

영남지역의 왕우렁이 월동 및 월동처

김현주* · 배순도 · 이건휘 · 박성태 · 박정규¹ · 박형만²

농촌진흥청 작물과학원 영남농업연구소, ¹경상대학교 농업생명과학연구원, ²농업과학기술원 농업해충과

Over-wintering of the Apple Snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) and Its Over-wintering Habitat in the Yeongnam District

Hyun-Ju Kim*, Soon-Do Bae, Geon-Hwi Lee, Sung-Tae Park, Chung-Gyoo Park¹
and Hyeong-Man Park²

Yeongnam Agricultural Research Institute, NICS, RDA, Milyang 627-130, Korea

¹Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, Korea

²Applied Entomology Division, National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT : The effect of environmental factors on the over-wintering success of the apple snail, *Pomacea canaliculata*, which is considered as unable to hibernate during winter climate in Korea. This study was examined to determine the location of over-wintering habitats in the agricultural water system related with weed control using the apple snail in rice paddy field in the Yeongnam district from 2003 to 2006. Over-wintering success of the apple snail was observed at Hadong, Hapchen, Sanchung, Kimhae, Milyang, Changwon, Ulsan, Busan, Gyengju, Pohang, Chilgok, Seongju, Gumi, Sangju and Youngju in Yeongnam area. And the over-wintering locations of apple snail going north year by year. Accordingly, the successful over-wintering sites observed were deep wells, water running canals and brooks not dried conditions. A special feature of this sites was that the water of this sites was not frozen during winter season.

KEY WORDS : Apple snail, Over-wintering, Over-wintering habitat

초 록 : 원산지가 열대지방인 왕우렁이가 국내에서는 월동이 불가능할 것으로 여겨졌으나 1980년대 초에 도입된 후 20여년이 지난 현재 한국 기후에 적응되어 남부지방의 일부 지역에서 월동이 확인되었다. 본 연구는 2003년부터 2006년까지 영남지역에서 왕우렁이를 이용하여 벼 잡초방제를 실시한 지역을 중심으로 왕우렁이의 월동분포와 월동지역의 환경특성을 조사하기 위하여 수행하였다. 영남지역의 왕우렁이 월동실태를 조사한 결과, 하동, 합천, 산청, 김해, 밀양, 창원, 울산, 부산, 경주, 포항, 칠곡, 구미, 상주 및 영주에서 월동을 확인하였는데, 월동지역은 해마다 북상하였다. 왕우렁이가 월동되는 지역의 환경을 조사한 결과 주로 깊은 웅덩이나 겨울에도 물이 계속 흐르는 하천이나 수로, 지하수가 계속 흘러내리는 수로 및 수막재배를 하는 비닐하우스 단지 주변의 도랑 등이다. 이들 장소들의 특징은 겨울에도 수온이 크게 내려가지 않아 물이 얼지 않거나 표면에만 물이 얼고 속에는 물이 얼지 않는 장소들이었다.

검색어 : 왕우렁이, 월동, 월동처

*Corresponding author. E-mail: yaehyunj@rda.go.kr

왕우렁이가 최초로 국내에 도입된 시기는 1983년으로 그 당시에는 식용목적으로 도입되었으나 1992년 충북 음성에서 벼논의 잡초방제용으로 이용하면서부터 왕우렁이를 이용한 벼 재배면적은 해마다 증가하여 2000년 179 ha에서 2007년에는 약 45,000 ha로 면적이 급속히 늘어났다 (Lee *et al.*, 2002).

왕우렁이(*Pomacea canaliculata*)는 연체동물 복족류에 속하며, 중남미, 아프리카, 동남아 등지에 10속(genera) 약 120여종이 서식하고 있는 것으로 알려져 있다(Berthold, T, 1991). 원산지가 열대지방인 왕우렁이는 수온이 18°C 이하에서는 활동이 매우 약화되고 24°C 이상에서 활동성이 높아지는데, 생존 하한선은 0°C에서 35일, -3°C에서 3일, -6°C에서 1일 내외로 보고되어 있다(Kiyota *et al.*, 1995; Oya *et al.*, 1987).

열대 원산지인 왕우렁이가 도입 초기에는 국내의 자연 환경에서 월동이 불가능할 것으로 여겨졌으나 도입 된지 20여년이 지난 현재 한국 기후에 적응되어 남부지역을 중심으로 특정 환경조건에서 월동하고 있음이 확인되었다(Kim *et al.*, 2007; Hwang *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2002). 그리고 앞으로 계속해서 왕우렁이 월동 지역은 더욱 증가할 것으로 생각되는데, 그 이유는 계속해서 잡초방제 목적으로 왕우렁이를 이용하는 벼 재배면적이 증가하고 있고 또 지구 온난화에 의해 기온도 조금씩 상승하고 있기 때문이다. 따라서 향후 전국적인 왕우렁이 월동 가능성도 배제할 수 없는 상황이다.

왕우렁이는 토착 우렁이와 달리 알로 세대를 경과하기 때문에 대량 증식할 수 있는 조건이 토종 우렁이보다 훨씬 높으며 1회 평균 272개(Teo, 2004), 연중 4375의 알을 산란하며 최고 8680개까지 산란한다(Mochida, 1988a, 1991).

국내에서 왕우렁이가 광범위하게 월동이 되면 여러 가지 문제점들이 발생하게 되는데, 그 중 하나는 직파답이나 이앙답에서 왕우렁이에 의한 벼 피해(Oya *et al.*, 1987; Yano and Nakatani, 1989; Litsinger and Estano, 1993; Halwart, 1994; Takahashi W., 2004), 추청벼 모에서 피해 경률 53.9%, 피해엽률 33.9%에 이르며(Lee *et al.*, 1984), 이앙 6일후 왕우렁이를 방사한 경우 피해경률이 10.6~11.6%에 이르는 것으로 보고되었다(Park and Cho, 1985). 실제 아시아 여러 국가에서 이미 수도 해충으로 정착되어 있으며(Hirai, 1988; Rejesus *et al.*, 1990; Halwart, 1994a) 생물적 방제, 화학적 방제, 재배적 방제 등에 대해 연구되어 왔다(Halwart, 1994b; Teo, 2002, 2003, Litsinger and Estano, 1993). 또 다른 부분은 우포늪 등 자연생태보전지역으로의 침입과 그에 따른 식생파괴 가능성이 우려되고 있

다(Vashney and Roska, 1976; Carlsson and Lacoursiere, 2005).

본 연구는 최근에 외래해충으로써 문제가 되고 있는 왕우렁이에 대해 국내 자연환경에서 월동지역과 월동지역의 환경적 특징을 파악하여 향후 왕우렁이 농법에 대한 정부 정책수립과 관리대책 확립의 자료로 활용코자 수행하였다.

재료 및 방법

월동조사

영남지역에서 왕우렁이의 월동조사는 2003년부터 2006년까지 주요 왕우렁이 입식단지를 대상으로 조사한 것과 인위적으로 왕우렁이를 포트에 매설한 다음 월동여부를 조사하는 시험으로 나누어 수행하였다. 입식단지를 대상으로 한 조사는 현재 왕우렁이를 이용하여 벼 재배를 하고 있거나 과거에 하였던 지역 및 과거 왕우렁이 양식을 하였던 주변 지역을 중심으로 조사하였다(Table 1). 조사 시기 및 지역은 12월부터 이듬해 봄에 논에다 모를 입식한 후 잡초제거용 왕우렁이를 입식하기 전까지 조사지점 주변에 살아있는 왕우렁이 개체 및 산란해 놓은 알을 대상으로 하였다.

조사지점은 왕우렁이 입식 논이나 양식장 주변의 수로, 도랑, 웅덩이, 저수지 및 주변에 있는 하천을 대상으로 하였다. 월동개체의 조사는 조사 대상 지점별로 크게 2가지로 나누어 하였는데 수로나 도랑, 하천 등은 철 망사 뜰채(직경 30 cm)를 이용하여 5~10지점을 조사하여 면적을 1 m²로 환산한 다음 생존해 있는 왕우렁이 개체수를 평균하여 나타내었고, 웅덩이나 저수지 같은 곳은 육안으로 한 지점당 1 m²의 면적을 대상으로 뜰채(길이 3 m, 직경 30 cm)를 이용하여 생존여부를 재확인하였다.

인위적인 매설시험은 왕우렁이를 이용하여 벼논의 잡초를 제거하고 있는 주요 지역 중 위도가 다른 하동(35N5), 합천(35N33), 구미(36N20), 예천(36N40)을 임위로 선정하여 2003년 11월초에 포트에 넣어 수행하였다. 시험방법은 각 지역당 1곳씩 원형고무포트(직경 90 cm × 높이 50 cm)를 이용하여 실제 지온과 고무포트 바닥과의 지온 차이를 최대한 줄이기 위해 논흙을 포트에 채우는 깊이만큼 논바닥을 판 다음 그 흙을 고무포트에 10, 20, 30 cm씩 채운 후 채운 논흙의 상부에서 다시 물을 10, 20, 30 cm 높이로 채웠다. 왕우렁이는 크기가 각경 기준으로 15~25 mm 되는 개체를 포트당 30마리씩 넣었고, 그런 다음 조류나

다른 동물에 의한 피해를 방지하기 위하여 입구를 망사로 덮어서 봄까지 관리한 다음 2004년 4월초에 포트 속에 생존해 있는 개체수를 조사하였다.

산란된 알의 월동여부는 2005년 조사대상 지점(하동, 합천, 구미, 영주)별로 산란된 난괴를 채취하여 해충사육실(온도 24±2°C, 습도 50-80%, 일장 14L : 8D)에서 페트리디쉬(직경 100 mm, 높이 15 mm, SPL Co.)에 난괴 1개씩 넣은 후 30일 경과후 부화되어 생존한 알의 수를 조사하였다.

월동처 환경조사

왕우렁이가 어떤 형태의 자연환경에서 월동하고 있는지 조사하기 위하여 주변의 환경조건과 월동이 확인된 주요 지점을 대상으로 수온과 기온을 조사하였다. 환경조건은 서식처의 형태, 동계 결빙여부 및 주변 환경을 조사

하였다. 왕우렁이가 월동되는 지역의 수온과 기온 조사는 위도별로 이미 월동이 확인된 지역(칠곡 왜관 금남리, 구미 선산 봉곡리, 상주 초산동)의 3지점과 같은 상주 지역이지만 월동이 확인 되지 않은 지점 1곳(상주, 초산동)을 추가하여 수온과 기온을 동시에 측정할 수 있는 자동온도기록장치(TR-72S, T&D Co. Japan)를 이용하여 1 지점당 2대씩 설치하여 1월 중순부터 3월 중순까지 온도를 조사하였다.

결과 및 고찰

월동조사

2003년부터 2006년까지 영남지역에서 왕우렁이의 월동 유무를 조사한 결과(Table 2) 많은 지역에서 유·성체로

Fig. 1. Investigation regions of over-wintering on *Pomacea canaliculata* in Yeongnam from 2003 to 2006

Province	Observed locations	Observed site
Gyeongsang nam-Do	Milyang	밀양시 상남면 예림리 Canal, Brook
	Changwon	창원시 대신면 갈전리 Canal, Brook
	hadong	하동군 횡천읍 여의리 Canal, Brook
	Sancheong	산청군 차황면 부리, 실매리, 전리 Canal, Brook, Well
	hapcheon	합천군 가회면 둔내리 Canal, Brook, Big reservior
	Kimhae	김해시 대동면 마산리 Canal, Brook
	Geochang	거창군 남상면 월평리 Canal, Brook
	Changnyeong	창녕군 우보면 우포리 Upo Wetland
	Busan	부산시 강서구 강동동, 기장군 철마면 구철리 Canal, Brook
	Ulsan	울산시 언양읍 직동리 Canal, Brook
Gyeongsang bok-Do	Chilgok	칠곡군 옥관면 금남리 Canal
	Gumi	구미시 선산읍 봉곡리 옥성면 초곡리 Canal, Brook
	Sungju	성주군 벽진면 봉계리 Canal
	sangju	상주시 중덕동, 초산동, 중동 죽암리 Canal, Brook
	Andong	안동시 하회면 하회리 Canal, Brook
		화룡면 감애리
	Youngju	영주시 장수면 두전리 Canal, Brook
	Yeongdeok	영덕군 영덕읍 천전리 Canal, Brook
		남정면 부흥리
	Pohang	포항시 기계면 남계리 Canal, Brook, Well
	구룡포읍 성동리	
Uljin	울진군 평해읍 학곡리 Canal, Brook	
	평해읍 삼달리	
Gunwi	군위군 군위읍 금성리 Canal, Brook	
	부계면 춘삼리	
Bonghwa	봉화군 봉화읍 문단리 Canal, Brook	
	도천리, 해저리	
Mungyeong	문경시 가은면 원북리 Canal, Brook	
Yecheon	예천군 지보면 도화리 Canal, Brook	
	예천읍 지내동	
Gyeongju	경주시 건천읍 금석리 Canal, Brook	

Table 2. Locations of over-wintering success of *P. canaliculata* in Yeongnam district

Year	No. of location observed (No.)	Location of over-wintering success (No.)
2003	Hadong, Sanchung, Guchang, Hamyang, Tongyeong Hapchen, Ulsan, Busan, Gyengju, Gumi, Sangju (11)	Hadong (1)
2004	Hadong, Hapchen, Sanchung, Busan, Changwon, Ulsan, Gyengju, Pohang, Chigok, Gumi, Sangju, Yeichen, Youngduk, Uljin, Mungyeng (15)	Hadong, Hapchen, Sanchung Busan, Changwon, Gyengju, Pohang, Chilgok (8)
2005	Busan, Changwon, Ulsan, Changyeong, Seongju, Chilgok, Daegu, Gumi, Gunwi, Pohang, Youngduk, Uljin, Youngju, Andong (14)	Ulsan, Busan, Changwon, Seongju, Chilgok, Gumi, Youngju (7)
2006	Hadong, Hapchen, Sanchung, Changwon, Busan, Kimhae, Milyang, Sangju, Chilgok, Gumi, Pohang, Youngduk, Uljin, Youngju, Mungyeng, Bonghwa, Andong, Yeichen (18)	Busan, Changwon, Kimhae, Milyang, Chilgok, Gumi, Sangju, Youngju (8)

월동을 하고 있었다. 그리고 월동지역도 해마다 증가하였고 특히 월동처의 위도도 매년 높아져 북위 37° 가까운 영주지역까지 월동을 확인하였다. 월동지역을 연도별로 보면 2003년에는 하동에서만 전년도 월동개체에 의해 산란한 난괴를 발견하였을 뿐 다른 지역에서는 발견하지 못하였다. 그러나 2004년도에는 총 8지역에서 월동개체를 확인하였는데, 경남지역은 하동, 합천 등 5지역, 경북에서는 경주, 포항 등 3지역이었다. 2005년에는 월동 상한선을 파악하기 위하여 주로 경북지역을 중점적으로 조사하였는데, 경남지역에선 부산, 창원 및 울산, 경북지역은 성주, 칠곡, 구미 및 영주에서 월동을 확인하였다. 주요 월동 지점을 살펴보면 울산에서는 수심이 30 cm 정도인 하천바닥의 돌 밑에서 월동하는 성체를 확인하였는데 발견된 개체수는 매우 적었다. 그러나 구미는 하천에서 유체 뿐만 아니라 매우 큰 성체들도 많이 월동하고 있었다. 2006년도에는 2005년도와 마찬가지로 경북지역을 중심으로 조사하였는데, 칠곡, 구미, 영주는 월동개체의 밀도와 크기가 전년도와 비슷하였고, 전년도에는 월동개체를 발견하지 못한 상주지역에서 일부 소형 개체가 월동하는 것을 확인하였다. 경·남북 지역과 위도가 비슷한 전남과 전북지역을 대상으로 조사된 왕우렁이의 월동 분포지역을 보면 2001년에는 해남지역만 월동을 확인(Hwang *et al.*, 2001)하였으나 2005년에는 전남지역의 해남, 보성, 강진 및 담양과 전북의 전주 및 정읍까지 왕우렁이의 월동이 확인되어 최근 왕우렁이의 월동지역이 증가하고 있음을 알 수 있다(Seo *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2007). Lee *et al.* (2002)도 전국의 주요 벼 재배단지들을 중심으로 왕우렁이 월동을 조사한 결과 전남 지방에서는 월동을 확인하였으나 경남북 지역에서는 발견하지 못하였다고 하였는데, 본 조사에서도 2003년에는 하동에서만 월동을 확인하였으나 2006년에는 영주와 상주 지역까지 월동을 확인하여 그동안 왕우렁이의 내한성이 급속히 증대된 것

Table 3. The density and size of over-wintering *P. canaliculata* in various locations in Yeongnam district in 2005

Observed locations	Over-wintering density (No./m ²)	Average (mm)		Sites
		Shell width	Shell height	
Ulsan	0~5	19.6	29.8	brook
Busan	5~10	12.5	19.2	brook
Changwon	0~5	8.3	12.7	brook
Chilgok	> 50	11.4	17.2	canal
Gumi	5~10	18.1	28.1	brook
Sungju	0~5	15.5	25.1	canal
Youngju	0~5	18.3	28.8	brook

* Observed periods : March to May.

으로 생각된다.

2005년에 주요 조사 지점별로 월동하는 왕우렁이의 밀도와 개체의 크기를 조사해 본 결과(Table 3) 가장 월동밀도가 높은 지점은 경북 칠곡 왜관읍 금남리에 있는 작은 수로로 이곳에서는 크기가 작은 개체(각고×각경 12.7×8.3 mm)들이 m²당 50마리 이상 월동하였다. 부산 강동동과 경북 구미시 선산읍 봉곡리는 m²당 5~10마리 밀도로 개체 크기도 중대형 개체들이 월동하였는데, 특히 구미는 각고 3 cm 이상인 개체들이 많이 월동하였다. 그 외 지역은 m²당 5마리 이하로 개체수가 적었으며 창원은 월동개체의 크기가 가장 작았다. 이처럼 지역간 월동밀도 및 개체크기별 차이가 큰 원인은 지역별 서식처 환경이 다르기 때문인데(Giller and Malmqvist, 1998), 구미는 월동처에 수초 및 이끼류가 많아 조류에 의한 큰 왕우렁이들 개체들의 피해가 적은 반면 창원은 겨울철 하천에 물이 매우 적고 특히 주변에 철새도래지인 주남저수지가 있어 상대적으로 조류에 의해 큰 개체들이 피해를 많이 받은 것으로 생각된다. 일본에서 왕우렁이의 월동을 조사한 결과를 보면 왕우렁이의 월동은 겨울 평균 기온이 0°C 이상인 구주지방에

서는 논과 용수로의 땅속에 들어간 왕우렁이는 4월 하순 까지 20%가 생존하였고, 각고 2-3 cm정도인 개체들의 월동율이 높았으나 대체적으로 월동기간의 연도간 평균 기온 및 최저기온에 따라서 생존율에 큰 차이가 있다고 하였다(Kiyota *et al.*, 1995; Oya *et al.*, 1987). 반면 Hwang *et al.*(2002)은 왕우렁이 개체크기에 따른 생존기간의 영향은 일정한 경향이 없었다고 하였고, Oya *et al.* (1987)도 왕우렁이를 0°C의 저온시험 생존기간을 조사한 결과 개체 크기에 따른 일정한 경향이 없었다고 보고하였다. 본 조사에서도 기온에 따른 지역간 월동개체의 크기는 일정한 경향이 없었는데, 왕우렁이 월동에 가장 중요한 원인은 월동처의 주변 환경이 가장 큰 요인으로 생각된다.

월동하는 왕우렁이 개체의 밀도를 지역별 및 연도별로 조사한 결과(Fig. 1) 일부 지역을 제외하곤 연도별 차이는 크게 나지 않았으나 지역별 차이는 매우 많았다. Seo *et al.* (2007)도 월동전의 왕우렁이 밀도는 지역에 따라 달랐고 월동이후에도 지역별로 같은 밀도가 형성되지 않았다고 하여 왕우렁이 월동은 지역간 차이가 큰 것으로 생각된다. 일부 지역에서 연도별 왕우렁이 월동 밀도 차이가 많은 주 요인은 인위적인 서식처 파괴의 영향에 기인한다. 대표적인 지역이 하동과 칠곡인데, 하동은 월동처인 수로를 시멘트 수로로 교체하는 과정에서 월동처가 파괴 되었다. 칠곡은 같은 해 4월초까지는 월동개체 밀도가 매우 높았지만 4월 하순경 도랑의 흙을 준설하는 과정에서 월동처가 파괴되어 개체 밀도가 많이 줄었다. 4년간 조사한 평균 월동개체 밀도를 살펴보면 월동개체 밀도가 가장

높았던 지역은 경북 칠곡으로 m²당 21~50마리가 월동하였다. 이 지역에서 왕우렁이가 많이 월동 한 이유는 주위에 수막재배 하우스가 많아서 겨울철에도 수온이 높은 물이 작은 도랑에 끊임없이 흘러 들어온 영향으로 생각된다. 그리고 구미, 김해 및 부산지역은 m²당 5~10마리였고, 그 외 지역은 5마리 이하로 밀도가 낮았다.

11월초에 야외에서 대형 고무포트에 왕우렁이를 넣은 후 이듬해 4월에 월동 여부를 조사한 결과 생존한 왕우렁이 개체는 전혀 없었다. Lee *et al.* (2001)도 지상에 플라스틱 용기를 설치한 후 왕우렁이를 넣고 저장시험을 한 결과 11월 하순까지는 대부분의 왕우렁이가 생존하였고, 12월 중순에는 생존율이 1.3~16%였으나 1월 하순에는 전부 사망하였다고 보고하여 본 결과와 비슷하였다. 이처럼 인위적인 저장시험에서 왕우렁이 생존하지 못하는 이유는 왕우렁이를 투입한 고무통의 용량이 적었고, 특히 고무통과 매설한 지역의 논 지표면이 서로 격리되어 있어서 일반적인 토양의 지온보다 고무통속의 지온이 낮았던 영향으로 생각된다.

왕우렁이가 알로 월동이 되는지를 알아보기 위하여 4월에 지역별로 전년도에 산란된 난괴를 채취하여 시험실에서 부화실험을 한 결과 부화된 유체는 발견하지 못하였다. 전년도 산란된 난괴가 부화되지 못한 원인은 겨울동안 0°C이하의 기온에 장기간 노출되어 모두 치사된 것으로 생각한다. Lee *et al.* (2002)은 전남 장성과 해남 및 충남 장항에서 1월부터 6월까지 난괴를 채집하여 실내에서 부화실험을 한 결과 장성은 2월 이전 난괴에서, 해남은 4월

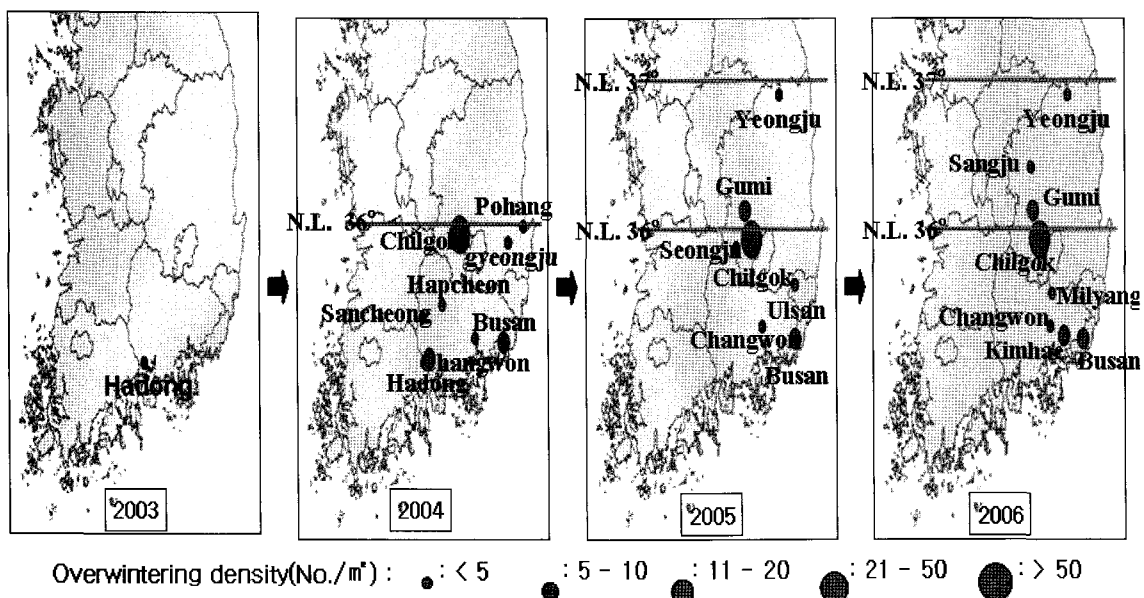


Fig. 1. Over-wintering habitat of *P. canaliculata* in Yeongnam district.

이전 난괴에서 부화가 되었으나 그 이후의 난괴에서는 부화되지 않았고, 특히 장항에서는 전혀 부화되지 않았다고 보고하여 본 조사의 결과와 유사하였다. 따라서 현재까지 영남지역에서 왕우렁이의 월동은 알보다는 유체나 성체의 형태로 월동하는 것으로 생각되며, 향후 지속적인 조사가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

월동처 환경특성

왕우렁이가 월동하는 곳은 대부분 깊은 물웅덩이, 수로, 도랑 및 하천(Table 4)이었다. 이들의 공통된 특징은 겨울철에도 물이 계속 흐르거나 또는 주위에서 따뜻한 물이

Table 4. The number of hatched egg after over-wintering of eggs of *P. canaliculata* in some locations within Yeongnam district in 2004

Surveyed locations	No. of egg mass	No. of hatched eggs
Hadong	5	0
Hapcheon	10	0
Gumi	10	0
Yeongju	10	0

* Condition of tested rearing room : Temp. 24±2°C, Humidity 50-80%, Photoperiod 14L : 8D

* Investigated time : 30 days after incubation

유입되어 얼음이 얼지 않는 곳, 물속에 수초나 이끼류가 많아 조류 등 천적으로부터 보호받을 수 있고 바닥 토심이 깊고 부드러워 쉽게 땅속으로 왕우렁이가 들어갈 수 있는 지역이었다. 지역별로 특징을 보면 칠곡과 부산은 주변에 수막재배하우스가 있었고, 특히 성주는 월동처 주변에 자연적으로 분출되는 지온 18°C정도인 지하수가 있어 겨울철에도 왕우렁이가 성장을 계속하였다. 영주와 상주의 월동처는 계속해서 상류에서 많은 물이 흘렀고, 구미는 하천의 수초와 이끼류가 많은 격리된 물웅덩이와 수심이 깊은 바다, 산청은 해발 300 m로 고도는 높았지만 논 가장자리에 위치한 관수용 물웅덩이 바닥에서 겨울철에도 따뜻한 물이 계속 분출되는 곳이었다. Lee *et al.*(2002)도 전남 및 충남지역 왕우렁이의 월동처는 대부분 논의 물웅덩이, 용수로 및 저수지 아래의 땅속과 수중에서 월동하였다고 보고하였고, 일본에서도 왕우렁이의 월동은 벼 수확후 물이 고여 있는 곳이나 땅속, 용·배수로의 다리 밑 토관속, 생활 또는 산업체 하수구가 유입되는 곳 등으로 물이 있는 곳이라고 한 결과와 거의 유사하였다 (Kiyota, H. and K. Sogawa. 1995) .

왕우렁이가 월동하는데 가장 중요한 인자는 월동처의 수온이다. 위도별로 주요 지점을 선정하여 월동처의 기온과 수온을 조사한 결과(Table 5) 도랑이나 하천의 물이 겨울동안 계속해서 흘러내리는 지역에서는 기온은 낮아

Table 5. The surrounding specifics of over-wintering sites of *P. canaliculata* in some locations within Yeongnam district

Sites	Observed locations	Surrounding specifics
Brook	Ulsan	- Running water during winter season - Overwintering in deep well
	Busan	- Very short time freezing - Deep soil depth and many reeds
	Changwon	- Running water, soft soil, deep soil depth and many water plants
	Gumi	- No freezing and running water - Many moss in isolated well in depth of 40cm
Canal	Sungju	- No freezing water due to warm ground water (20°C) spouting - Development of golden apple snail during winter season without dormancy
	Sangju	- Running water for winter season - Many water plants in watercourse
	Youngju	- Running water for winter season - Many water plants in watercourse
	Chilgok	- Water curtain cultivation under greenhouse - No freezing and running water
	hadong	- Running water during winter season - In ground soil in puddle
Brook, canal	hapcheon	- Big reservoir from 300m sea level - Water running into reservoir during winter season
Well	Sancheong	- Puddle(3m in width, 1.5m in depth) from 300m sea level - No freezing water spots from the ground

Table 6. Level of air and water temperatures around cultivated rice fields with *P. canaliculata* in some locations within Yeongnam district.

Locations	Sites	Measured temperature	Highest temp. (°C)	Lowest temp. (°C)	Average temp. (°C)	Over-wintering
Chilgok	canal	Air	24.4	-13.9	3.3	○
		Water	20.7	1.9	10.6	
Gumi	brook	Air temp.	21.7	-12.1	2.0	○
		Water	20.0	1.5	6.1	
Sangju	canal	Air	28.3	-14.0	1.5	×
		Water	24.5	0.3	3.4	
Youngju	canal	Air	23.7	-14.9	0.2	○
		Water	22.7	1.6	5.5	

※ Measured periods : From Jan. 19th to March 17th 2006; Measurement equipment : Thermostats TR-71S(T&D Co., Japan)

도 수온은 상대적으로 높았다. 특히 위도는 높지만 왕우렁이가 월동하고 있는 영주의 월동처는 상주보다 기온은 낮았지만 수로의 평균 수온이 5.5°C로 상주보다 2°C정도 높았다. 반면 월동이 되지 않은 상주의 월동처는 평균 수온이 3.4°C, 최저 수온이 0.3°C로 조사 지점중 가장 낮았다. 이것은 왕우렁이의 생존하한선은 기온이 0°C에서 35일, -3°C에서 3일, -6°C에서 1일 이내라고 보고한 결과와는 다소 차이가 많았다(Oya *et al.*, 1987). 그 이유는 기온은 0°C이하로 매우 낮아도 수온은 수심에 따라 차이가 많고, 특히 계속해서 물이 많이 흐르는 경우 바닥부분의 물은 상대적으로 수온이 높았던 영향으로 생각한다. 특히 월동이 되는 지점들은 겨울철에도 계속해서 도랑과 수로에 물이 흘러 얼음이 얼지 않았지만 월동이 되지 않은 상주지점은 도랑전체의 물이 얼어 지표면의 최저온도가 0.3°C까지 떨어져서 왕우렁이의 월동에 불리하게 작용한 것으로 생각된다. 이와 같이 겨울철에도 수로가 얼지 않는 특수한 지역은 많이 존재할 것으로 보이며, 특히 지구온난화의 영향으로 계속해서 기온이 상승하면 왕우렁이가 월동하는 지역은 더욱 늘어나고, 월동지역도 더욱 북상할 것으로 생각된다.

Literature Cited

Berthold T. 1991. Vergleichende Anatomie, Phylogenie und historische Biogeographie der Ampullariidae (Mollusca, Gastropoda). Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg (nf) 29, 1-256.
 Carlsson, N.O.L. and J.O. Lacoursiere. 2005. Herbivory on aquatic vascular plants by the introduced golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in Lao PDR. *Biological Invasions* 7: 233-241.
 Giller P.S. and B. Malmqvist. 1998. The biology of streams and rivers (eds.). Oxford University Press. New York. pp. 296.

Halwart, M. 1994a. The golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Asia rice farming systems: Present impact and future threat. *Int'l J. Pest Manag.* 40: 199-206.
 Halwart, M. 1994b. Fish as biocontrol agents in rice the potential of common carp *Cyprinus carpio* (L) and Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (L). Margraf Verlag, pp. 169.
 Hirai, Y. 1988. Apple snail in Japan- The present status and management *J.A.R.Q.* 22: 161-165.
 Hwang J.Y., J.S. Kim, Y.G. Jeon, H.G. Oh, D.J. Lee, T.S. Kim, S.G. Lee, B.H. kim, S.Y. Choi and H. joe. 2001. Over-wintering ecology of the apple snail, *Pomacea insularis*, in south land, Korea. Jeonbuk The second final report of University and RDA. 1-43.
 Kim, D.I., S.G. Kim, K.G. Choi, B.R. Kang and J.D. Park. 2007. Occurrence and damage of golden apple snail (*Pomacea canaliculata*: Ampullariidae) in Jeonnam Province of South Korea. *Korea J. Appl. Entomol.* 46: 109-115.
 Kiyota, H. and K. Sogawa. 1995. Ecology and management of the apple snail in Kyushu, Japan. Pro. int. workshop on the pest management strategies in Asian monsoon agroecosystems (Kumamoto, 1995): 187-195.
 Lee, J.W., K.B. Uhm and C.K. Kim. 1984. Survey of rice damage by apple snails. *Rep. Res. Exp. RDA.* 357-358.
 Lee, S.B., M.H. Koh, Y.E. Na and J.H. Kim., 2002. Physiological and ecological characteristic of the apple snail. *Kor. J. Environ. Agricul.* 21: 5 0-56.
 Litsinger, J.A. and D.B. Estano. 1993. Management of the golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in rice. *crop Prot.* 12: 363-370.
 Mochida, O. 1988. Nonseedborne rice pests of quarantine importance. In: *Rice Seed Health*. IRRRI, Ros Banos, pp. 117-129.
 Mochida, O. 1991. Spread of freshwater *Pomacea* snails *Pilideia mollusca* from Argentina to Asia. *Micronesia Suppl.* 3: 51-62.
 Oya S., Y. Hirai and Y. Miyahara., 1987. Overwintering of apple snail, *Pomacea canaliculatum* Lamarck, in north Kyushu. *Jap. J. Appl. Entomol. Zool.* 31: 206-212.
 Park, J.K. and D.J. Cho. 1985. Damage of rice seedlings period by apple snails in southern area. *Rep. Res. Exp. Gyeongnam ARES.* 513-515.
 Rejesus, B.M., A.S. Sayboc and R.C. Joshi. 1990. The distribution and control of the introduced golden apple snail (*Pomacea* sp.) in Philippines. In: *Introduction of Germplasm and Quarantine*

- procedures. Plant Proc. 4: 213-224, Plant k.l. Malaysia.
- Seo, H.Y., G.W. Lee, C.H. Paik and M.Y. Choi. 2007. Study on the over-wintering ecology and the evaluation of yield loss in rice of the golden apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) in Chungnam and Jeonbuk Province. Studies on ecological characteristics and control methods of golden apple snail, *Pomacea canaliculata* Lamarck. Final reports of RDA. pp 15-37.
- Teo, S.S., 2002. Selecting plants with molluscidal properties for the control of the golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck). Paper presented in the 3rd International Conference on Biopesticides, 22-26 April 2002, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Teo, S.S., 2004. Biology of golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck), with emphasis on responses to certain environmental condition in Sabah, Malaysia. Molluscan Reserch. 24: 139-148.
- Vashney C.K. and J. Roska. 1976. Aquatic weeds in S. E. Asia. Proceedings of regional seminar on noxious aquatic vegetation, New Delhi, 12-17 December, 1973. Junk Publishers, The Hague, pp 396.
- Yano, S. and M. Nakatani. 1989. Injury to rice and overwintering of the apple snail, *Pomacea canaliculata*. Proc. Kansai PL. Prot. Soc. 31: 57.

(Received for publication October 29 2007;
accepted December 22 2007)