

충남 및 전북지역의 왕우렁이 생태 연구¹

서홍렬^{2*} · 백채훈³ · 최만영⁴ · 이건휘³ · 이경보³ · 노태환³

A Study on the Ecology of the Golden Apple Snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in Chungnam and Jeonbuk Province of Korea¹

Hong-Yul Seo^{2*}, Chae-Hoon Paik³, Man-Young Choi⁴, Geon-Hwi Lee³, Kyeong-Bo Lee³, Tae-Hwan Noh³

요 약

왕우렁이(*Pomacea canaliculata*)는 1983년에 식용으로 일본에서 한국으로 도입된 외래종으로서, 농업에서 벼의 직파 논에 잠재적인 해충이다. 본 연구에서는 해충화되고 있는 왕우렁이의 생육특성과 충남 및 전북지역에서의 월동생태를 구명하였고, 또한 농수로에서 수생식물과 수질에 미치는 영향을 조사하였다. 자연수로에서 조사결과를 보면 왕우렁이가 높은 밀도로 서식하는 수로에서는 왕우렁이가 서식하지 않을 경우에 많았던 검정말, 붕어마름, 개구리밥, 좁개구리밥 등의 수생식물들이 발견되지 않았다. 폐쇄형 인공수조실험에서는 왕우렁이가 수생식물들을 먹이로 섭식하면서 이들 식물들을 제거하고, 수질 지표인 EC, COD, T-N 및 T-P을 높이는 것으로 나타났다.

주요어: 생육특성, 월동생태, 수질, 수생식물

ABSTRACT

The golden apple snail-*Pomacea canaliculata* was an alien species and introduced into Korea as table use in 1983. This species is possible pest in direct seeded rice paddy in Korea. We investigated the effects of this exotic snail on the macrophytes and the water quality in water canal. Also, the basic life cycle of this species and the overwintering ecology in Chungnam and Jeonbuk province were elucidated. A survey of natural water canal in Korea showed that high densities of the snail were associated with absences of macrophytes-*Hydrilla verticillata*, *Ceratophyllum demersum*, *Spirodela polyrhiza* and *Lemna perpusilla*. Experiments in water tank also demonstrated that the golden apple snail can cause the loss of macrophytes, and increase the EC(Electric conductivity), COD(Chemical oxygen demand), T-N(Total nitrogen) and T-P(Total phosphorus) in water.

KEY WORDS: GROWTH CHARACTERISTICS, OVERWINTERING ECOLOGY, WATER QUALITY, AQUATIC MACROPHYTE

1 접수 2010년 10월 31일, 수정(1차: 2010년 12월 21일, 2차: 2010년 12월 22일), 게재확정 2010년 12월 23일

Received 31 October 2010; Revised(1st: 21 December 2010, 2nd: 22 December 2010); Accepted 23 December 2010

2 국립생물자원관 National Institute of Biological Institute, Incheon(404-708), Korea

3 국립식량과학원 벼맥류부 Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan(570-080), Korea

4 국립농업과학원 작물보호과 Crop Protection Division, NAAS, RDA, Suwon(441-707), Korea

* 교신저자 Corresponding author(aphid@korea.kr)

서론

왕우렁이(*Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1819))는 남아메리카가 원산지지만(Ihering, 1919), 식용으로 양식되면서 최근에는 아시아의 열대부터 온대지역까지 널리 퍼져 있다(Halwart, 1994; Wada, 1999). 이들은 분포는 계속 확장되어 왔는데, 벼의 어린 모를 심하게 가해하고, 높은 번식 능력 때문에 일본 등에서는 벼 해충으로 인식되고 있는 실정이다(Tanaka *et al.*, 1999). 우리와 자연 환경이 유사한 일본에서는 소비자의 기호가 바뀐 뒤 왕우렁이들이 버려지거나 양식장에서 빠져 나와 논, 웅덩이, 수로 등에서 서식하면서 논에서 벼를 가해하는 것이 1984년에 최초로 기록되었고(Hirai, 1989), 1999년에는 왕우렁이에 의한 피해가 최대로 증가되어 13,000ha의 논에서 발생한 경우도 있었다(Wada, 2004). 2001년에는 주로 큐슈 등의 일본 남부지역에서 분포가 확대되어 65,000ha의 논에서 발견되었다.

1983년에 국내에 식용으로 처음 수입된 왕우렁이는 전국의 양식장을 통해 식탁에 오르고 있으며, 1992년에는 충청음성의 유기농업 실천농가에 의해 잡초제거용으로 개발 보급된 이래, 최근 몇 년 전부터는 논농사에서 친환경제초용으로 활발하게 이용되어 왔다(Figure 1).

벼 이앙 직후부터 이앙 후 7일까지 왕우렁이를 집중하면 96~98%의 제초효율을 얻을 수 있기 때문에, 2005년에 약 9,000여 농가의 8,000여 ha 논에 왕우렁이 농법이 시행된 이후로 면적은 해마다 증가하고 있다.

따뜻한 아열대지역이 원산인 왕우렁이는 한 달에 1,000~1,200개를 산란하고, 부화한 새끼는 60일이면 성체가 되며, 먹이 및 기후조건에 따라 2~6년까지도 생존이 가능한 것으로 알려져 있다(Teo, 2004). 일본, 대만, 태국, 필리핀, 베트남, 중국, 말레이시아, 인도네시아 등에서는 식용을 목적으로 도입하여 양식을 한 후 그 개체수가 늘어나



Figure 1. Features of egg, young and adult stages of golden apple snail(*Pomacea canaliculata*)

지금 논 농사에 피해를 주고 있으며, 따라서 일부 국가에서는 왕우렁이를 해충으로 지정하여 구제사업을 진행하고 있기도 하다(Hirai, 1988; Halwart, 1994).

국내에 도입된 왕우렁이는 논지에서는 겨울에 모두 자연사 하는 것으로 여겨졌다. 그러나 2003년부터 전라남도 해남, 강진 등의 일부 남부지역에서 월동한 왕우렁이들이 이 지역의 간척지 논에서 출아중인 어린 직파벼를 섭식하여, 입모 초기에 큰 피해를 주는 것이 보고되어 문제점으로 대두되었다(Lee *et al.*, 2002). 그러나 현재까지 왕우렁이에 대한 우리나라 자연환경 하에서의 기초 생물학적 연구가 부족하여 환경위해성 및 친환경농법 이용에 대해 논란이 많은 실정이다. 따라서 친환경농법용으로 논농사에서 널리 이용되는 왕우렁이에 대한 농업적, 생물학적 기초자료를 제공코자 2004년부터 충남·전북지역을 대상으로 왕우렁이의 기본 생활특성, 서식·월동지 분포 및 일부 생태계에 미치는 영향 등에 대한 조사를 실시하였다.

재료 및 방법

1. 월동지역 모니터링 및 피해실태 조사

월동지역 모니터링 대상지역은 충남의 아산시 음봉면, 천안시 북면, 전북의 군산시 선산면, 회현면, 김제시 죽산면, 정읍시 덕천면, 부안군 하서면, 계화면, 고창군 부안면, 전주시 원당동지역이었고, 조사지역의 왕우렁이 입식 논 인근 지점을 대상으로 2005년부터 2006년까지 2년간 2월부터 5월에 걸쳐 왕우렁이 월동실태 및 주변 논의 벼 피해상황을 조사하였다.

2. 왕우렁이의 온도별 생육특성

10℃에서 40℃까지 5℃간격으로 온도 구배를 준 인큐베이터 내에서 각고 0.8cm 내외, 무게 0.19~0.25g인 어린 왕우렁이를 대상으로 왕우렁이 사료와 배추잎을 먹이로 공급하면서 15일 간격으로 75일까지 왕우렁이 생체중 변화를 조사하였다. 또한 논지에서 동일한 시기에 산란된 왕우렁이 난괴를 채집하여 10℃에서 40℃까지 5℃간격으로 온도 조건을 두고 일수 경과에 따른 누적 부화율을 조사하였다.

3. 왕우렁이가 생태계에 미치는 영향

500ℓ 용량의 인공수조에 논흙을 200ℓ 채운 후 수생동·식물을 이식하여 인위적으로 자연수로생태계를 만든 다음 각 수조에 왕우렁이 성체 10개체를 입식하였다. 이후 10일 간격으로 110일간 pH, EC, COD, T-N, T-P 등의

수질 변화를 분석하였고, 입식 50일 후에는 수생 동·식물의 변화를 조사하였다. 또한 충남 논산시 부적면과 전북 부안군 계화면의 왕우렁이가 서식하고 있는 자연수로와 인근의 미서식 자연수를 대상으로 식생과 수질의 변화를 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 왕우렁이 월동 및 피해조사

충남의 아산시 음봉면, 천안시 북면, 전북의 군산시 선산면, 회현면, 김제시 죽산면, 정읍시 덕천면, 부안군 하서면, 계화면, 고창군 부안면, 전주시 원당동의 왕우렁이 입식 논 인근 10개 지점을 대상으로 2005년 조사 결과 충남지역에서는 왕우렁이 월동이 확인되지 않았지만 전북지역에서는 정읍시 덕천면과 전주시 원당동에서 왕우렁이 월동이 최초로 확인되었다(Table 1). 월동개체들은 각고가 0.5~3.5cm로 유체부터 성체까지 다양하였고, 발생밀도는 9~20개체/m²였다. 기존의 왕우렁이 저온시험 생존기간에 따르면 개체 크기에 영향을 받지 않는다고 하였는데 본 조사에서도 월동지역의 개체 크기는 소형부터 중형까지 다양하게 나타나 월동에 왕우렁이의 크기가 주된 변수가 아님을 확인할 수 있었다(Oya *et al.*, 1987). 주변 지역의 논은 전부 이양논이어서 월동 왕우렁이에 의한 벼 피해는 관찰되지 않았다. 전북에서 월동이 확인된 정읍시 덕천면 지역은 겨울에도 지속적으로 충분한 수분이 땅속으로부터 공급되는 지형이었고, 또한 정남향으로 위치하여 기온도 치사 임계온도 이상으로 유지되는 것으로 추정되었다. 월동이 확인된 전주시 원당동 지역은 논 웅덩이로 사용되는 곳으로 물 밑의 깊은 토층까지 왕우렁이가 들어가 월동함을 알 수 있었는데, 이는 일본에서도 땅속에서 왕우렁이가 월동한다는 결과와 일치 하였다(Kiyota and Sogawa, 1995). 충남지역에서는 월동처가 확인되지 않았으나 전북지역과 마찬가지로 서식처 지형에 따라 월동 가능성은 있을 것으로 판단된다.

2006년 조사에서 충남의 2개 조사지역에서는 2005년 조사와 마찬가지로 왕우렁이의 월동이 관찰되지 않았고, 전북 지역에서는 2005년 조사에서 월동처로 확인된 2곳 중 정읍

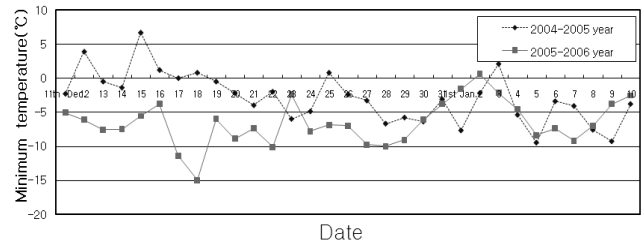


Figure 2. Comparison of daily minimum temperatures in Chonju from Dec., 2004 to Jan., 2005 and from Dec., 2005 to Jan., 2006

시 덕천면에서만 월동이 확인되었다(Table 1). Oya *et al.*(1987)에 따르면 왕우렁이는 -3°C에서 3일 이상 지속하면 생존이 불가능하다고 하였는데, 전년도 월동이 확인되었던 전주시 원당동에서는 2005년 12월부터 2006년 1월 사이의 최저기온은 평균 -6°C의 이하의 혹한으로 인해(Figure 2) 월동처인 물웅덩이 전체가 장기간 얼었고 이에 따라 왕우렁이가 서식한 토층도 얼어 붙어 왕우렁이가 월동에 실패한 것으로 여겨진다. 덕천면의 왕우렁이 월동 밀도가 2005년 밀도 대비 1/3수준으로 감소하였는데, 이 또한 예년에 비하여 겨울철 기온이 현저하게 낮았기 때문으로 여겨진다. 덕천면 지역에서 월동 왕우렁이에 의한 벼 피해는 2005년과 마찬가지로 관찰되지 않았다.

2. 왕우렁이 생육 특성(온도별 왕우렁이 생육 및 부화 특성)

10°C에서 40°C까지 5°C간격으로 온도 구배를 준 항온기 내에서 각고 0.8cm 내외, 무게 0.19~0.25g인 어린 왕우렁이를 대상으로 왕우렁이 사료와 배추잎을 먹이로 공급하면서 15일 간격으로 75일까지 생체중 변화를 조사하였다. 조사 결과 왕우렁이의 생육가능 온도는 20~35°C인 것으로 나타났으며(Figure 3), 40°C에서는 처리 15일째에 전부 치사되었다. 10°C에서는 50일 전후로 전부 치사하였고, 15°C에서는 75일이 경과되어도 발육이 되지 않고 치패 상태로 유지되었다. 따라서 호남지역의 동계 평균 기온은 15°C 이하기 때문에 월동 중에 왕우렁이의 생육진전은 없을 것으로 여겨

Table 1. Characteristics of overwintered GAS* of Chonbuk Province

Place	Year	Size	Shell height(cm)	Density(individuals/m ²)	Remarks
Jeongup	2005	Young~adult	0.5~3.5	9	Rice paddy
	2006	Young~adult	0.5~3.5	3	
Jeonju	2005	Young~adult	0.5~3.5	20	Wetland
	2006	-	-	-	

*: Golden apple snail

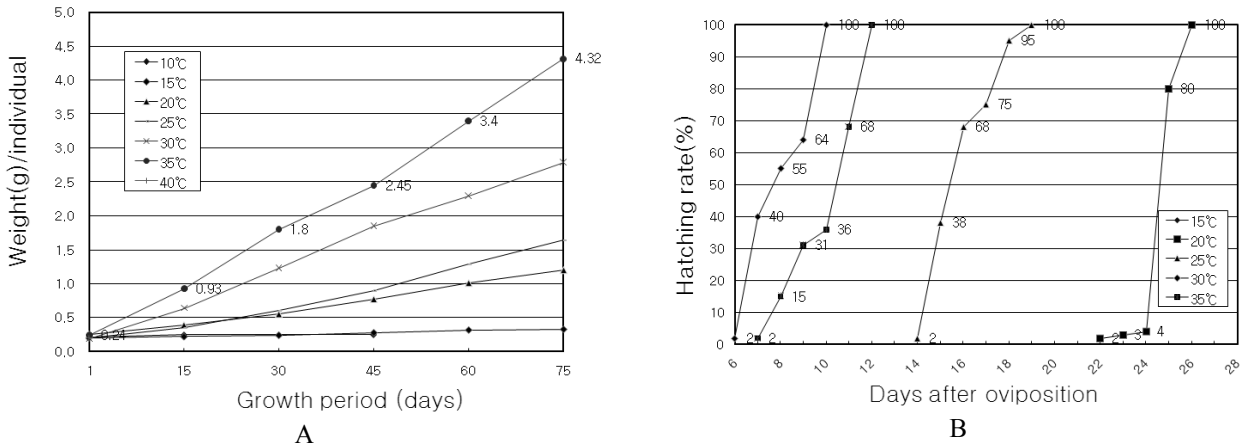


Figure 3. Characteristics of hatching(A) and growth(B) in GAS according to temperature and growth period

진다. 최적 생육온도는 35°C로서, 생육 75일 경에 각고 3.8 cm 내외, 무게 4.3g 정도의 정상적인 성체가 되었다. 또한 같은 온도조건에서 왕우렁이 난괴를 대상으로 누적 부화율을 조사한 결과 왕우렁이의 정상 부화가능 온도는 20~35°C인 것으로 나타났다. 부화기간(누적부화율 100%)은 산란 후 각각 26일(20°C), 19일(25°C), 10일(30°C), 12일(35°C)이었고 최적부화온도는 30°C였다(Figure 3). 본 실험에서 15°C 이하에서는 왕우렁이 알의 부화가 전혀 없었기 때문에 동계에 호남지역 노지에서 왕우렁이 난괴의 부화는 없을 것으로 여겨진다.

3. 왕우렁이가 생태계에 미치는 영향

1) 수조생태에서 식생에 대한 왕우렁이의 영향

인공수조에 대가래(*Potamogeton malaianus*), 말즘(*Potamogeton crispus*), 검정말(*Hydrilla verticillata*), 붕어마름(*Ceratophyllum demersum*), 통발(*Utricularia japonica*), 줄개구리밥(*Lemna perpusilla*), 어리연(*Nymphoides indica*), 마름(*Trapa japonica*), 네가래(*Marsilea quadrifolia*), 올방개(*Eleocharis kuroguwai*), 줄(*Zizania caduciflora*), 나도겨풀(*Leersia japonica*)을 이식하여 10일간 착생시킨 후에 왕우렁이 성체 10개체씩을 입식하여 식생의 변화를 조사한 결과, 외부와 격리된 수조 상태에서는 왕우렁이 유무에 따라 식생차이가 크게 나타나는 것을 알 수 있었다(Table 2). 왕우렁이 입식 50일 후에 수생식물 생체중을 조사한 결과, 12개의 수생식물 중에서 왕우렁이에 의해 영향을 받지 않거나 그 영향이 미미한 식물들은 조직이 단단한 벼과의 줄(*Z. caduciflora*)과 나도겨풀(*L. japonica*) 뿐이었고 나머지 조직이 부드러운 대가래

Table 2. GAS's herbivory impact on various aquatic macrophytes in water tank experiment

Plant	Before introduction (g wet weight/tank) ^b		50 days after introduction ^a (g wet weight/tank) ^c	
	Control	Treatment	Control	Treatment
<i>P. malaianus</i>	6±0.5c	7±0.6	20±1.0	-
<i>P. crispus</i>	5±0.5	6±0.4	45±0.5	-
<i>H. verticillata</i>	8±1.0	8±0.6	55±2.3	-
<i>C. demersum</i>	12±1.5	11±1.0	86±3.0	-
<i>U. japonica</i>	5±0.5	6±0.2	56±2.7	-
<i>L. perpusilla</i>	2±0.5	2±0.3	-	-
<i>N. indica</i>	1,205±123	1,265±88	4,526±150	-
<i>T. japonica</i>	12±1.2	10±0.5	82±3.2	-
<i>M. quadrifolia</i>	3±0.5	3±0.5	18±1.2	-
<i>E. kuroguwai</i>	2±0.5	4±0.5	1,760±97	-
<i>Z. caduciflora</i>	350±27	320±35	5,101±150	5,205±186
<i>L. japonica</i>	31±2.6	36±5.2	102±5.6	712±11.2

a: 10 GAS adults/water tank, b: Biomass without root, c: Mean±SD(n=3)

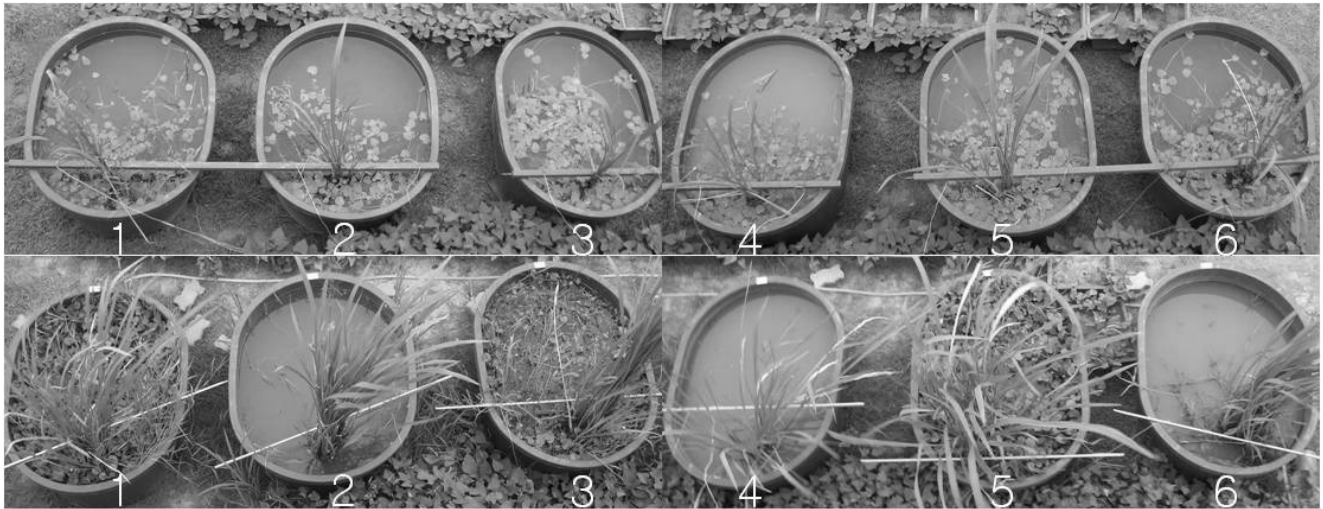


Figure 4. Changes of macrophyte in artificial water tank by the introduction of golden apple snail: top-before introduction, bottom-40 days after(control - 1, 3, 5; introduction-10 adults/water tank - 2, 4, 6)

(*P. malaianus*), 말즘(*P. crispus*), 검정말(*H. verticillata*), 붕어마름(*C. demersum*), 통발(*U. japonica*), 좁개구리밥(*L. perpusilla*), 어리연(*N. indica*), 마름(*T. japonica*), 네가래(*M. quadrifolia*), 올방개(*E. kuroguwai*) 등 수생식물들은 왕우렁이가 거의 완전히 섭식하여 생체중을 측정할 수 없었다(Table 2, Figure 4). 이런 결과는 왕우렁이가 건물중이 높은 단단한 식물보다는 낮은 연한 식물을 선호하고 먹이로 이용한다는 기존의 결과와 유사하였다(Elger and Wilby, 2003). 이러한 왕성한 섭식특성 때문에 왕우렁이는 논에서 수생 잡초들에 대한 생물학적 방제 수단으로 이용되어 왔지만(Okuma *et al.*, 1994) 야외의 수로나 습지에서 먹이가 되는 위와 같은 부드러운 수생식물들을 일차적으로 공격하여 수생식물의 식생변화를 유도하고, 수생식물상의 다양성을 감소시키며, 나아가 이러한 수생식물들이 어류나 무척추동물들에 제공하는 서식처 및 기타의 생태적 역할에도 상당히 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 추후 이점에 대한 자세한 연구가 필요하다고 여겨진다. 하지만 직파논에서는 m^2 당 2마리의 왕우렁이만 있어도 벼의 입모가 불가능하다는 결과에 비추어 볼 때(Watanabe *et al.*, 2000), 왕성한 식욕으로 수생식물들을 제거하는 왕우렁이의 특성은, 거꾸로 번성한 수생식물 때문에 유속이 느려지거나 정체된 농수로 등에서는 장애물인 수생식물을 제거하는 생물학적 수단으로도 효율적인 이용이 가능하다고 여겨진다.

2) 수조생태에서 왕우렁이 처리별 수질 변화

인공수조에 대가래(*P. malaianus*), 말즘(*P. crispus*), 검정말(*H. verticillata*), 붕어마름(*C. demersum*), 통발(*U.*

japonica), 좁개구리밥(*L. perpusilla*), 어리연(*N. indica*), 마름(*T. japonica*), 네가래(*M. quadrifolia*), 올방개(*E. kuroguwai*), 줄(*Z. caduciflora*), 나도겨풀(*L. japonica*)을 이식하여 10일간 착생시킨 후에 왕우렁이 성체 10개체씩을 처리구에 입식한 후 pH, EC, COD, T-N, T-P의 변화를 조사한 결과, 왕우렁이 유무에 따라 수질특성들이 변화되는 것으로 분석되었다(Figure 5). 왕우렁이 입식구에서는 입식 60일 경에 pH, EC, COD, T-N, T-P 등이 무처리구에 비해 높아지는 경향을 보였는데, 이는 왕우렁이들이 물속에 있는 여러 영양성분들을 흡수하여 수질을 정화시키는 수생식물들을 먹이로 섭취하여 제거하였기 때문에 수조 내의 수질정화기능이 떨어졌고, 또한 이차적으로 왕우렁이가 수생식물을 섭취한 후 다시 배설하는 과정이 반복되면서 계속해서 유기물들이 물속으로 배출되었기 때문에 여겨진다(Figure 5). 이것은 수생식물들이 오염수 처리에 효과적이라는 기존의 연구결과와도 일치한다(Tripathi *et al.*, 1991). 따라서 작은 규모의 습지나 농수로에서는 수생식물을 먹이로 하는 왕우렁이에 의해 수질오염 지표들이 높아질 가능성도 있다고 추정된다. 그러나 왕우렁이 입식 110일 경이 되면 조사된 수질지표들이 처리구나 무처리구 비슷하게 수렴되는 경향을 보이는데 이것은 폐쇄된 수조상태에서 생육한 무처리구의 수생식물들이 시간이 경과함에 따라 노화되고 죽으면서 다시 유기물들이 분해되어 물속으로 환원된 때문으로 여겨진다.

3) 수조생태에서 왕우렁이 처리별 동물상 변화

수조상태에서 왕우렁이 유무에 따른 송사리(*Oryzias latipes*)의 밀도는 처리구에서 유의성 있는 변화가 관찰되지

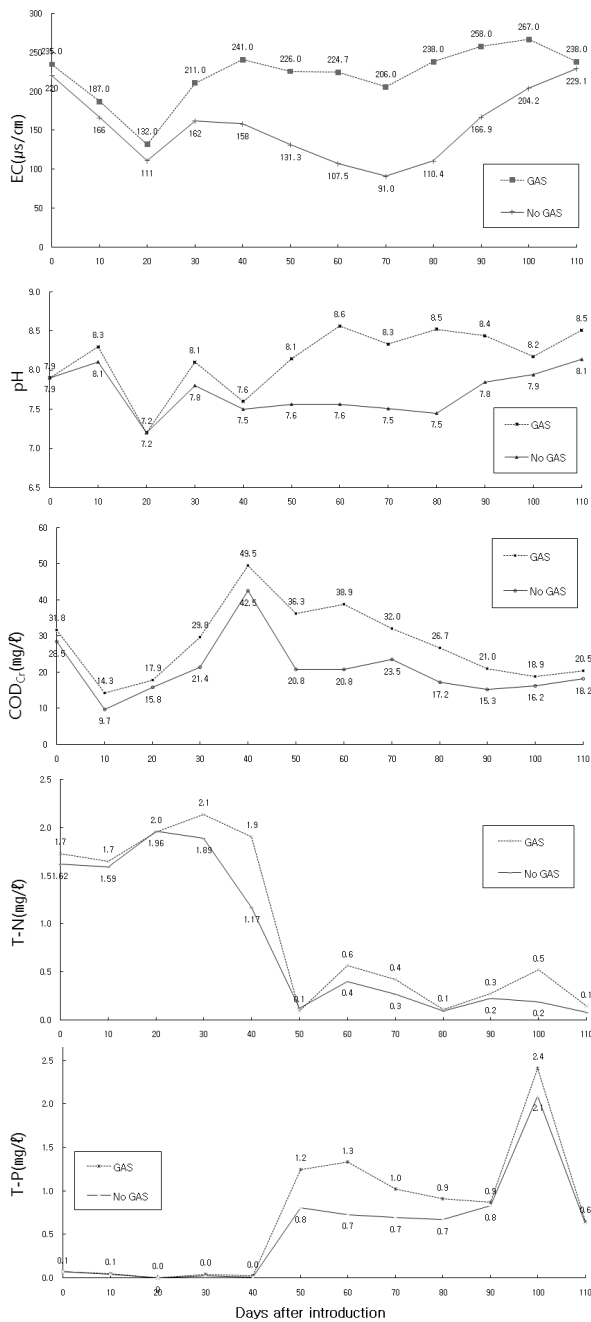


Figure 5. Changes of environmental parameters in water tank depending on GAS

않았다. 이는 일차적으로 왕우렁이가 식물체만을 먹이로 하는 습성 때문으로 여겨진다. Nils *et al.*(2005)에 따르면 수생식물이 없어지는 수생태계에서는 수생식물에 의지해 살아가는 많은 생물체들의 서식이 위협받을 수 있다고 했는데, 다른 동물성 포식자들이 다수 서식하면서 수생태계를 구성하고 있는 우리나라 노지의 농수로나 습지에서도 왕우

렁이가 송사리가 포식자들로부터 피난처로 이용할 수 있는 수생식물을 섭식하여 제거할 경우에는 이곳에 서식하는 송사리 등의 다른 생물 개체군에 변동을 줄 가능성은 충분히 있는 것으로 판단된다.

4) 농수로 식생에 대한 왕우렁이의 영향

(1) 충남 논산시 부적면 부인리 왕우렁이 농업지 주변 수로

왕우렁이 서식수로에는 부엽성 수생식물인 개구리밥 (*Spirodela polyrhiza*), 좁개구리밥(*L. perpusilla*)이 서식하지 않았으나 전체적인 식물상은 서식하지 않는 곳과 큰 차이가 없었다(Figure 6). 왕우렁이 서식수로에서는 서식하지 않은 수로에서 수로 중앙에 군락을 이루는 고마리 (*Polygonum thunbergii*), 물피(*Echinochloa crusgalli* var. *caudata*), 돌피(*Echinochloa crusgalli*) 등이 가장자리로 밀려나가거나 몇 개체만이 서식했다. 특히 나도겨풀(*Leersia japonica*)은 수로의 중앙에 군락을 형성하였고 그 외 닭의장풀(*Commelina communis*), 미나리(*Oenanthe javanica*), 갈대(*Phragmites communis*), 갯버들(*Salix gracilistyla*), 한련초(*Eclipta prostrata*), 중대가리풀(*Centipeda minima*), 바람하늘지기(*Fimbristylis miliacea*), 왕바랭이(*Eleusine indica*), 흰꽃여뀌(*Polygonum japonicum*), 여뀌(*Polygonum hydropiper*) 등은 서식하지 않은 수로에 비해 극 소수개체만이 서식하였다(Table 3).

(2) 전북 정읍시 덕천면 우덕리 덕천초교 앞 수로

왕우렁이 서식수로의 식물상은 서식하지 않는 곳과 큰 차이가 없었으나 부엽성 수생식물인 여뀌바늘(*Ludwigia epilobioides*), 개구리밥(*S. polyrhiza*), 좁개구리밥(*L. perpusilla*), 물달개비(*Monochoria vaginalis*) 등이 서식하지 않았다(Table 3).

(3) 전북 부안군 계화면 농촌진흥청 벼맥류연구부 계화도출장소 부근

수로 왕우렁이 서식수로의 식물상은 서식하지 않는 곳과 큰 차이가 없었으나 수생식물인 검정말(*Hydrilla verticillata*)이 서식하지 않았고 수로의 중간에 나도겨풀(*L. japonica*)이 군락을 형성하였다(Figure 6). 논산과 정읍의 왕우렁이 서식수로와는 달리 물달개비(*M. vaginalis*)가 수심 개체 서식했는데 이는 흐르는 물에서는 물속에 잠기는 검정말(*H. verticillata*), 붕어마름(*C. demersum*) 등이 먹이로 더 선호되는 때문으로 여겨진다(Table 3).

전체적으로 왕우렁이 서식수로에는 수생식물인 검정말(*H. verticillata*), 개구리밥(*S. polyrhiza*), 좁개구리밥(*L. perpusilla*) 등이 일차적으로 소비되고 돌피(*E. crusgalli*), 물피(*E. var. caudata*), 물달개비(*M. vaginalis*), 여뀌바늘(*Ludwigia epilobioides*) 등은 이차 소비되는 것으로 추정되



Figure 6. Comparison of flora in water canal: top-Nonsan region, bottom-Buan region, Left-with golden apple snail, Right-without golden apple snail

Table 3. Comparison of flora in water canal according to GAS

Place	GAS	Flora
Nonsan	Absent	<i>Polygonum thunbergii</i> , <i>Bidens frondosa</i> , <i>Echinochloa crusgalli</i> Beauv. var. <i>caudata</i> , <i>Echinochloa crusgalli</i> , <i>Commelina communis</i> , <i>Spirodela polyrhiza</i> , <i>Lemna perpusilla</i> , <i>Oenanthe javanica</i> , <i>Phragmites communis</i> , <i>Salix gracilistyla</i> , <i>Eclipta prostrata</i> , <i>Centipeda minima</i> , <i>Fimbristylis miliacea</i> , <i>Eleusine indica</i> , <i>Leersia japonica</i> , <i>Polygonum japonicum</i> , <i>Polygonum hydropiper</i> , <i>Typha angustifolia</i> , <i>Mollugo pentaphylla</i> , <i>Mazus miquelii</i> , <i>Aeschynomene indica</i>
	Present	<i>Polygonum thunbergii</i> , <i>Bidens frondosa</i> , <i>Echinochloa crusgalli</i> Beauv. var. <i>caudata</i> , <i>Echinochloa crusgalli</i> , <i>Commelina communis</i> , <i>Oenanthe javanica</i> , <i>Phragmites communis</i> , <i>Salix gracilistyla</i> , <i>Eclipta prostrata</i> , <i>Centipeda minima</i> , <i>Fimbristylis miliacea</i> , <i>Eleusine indica</i> , <i>Leersia japonica</i> , <i>Polygonum japonicum</i> , <i>Polygonum hydropiper</i> , <i>Typha angustifolia</i> , <i>Mollugo pentaphylla</i> , <i>Mazus miquelii</i> , <i>Aeschynomene indica</i>
Jeongup	Absent	<i>Echinochloa crusgalli</i> , <i>Echinochloa crusgalli</i> Beauv. var. <i>caudata</i> , <i>Bidens frondosa</i> , <i>Cyperus amuricus</i> , <i>Oryza sativa</i> , <i>Polygonum thunbergii</i> , <i>Rumex crispus</i> , <i>Eclipta prostrata</i> , <i>Typha angustifolia</i> , <i>Typha orientalis</i> , <i>Oenanthe javanica</i> , <i>Scirpus triquetus</i> , <i>Scirpus karuizawensis</i> , <i>Salix gracilistyla</i> , <i>Scirpus maritimus</i> , <i>Commelina communis</i> , <i>Cyperus difformis</i> , <i>Hydrocotyle sibthorpioides</i> , <i>Polygonum japonicum</i> , <i>Polygonum hydropiper</i> , <i>Cardamine flexuosa</i> , <i>Ludwigia epilobioides</i> , <i>Spirodela polyrhiza</i> , <i>Lemna perpusilla</i> , <i>Monochoria vaginalis</i>
	Present	<i>Echinochloa crusgalli</i> , <i>Echinochloa crusgalli</i> Beauv. var. <i>caudata</i> , <i>Bidens frondosa</i> , <i>Cyperus amuricus</i> , <i>Oryza sativa</i> , <i>Polygonum thunbergii</i> , <i>Rumex crispus</i> , <i>Eclipta prostrata</i> , <i>Typha angustifolia</i> , <i>Typha orientalis</i> , <i>Oenanthe javanica</i> , <i>Scirpus triquetus</i> , <i>Scirpus karuizawensis</i> , <i>Salix gracilistyla</i> , <i>Scirpus maritimus</i> , <i>Commelina communis</i> , <i>Cyperus difformis</i> , <i>Hydrocotyle sibthorpioides</i> , <i>Polygonum japonicum</i> , <i>Polygonum hydropiper</i> , <i>Cardamine flexuosa</i>
Buan	Absent	<i>Hydrilla verticillata</i> , <i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Commelina communis</i> , <i>Monochoria vaginalis</i> , <i>Murdannia keisak</i> , <i>Rumex crispus</i> , <i>Bidens frondosa</i> , <i>Polygonum hydropiper</i> , <i>Atriplex gmelinii</i> , <i>Phragmites communis</i> , <i>Oenanthe javanica</i> , <i>Aeschynomene indica</i> , <i>Eclipta prostrata</i> , <i>Digitaria sanguinalis</i> , <i>Ludwigia epilobioides</i> , <i>Cyperus amuricus</i> , <i>Typha angustifolia</i> , <i>Scirpus maritimus</i> , <i>Leersia japonica</i> , <i>Aster pilosus</i>
	Present	<i>Commelina communis</i> , <i>Monochoria vaginalis</i> , <i>Murdannia keisak</i> , <i>Rumex crispus</i> , <i>Bidens frondosa</i> , <i>Polygonum hydropiper</i> , <i>Atriplex gmelinii</i> , <i>Phragmites communis</i> , <i>Oenanthe javanica</i> , <i>Aeschynomene indica</i> , <i>Eclipta prostrata</i> , <i>Digitaria sanguinalis</i> , <i>Ludwigia epilobioides</i> , <i>Cyperus amuricus</i> , <i>Typha angustifolia</i> , <i>Scirpus maritimus</i> , <i>Leersia japonica</i> , <i>Aster pilosus</i>

Table 4. The characteristics of environmental parameters of water canals in relation with GAS in Nonsan

	pH	EC(μ S/cm)	CODCr(mg/l)	T-N(mg/l)	T-P(mg/l)
Water canal without GAS	7.9	343	11.85	7.53	0.55
Water canal with GAS	8.3	565	16.35	13.45	1.65

*Date: 15th, September, flow rate: 10cm/sec

었다(Table 3). Nils *et al.*(2005)의 왕우렁이의 수생식물 섭식 선호도 조사에 따르면 좁개구리밥 종류(*Lemna minor*)는 왕우렁이 입식 6일째에 시험구에서 사라지고, 부레옥잠(*Eichhornia crassipes*)은 21일째에 사라졌지만, 공심채(*Ipomoea aquatica*)는 입식 32일 째에도 처음 개체량의 80%가 생존함을 밝혀 동일한 지역에 서식하는 수생식물 종들에 대한 왕우렁이의 섭식선호도에 차이가 있음을 보고 했는데, 금번 연구에서도 수생식물 종들은 다르지만 국내 종에서도 차이가 있음을 알 수 있었다.

(4) 농수로 수질에 대한 왕우렁이의 영향

논산시 부적면 친환경농업지의 왕우렁이 서식수로의 수질조사 결과 pH, EC, COD, T-N, T-P 등이 서식하지 않은 수로보다 높아지는 경향을 보여서 수조실험과 유사한 결과를 나타냈다(Table 4). 다만 전체적인 각 항목 조사치를 앞의 폐쇄된 인공수조실험에서의 결과와 비교하면 왕우렁이 서식 유무와 상관없이 새로운 물이 유입되는 구조인 농수로 조사에서 더 높게 나왔는데, 이는 농수로 상류 쪽에 농가들이 위치하고 있고, 일부는 축산을 하기 때문에 생긴 오염수가 유입된 때문으로 판단된다. 노지 환경에서도 왕우렁이가 무서식하는 수로보다 서식하는 수로에서 각종 조사수치가 높게 나타난 것은 수조실험에서와 마찬가지로 왕우렁이가 먹이로 이용하는 수생식물들을 계속 섭식하고, 연속적으로 배설물을 수중으로 배출하는 것이 주원인으로 여겨진다. 다만 본 조사에서는 농수로 상류 쪽에 일반농가 및 축산농가가 있고, 대상수로의 유속이 10cm/sec 정도로 느렸는데, 상류쪽에 타 수질오염원이 없고, 유속이 더 빨라서 신속하게 새로운 물들이 유입되고, 기존 물들과 교체되는 시간이 빨라지면 수질 측정치 결과는 달라질 수도 있을 것으로 여겨진다.

인용문헌

- Elger, A. and N.J. Willby(2003) Leaf dry matter content as an integrative expression of plant palatability: the case of freshwater macrophytes. *Functional Ecology* 17: 58-65.
- Halwart, M.(1994) The golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Asian rice farming systems: present impact and future threat. *Int. J. Pest Manag.* 40: 199-206.
- Hirai, Y.(1988) Apple snail in Japan -The present status and management-. *J.A.R.Q.* 22(3): 161-165.
- Hirai, Y.(1989) Expanding occurrence and distribution of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck), in Japan. *Plant Prot.* 43: 498-501. (in Japanese)
- Ihering, H.(1919) Las especies de *Ampullaria* en la Argentina. I Reuion Nac Arg Cs Nat(Actas): 329-350.
- 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, S.B., M.H. Koh, Y.E. Na and J.H. Kim(2002) Physiological and ecological characteristics of the apple snails. *Kor. J. Environ. Agri.* 21(1): 50-56. (in Korean with English abstract)
- Nils, O.L.C. and O.L. Jean(2005) Herbivory on aquatic vascular plants by the introduced golden apple snail(*Pomacea canaliculata*) in Lao PDR. *Biological Invasion* 7: 233-241.
- Okuma, M., K. Tanaka and S. Sudo(1994) Weed control method using apple snail (*Pomacea canaliculata*) in paddy fields. *Weed Res.* 39: 114-119.
- Oya, S., Y. Hirai and Y. Miyahara(1987) Overwintering of apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck), in north Kyushu. *Jap. J. Appl. Entomolo. Zool.* 31: 206-212.
- Tanaka, K., T. Watanabe, H. Higuchi, K. Miyamoto, Y. Yusa, T. Kiyonaga, H. Kiyota, Y. Suzuki and T. Wada(1999) Density-dependent growth and reproduction of the apple snail, *Pomacea canaliculata*: a density manipulation experiment in a paddy field. *Res. Popul. Ecol.* 41: 253-262.
- Teo, S.S.(2004) Biology of golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck), with emphasis on responses to certain environmental conditions in Sabah, Malaysia. *Molluscan Research* 24: 139-148.
- Tripathi, B.D., J. Srivastava and K. Misra(1991) Nitrogen and phosphorous removal-capacity of four chosen aquatic macrophytes in tropical freshwater ponds. *Environmental Conservation* 18: 143-147.
- Wada, T.(1999) Introduction of the apple snail *Pomacea canaliculata* and its impact on rice agriculture. In *Proceedings of the International Workshop on Biological Invasions of Ecosystems by Pests and Beneficial Organisms* (E. Yano, K. Matsuo, M. Shiyomi and D. A. Andow eds.). National Institute of Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, pp. 143-151.
- Wada, T.(2004) Strategies for controlling the apple nail *Pomacea*

canaliculata (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) in Japanese direct-sown paddy fields. JARQ 38(2): 75-80.

Watanabe, T., K. Tanaka, H. Higuchi, K. Miyamoto, T. Kiyonaga, H. Kiyota, Y. Suzuki and T. Wada(2000) Emergence of the ap-

ple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae), after irrigation in a paddy. Applied Entomology and Zoology 35: 75-79.