 오이는 뿌리와 열매, 양배추, 배추, 케일 및 비트는 잎을 일정한 무게로(7±0.1 g) 잘라 넣은 후 사육상자의 바닥에 원형으로 일정 간격을 두고 배치하였다. 그리고 작은뽕족민달팽이 성체 30마리를 방사하여 매일 3회(08:00, 14:00, 20:00) 4일간 각 기주에 유인된 작은뽕족민달팽이의 수를 조사하였다. 사육상자 내의 습도유지와 기주가 쉽게 건조되는 것을 막고자 매일 오전과 오후에 각 1회씩 물을 분무하여 3반복으로 수행하였다.

기주별 발육특성 조사

작은뽕족민달팽이의 알, 유체와 성체의 발육 및 수명조사는 식량과학원 기능성작물부 곤충사육실(24±2°C, RH 65~85%, 220V, 30W, 12L:12D)에서 수행하였다. 유체 및 성체의 발육과 수명은 투명한 원통 아크릴 용기(20×10 cm, 뚜껑 중앙에 직경 8 cm 환기용 망사부착, SL 15006, 신일사이언스)에 젖은 모래를 1 cm 높이로 깔 다음, 부화 후 30일 된 작은뽕족민달팽이의 유체(0.021±0.005 g) 2마리씩 입식하였다. 작은뽕족민달팽이는 습도에 민감하기 때문에 오전과 오후에 각 1회씩 소형 수동식 분무기로 물을 분무하여 사육용기 내의 모래가 마르지 않도록 하였다. 기주는 당근 뿌리, 오이 열매, 양배추, 배추, 케일 및 들깨 잎을 공급하였으며, 당근과 오이는 뿌리와 열매, 엽채류는 잎을 이용하였으며, 기주의 건조방지를 위해 매일 오전과 오후 각 1회씩 물을 분무하였다. 제공된 먹이가 부패하거나 예상보다 빨리 식이한 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(10×4 cm)로 옮겨 일별로 부화수를 조사하였다. 각 처리의 요인에 따른 유의성 검정을 위하여 Tukey's HSD 검정($\alpha=0.05$)(SAS Institute, 2004)으로 각 처리간의 평균값을 비교하였다.

결과 및 고찰

기주 선호성 및 작물피해

6종의 기주에 대한 작은뽕족민달팽이의 기주선호성은 Fig. 1

과 같았다. 기주 선호성은 배추에서 가장 높았으며, 다음은 오이였고, 나머지 기주간에는 유의한 차이가 없었다.

오이와 배추에서 작은뾰족민달팽이의 선호도가 매우 높았던 원인은 오이 열매와 배추 잎이 다른 기주들에 비하여 조직이 부드럽고 수분이 많아 신선한 냄새가 더 많이 나기 때문인 것으로 생각된다. 비트, 당근, 케일 및 양배추에 대한 작은뾰족민달팽이의 선호도는 배추와 오이에 비하여 상대적으로 낮지만 실제 이들 작물의 재배포장에서 많이 발생되고 있으며 이로 인한 피해도 많다고 할 수 있다.

육산달팽이류의 기주 선호성은 기주의 질적 조성, 기주의 가용성 및 달팽이가 필요로 하는 가용성 영양 조성에 의해 영향을 받는 것으로 보고되었다(Van der Steen *et al.*, 1973). 그리고 민달팽이들은 일반적으로 한 종의 기주보다 여러 종의 기주를 선호하는 경향이 강하며, 기주가 한 종일 때보다 여러 종이 혼재할 경우 일 때 작물 소비량이 약 3배가 증가한다고 하였다(Peters *et al.*, 2000). Spaul & Eldon(1990)은 겨울밀 품종에 따른 작은뾰족민달팽이의 기주 선호성을 조사한 결과 품종간 선호성은 뚜렷하지 않았으나 당 함량과 가용성 양분 함량이 높을수록 선호성이 뚜렷하게 증가한다고 하였다. 또한 민달팽이류의 기주 선택성은 표피세포벽의 두께나 털의 부착 유무에 따른 형태적 요인들에 의해서도 영향을 받는다고 하였는데(Bruelheide and Scheidel, 1999), 털이 많은 *Centaurea jacea*의 잎에서 털을 제거하였을 때 민달팽이류 3종의 선호성이 증가한다고 하였다. 그러나 식물체 잎에 난 털이 해충의 섭식행동 반응에 영향을 미친다는 보고에 대하여 다양한 논쟁이 있는데, Dirzo(1980)와 Cook *et al.*(1996)은 잎에 있는 털이 달팽이의 섭식행동을 방해하지 않는다고 하였다. 반면 Arionidae의 일부 종은 털이 없고 조직이 부드러운 식물들을 선호한다고 하였고(Jennings and Barkham, 1975), Westerbergh and Nyberg(1995)도 Arion 2종은 털이 있

는 것 보다 털이 없는 생태형의 분홍장구채(*Silene dioica*)를 더 선호한다고 하였다.

연체동물은 성숙한 식물체보다 모종상태의 식물들을 선호한다고 하였다(Byers and Bierlein, 1982). 또한 부드러운 조직을 가진 식물체는 달팽이류의 선택성이 높으며(Dirzo, 1980), 식물체의 외부 표면이 단단하면 *Cepaea nemoralis* 달팽이의 섭식작용을 방해한다는 보고도 있다(Grime *et al.*, 1968). Cook *et al.*(1996)도 겨울밀 품종과 잡초종류별로 작은뾰족민달팽이의 기주 선호성 조사에서 밀의 생육단계가 같으면 품종간에는 작은뾰족민달팽이의 선호성 차이가 없었으나 종자, 모종 및 유식물체 등 생육 단계가 다른 경우 작은뾰족민달팽이에 의한 섭식량 차이가 많다고 하였다. 또한 겨울밀과 다양한 잡초 잎을 각각 제공하였을 경우, 잡초 잎보다 밀, 또한 맛있는 잡초 잎보다 밀을 더 선호하였으며 겨울밀의 피해도 크다고 하였다. 그리고 Duthoit(1964)는 귀리, 보리 및 밀 종실에 대한 작은뾰족민달팽이의 선호성을 조사한 결과 밀 종실을 가장 선호한다고 하였는데, 그 이유는 다른 종실보다 밀 종실의 풍미가 풍부하기 때문이라 하였다.

기주별 발육특성

작은뾰족민달팽이가 산란한 난괴의 부화율은 Fig. 2와 같았다. 부화율은 오이에서 92.4%로 가장 높았으며, 다음은 배추에서 88.4%, 케일과 양배추에서 약 84%, 당근에서 73.3% 이었고, 잎들깨에서 62.5%로 가장 낮았다. Baur(1994)는 산란하는 민달팽이류의 영양상태가 좋을수록 큰 알을 낳는다고 하였다. 본 연구에서 오이와 배추의 부화율이 타 기주보다 높았던 원인은 이들 기주들이 타 기주보다 수분함량과 무기질 함량 등이 높아 작은뾰족민달팽이가 이들을 다량 섭식하여 영양상태가 좋은 조건에서 산란함으로써 우량한 알을 산란하여 부화율이 높았던 반

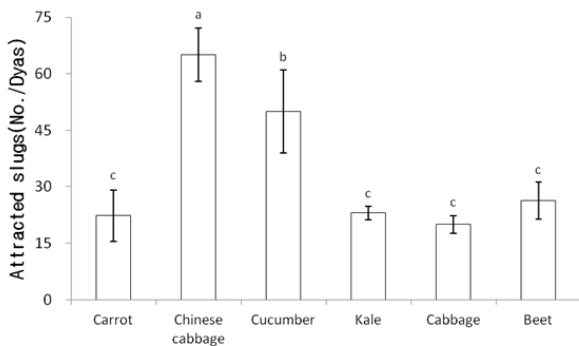


Fig. 1. Total number of *Deroceras reticulatum* attracted to different foods for 4 days. Means with the same letter in each group are not significantly different (Tukey's HSD test, $\alpha = 0.05$).

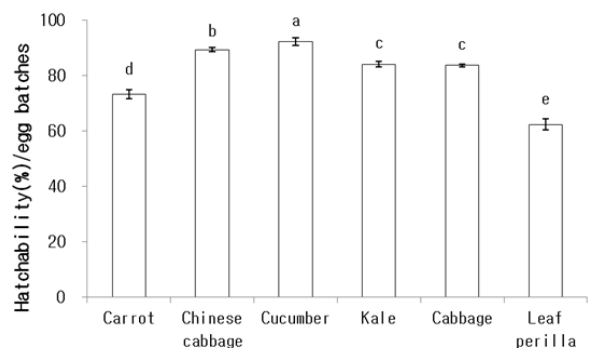


Fig. 2. Hatchability of *D. reticulatum* eggs on different foods. Thirty egg batches were observed. Means with the same letter in each test group are not significantly different (Tukey's HSD test, $\alpha = 0.05$).

면 잎들개는 고유의 강한 향기와 낮은 수분함량 등이 부화에 부정적인 영향을 미친 것으로 여겨진다.

기주에 따른 난괴당 알수, 누적 산란일수, 산란기간(최초 산란일부터 산란 종료일까지의 기간) 및 총 산란수는 Table 1과 같았다. 난괴당 알수는 오이 및 배추에서 7.8개로 가장 많았으며, 잎들개에서 4.1개로 가장 적었다. 누적 산란일수는 오이에서 14.1일로 타 기주의 3.0내외보다 월등히 많았다. 산란기간은 오이가 148일로 가장 길었고, 잎들개가 56일로 가장 짧았다. 그리하여 총 산란수는 오이가 109개로 가장 많았고, 잎들개가 10개로 가장 적었다.

육산 달팽이류의 기주 섭취에 있어서 기주의 가용성과 영양학적 균형은 정의 상관관계가 있으며(Speiser, 2001), 달팽이들의 기주는 계절적으로 변하며 산란과 성장에 영향을 준다고 하였다(Van der Steen *et al.*, 1973; Scheerboom, 1978). 본 연구에서 기주별로 산란회수, 총 산란수 등 산란특성에 차이가 많았던 원인은 이들 기주가 가진 풍미와 영양학적 특성에 의해 작은뾰족민달팽이의 기주별 섭식량 차이에 기인한 것으로 여겨진다.

작은뾰족민달팽이의 기주조건에 따른 알 기간, 유체기간 및 성체수명, 알에서 성체수명까지의 총 수명(생존기간)은 Table 2와 같았다. 알 기간은 12~13일 내외로 기주 간에 유의차가 없었

으나, 유체기간은 오이에서 74일로 가장 짧았고 당근, 배추, 케일, 양배추, 잎들개 순으로 길었다. 그러나 성체수명은 오이가 186일로 가장 길었고, 케일(89일)과 잎들개(65일)는 매우 짧았다. 그리하여 수명은 오이가 273일로 가장 길었고, 배추, 당근 양배추는 240일 내외로 비슷하였으며, 잎들개는 190일로 가장 짧았다.

Shibata & Roll(1988)은 성체의 기주 섭취에 따른 산란된 알의 품질이 유체의 성장률에 영향을 미치지 않는다고 하였다. Ajayl *et al.*(1978)은 아프리카 왕달팽이인 *A. marginata*는 야생 잡초인 *Luffa officinalis*나 수생식물인 *Talinum triangulare*와 같이 한 종류의 기주만 계속하여 식이하면 개체 성장이 매우 느려지지만, 파파야 열매, 옥수수 및 카사바 등 여러 종류의 기주를 식이하면 개체가 크고 성장이 빠르다고 하였다.

본 실험에서 알기간은 12~13일로 기주에 따른 유의한 차이가 없었는데, 이는 기주의 상태에 따른 영향이 거의 없었던 것에 기인된 것으로 여겨진다. 하지만 유체기간과 성체수명은 각각 75~111일과 66~187일로 기주에 따른 유의한 차이가 있었는데, 이러한 차이는 기주식물의 영양상태 및 선호성 등에 따른 차이로 여겨진다. 특히 오이, 당근 및 배추에서 유체의 발육기간이 상대적으로 짧았고 성체수명이 상대적으로 길었던 것은 기주의

Table 1. Oviposition of *D. reticulatum* on different foods

| Food | Slugs used (No) | Egg batches laid (mean±SD, No)* | Accumulated egg-laying days (mean±SD, No)* | Egg-laying period (mean±SD, days)* | Total eggs laid (mean±SD, No.)* |
|-----------------|-----------------|---------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------|
| Cucumber | 30 | 7.8 ± 0.2 a | 14.1 ± 0.6 a | 148.0 ± 1.6 a | 109.6 ± 3.3 a |
| Chinese cabbage | 30 | 7.7 ± 0.2 a | 3.2 ± 0.3 bc | 105.0 ± 3.6 c | 24.4 ± 2.5 b |
| Carrot | 30 | 4.9 ± 0.3 c | 3.7 ± 0.5 b | 113.3 ± 2.5 b | 18.0 ± 1.9 c |
| Cabbage | 30 | 6.8 ± 0.2 b | 2.5 ± 0.1 c | 104.0 ± 3.8 c | 17.3 ± 1.3 c |
| Kale | 30 | 5.0 ± 0.1 c | 2.5 ± 0.1 c | 85.6 ± 1.2 d | 12.5 ± 0.7 d |
| Leaf perilla | 30 | 4.1 ± 0.4 d | 2.5 ± 0.5 c | 56.4 ± 0.6 e | 10.1 ± 1.1 d |

*Means with the same letter in each test group are not significantly different (Tukey's HSD test, $\alpha = 0.05$).

Table 2. Developmental periods of *D. reticulatum* on different foods

| Food | Slugs used (No) | Egg period (mean±SD, days)* | Juvenile period (mean±SD, days)* | Adult longevity (mean±SD, days)* | Life span (mesn±SD, days)* |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Cucumber | 30 | 12.1 ± 0.5 a | 74.6 ± 2.1 d | 186.5 ± 2.9 a | 273.2 ± 4.5 a |
| Chinese cabbage | 30 | 12.5 ± 0.4 a | 90.8 ± 1.4 c | 143.9 ± 14.8 b | 247.2 ± 16.0 b |
| Carrot | 30 | 12.3 ± 0.4 a | 89.0 ± 1.7 c | 148.1 ± 3.6 b | 249.3 ± 2.8 b |
| Cabbage | 30 | 12.3 ± 0.8 a | 103.2 ± 3.3 b | 122.7 ± 9.8 c | 238.3 ± 7.3 b |
| Kale | 30 | 13.0 ± 0.5 a | 100.0 ± 1.7 b | 89.3 ± 8.5 d | 202.3 ± 7.4 c |
| Leaf perilla | 30 | 13.1 ± 0.5 a | 110.9 ± 4.0 a | 65.5 ± 6.3 e | 189.5 ± 9.0 c |

*Means with the same letter in each test group are not significantly different (Tukey's HSD test, $\alpha = 0.05$).

영양적 및 물리적 특성과 관련이 있는 것으로 생각된다. 따라서 앞으로 기주의 양적 및 질적 특성과 관련한 연구가 이루어지면 더욱 흥미로운 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

Literature Cited

- Ajayl, S.S., O.O. Tewe, C. Moriarty and M.O. Awesu. 1978. Observation on the biology and nutritive value of the African giant snail *Archachatina marginata*. E. Afri. Wildl. J. 16: 85-95.
- Baur, A. 1994. Within- and between-clutch variation in size and nutrient content of eggs of the land snail *Arianta arbustorum* (L.). Funct. Ecol. 8: 581-586.
- Byers, R.A. and D.L. Bierlein. 1982. Feeding preference of three slug species in the laboratory. Melscheimer Entomological Series 32: 5-11.
- Cook, R.T., S.E.R. Bailey and C.R. McCrohan. 1996. Slug preferences for winter wheat cultivars and common agricultural weeds. J. Appl. Ecol. 33: 866-872.
- Cook, R.T., S.E.R. Bailey, C.R. McCrohan, B. Nash and R.M. Woodhouse. 2000. The influence of nutritional status on the feeding behaviour of the field slugs, *Deroceras reticulatum* (Müller). Anim. Behav. 59: 167-176.
- Cottam, D.A. 1985. Frequency-development grazing by slugs and grasshoppers. J. Ecol. 73: 925-933.
- Dirzo, R. 1980. Experimental studies on slug-plant interactions. 1. The acceptability of 30 plant species to the slug *Agriolimax caruanae*. J. Ecol. 68: 981-998.
- Duthoit, C.M. 1964. Slugs and food preference. Pl. Pathol. 13: 73-78.
- Duval, D.M. 1971. A note on the acceptability of various weeds as food for *Agriolimax reticulatus* (Müller). Journal of Conchology, 27: 249-251.
- 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.
- Grime, J.P., S.F. MacPherson-Stewart and R.S. Dearman. 1968. An investigation of leaf palatability using the snail *Cepaea nemoralis* L. J. Ecol. 56: 405-420.
- Jenning, T.J. and J.P. Barkham. 1975. Food of slugs in mixed deciduous woodland. Oikos 26: 211-221.
- Inoue, T., Y. Inokuma, S. Watanabe and Y. Kirino. 2004. In vitro study of odor-evoked behavior in a terrestrial mollusk. J. Neurophysiol. 91: 372-381.
- Kim, H.J., S.D. Bae, G.H. Lee, Y.N. Yoon, S.T. Park, B.R. Choi and C.G. Park. 2009. Effect of temperature on the development and longevity of the Gray Field Slug, *Deroceras reticulatum* Müller (Stylommatophora: Limacidae). Kor. J. Appl. Entomol. 48: 541-546.
- 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: 421-426.
- Kimura T., H. Suzuki, E. Kono and T. Sekiguchi. 1998. Mapping of interneurons that contribute to food aversive conditioning in the slug brain. Learn Mem 4: 376-388.
- Michailides, T.J. and P.A.G. Elmer. 2000. Botrytis gray mold of kiwifruit caused by *botrytis cinerea* in the United States and New Zealand. Pl. Dis. 84: 208-223.
- Peters, H.A., Baur, B., Bazzaz, F. and Körner, C. 2000. Consumption rates and food preferences of slugs in a calcareous grassland under current and future CO₂ conditions. Oecologia 125: 72-81.
- Port, C.M. and G.R. Port. 1986. The biology and behaviour of slugs in relation to crop damage and control. Agric. Zool. Rev. 1: 253-299.
- Scheerboom, J.E.M. 1978. The influence of food quantity food quality on the assimilation, body growth, and egg production in the pond snail *Lymnaea stagnalis* (L.) with particular reference to the haemolymph-glucose concentration. P. K. Ned. Akad. Wetensc. C81: 184-197.
- Sahley, C., A. Gelperrin and J.W. Rudy. 1981. One-trial associative learning modifies food odor preferences of a terrestrial mollusk. Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 78: 640-642.
- SAS Institute. 2004. SAS/Stat guide: Statistics. SAS Institute, Cary, NC.
- Bruelheide, H and U. Scheidel. 1999. Slug herbivory as a limiting factor for the geographical range of *Arnica montana*. J. Ecology 87: 839-848.
- Shibata, D.M. and C.D. Roll. 1988. Intraspecific variation in the growth rate of gastropods: five hypotheses. Entomol. Soc. Canada 146: 199-213.
- Spaul, A.M. and S. Eldon. 1990. Is it possible to limit slug damage using choice of winter wheat cultivars? In Proceedings of the Brighton Crop Protection conference. Pests and Diseases 2: 703-715.
- Speiser, B. 2001. Food and feeding behaviour. pp. 259-288. In The biology of terrestrial molluscs, ed. by G.M. Barker. 558pp. Cab International. Wallingford.
- Wadham, M.D. and D.W. Parry. 1981. The silicon content of *Oryza sativa* L. and its effect on the grazing behaviour of *Agriolimax reticulatus* (Muller). Ann. Bot. 48: 399-402.
- Westerbergh, A. and A.B. Nyberg. 1995. Selective grazing of hairless *Silene dioica* plants by land gastropods. Oikos 73: 289-298.
- Wareing, D.R. 1993. Feeding history: a factor in determining food preferences in slugs. J. Moll. Stud. 59: 366-368.
- Van der Steen, W.J., J.C. Jager and D. Tiemersma. 1973. The influence of food quality on feeding, reproduction and growth in the pond snail *Lymnaea Stagnalis* (L.) with some methodological comments. P. K. Ned. Akad. Wetensc. C76: 47-60.