

<Review Paper>

친환경농법용 외래 왕우렁이의 생태위해성 및 위해성 관리의 필요성

방 상 원* · 조 미 경

한국환경정책·평가연구원

Ecological Risk of Alien Apple Snails Used in Environmentally-friendly Agriculture and the Urgent Need for Its Risk Management in Korea

Sang-Weon Bang* and Mi-Kyeong Cho

Korea Environment Institute, 613-2 Bulgwang-Dong, Eunpyeong-Gu, Seoul 122-706, Korea

Abstract – Alien apple snails (*Pomacea canaliculata*, *Pomacea insularis*) used in environmentally-friendly agriculture are different from indigenous snails found in Korea. Due to high herbicidal effects and cost-effectiveness, the number of farmers using the snails has been growing every year since 2000. Moreover, in 2008, because of the outbreaks of avian influenza throughout the country from March to May, 2008, central and local governments recommended the use of alien apple snails in agriculture as an alternative to the ducks-oriented environmentally-friendly agriculture. Therefore, it is expected that the use of alien apple snails in agriculture should be expanded in a near future.

Since alien apple snails lay eggs with 95.8% of eclosion rate, they are considered to be potential pests unlike indigenous snails. In addition, Japan, Taiwan and most of the southeast Asian countries had already experienced severe ecological and agricultural damage by the alien apple snails. Subsequently, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) designated *P. canaliculata* as one of “the 100 of the world’s worst invasive alien species”.

It seems highly likely that the alien apple snails in Korea pose a potential threat to conservation of ecosystem and biodiversity since the snails were either found or invaded into the natural environments in some regions of Gangwon-Do and southern parts of Korean Peninsula. However, just recently, agricultural authorities and farmers using alien apple snails in agriculture opposed a proposition of designating the alien apple snails as an ecosystem-disturbing animal described by the Wildlife Protection Act. This is because there has been no concrete evidence of the ecological risk imposed by the alien snails up to now in Korea. Subsequently, in this paper, we analysed the ecological and agricultural risks imposed by the alien snails from the studies done in domestic and abroad. In addition, we proposed an urgent need and reasoning for ecological risk management of the alien snails at the national level as well as using the snails in agriculture.

Key words : apple snails, invasive alien species, ecological risk, risk management

* Corresponding author: Sang-Weon Bang, Tel. 02-380-7689,
Fax. 02-380-7644, E-mail. swbang@kei.re.kr

서론

왕우렁이는 주로 물이 정체되어 있는 논, 습지, 저수지와 흐름이 완만한 농수로, 소규모 하천의 수변지역에 서식하고, 잡식성으로 수변지역의 수생식물, 농작물, 어류 및 양서류의 사체를 섭식한다. 왕우렁이는 1980년대 식용목적으로 국내로 처음 도입되었으며 양식장에서 풀을 사료로 준다는 것에 착안하여 전남을 중심으로 논에 잡초 제거용으로 사용하기 시작하였다(전국귀농운동본부 2000). 왕우렁이에 의한 제초효과는 98.6%로 매우 높으며(농촌진흥청 2004) 경제적·환경적 장점이 부각되면서, 해마다 친환경농법의 하나로 그 사용이 증가하고 있다. 그러나 왕우렁이는 사용농가의 관리소홀과 홍수 등으로 인하여 농지 인근의 수로, 하천, 습지 등으로 유출되었고, 전남(해남), 전북(정읍, 전주), 경남(상주, 김해, 밀양, 부산, 창원, 하동, 합천, 산청, 울산), 경북(칠곡, 구미, 영주, 포항, 경주, 장성), 충남(장항), 강원 평창지역에서는 자연생태계에 적응·윙동한 개체가 보고된 바 있다(이 등 2002; 김 등 2007b; 박 등 2007). 특히 2008년도 3월에서 5월까지 전국적인 조류독감이 발생하여, 중앙정부와 지방자치단체는 오리농법의 사용을 자제하도록 하는 대신에 왕우렁이농법의 사용을 권장함으로써 올해부터는 그 사용이 더욱 증가할 것으로 예상된다. 그러나 외래 왕우렁이는 이미 일본, 대만, 베트남, 캄보디아, 라오스, 태국, 말레이시아, 필리핀, 싱가포르, 인도네시아, 미국

등의 국가에서 직파재배 논의 어린 버를 갉아먹는 등의 농작물 피해를 끼쳤고, 수로를 거쳐서 하류의 개울, 하천 및 자연습지 등의 수생태계로 유입되면서 수생식물들에게도 피해를 끼침으로써 검역유해동물 또는 침입외래종(Invasive Alien Species)으로 수입을 금지하거나 그 사용을 제한하고 있다. 이러한 이유로 국제자연보전연맹(International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN)은 왕우렁이를 큰입배스(*Micropterus salmoides*), 붉은귀거북(*Trachemys scripta*) 등과 같이 「세계 100대 최악의 침입외래종」으로 지정하여 각국의 피해예방 대책을 권고하고 있다.

본 연구는 국내에서 점차 친환경농법으로 그 사용이 증가하고 있는 왕우렁이에 관한 국내·외 피해사례 및 위해성을 분석하고, 적절한 위해성 관리의 필요성을 제시함으로써 외래 왕우렁이에 의한 농업적·생태적 피해를 사전에 예방하는 데에 그 목적이 있다.

본론

1. 왕우렁이의 생물학적 특성

왕우렁이는 연체동물 복족류에 속하며 일본, 대만, 동남아시아와 중남미, 아프리카 등에 10속 120여 종이 분포하고 있다. 현재 국내에는 주로 외래 왕우렁이(*Pomacea canaliculata*)와 외래 섬사과우렁이(*Pomacea insularis*)가 수입되어 친환경농법의 하나인 왕우렁이농법에

Table 1. Biological characteristics of indigenous snails and alien apple snails

Category		Indigenous snails		Alien apple snails		
Taxonomy	Class	Gastropoda		Gastropoda		
	Order	Architaenioglossa		Architaenioglossa		
	Family	Viviparidae		Ampullariidae		
Species distributed in Korea	Common name	Chinese mystery snail	Japanese mystery snail	Channeled apple snail	Channeled apple snail	
	Scientific name	<i>Cipangopaludina chinensis malleata</i> (Reeve, 1863)	<i>Cipangopaludina japonica</i> (v. Martens, 1860)	<i>Pomacea canaliculata</i> (Lanmarck, 1819)	<i>Pomacea insularis</i> (d'Orbigny, 1839)	
Morphological characteristics	Shell width to height ratio (%)	82		88		
	Suture angle	> 90°		≤ 90°		
	Spire to body whorl ratio (%)	1spire	48		16	
		2spire	30		11	
3spire		17		8		
Color band	Transverse stria		Transverse stria/Periostracal hairs			
Other characteristics	<ul style="list-style-type: none"> · Reproduction: ovoviviparity of 35 to 57 per one time · Food: almost all types of plants · Habitat: mostly rice paddies, some in rivers & streams, ponds & lakes and wetlands 			<ul style="list-style-type: none"> · Reproduction: lay reddish eggs of 200 to 600 per a clutch · Food: almost all types of plants · Habitat: mostly rice paddies, some in rivers & streams, ponds & lakes and wetlands 		

Table 2. Morphological characteristics of alien apple snails

Korean name		Wang-woorungie	Sumsagwa-woorungie
Common name		Channeled apple snail	Channeled apple snail
Scientific name		<i>Pomacea canaliculata</i> (Lanmarck, 1819)	<i>Pomacea insularus</i> (d'Orbigny, 1839)
Morphological characteristics	Shell color	Brown to gold	Brown to gold
	Shell size	60 mm (height), 57 mm (width)	76 mm (height), 77 mm (width)
	Stria	Distinctive	Not distinctive
	Spire size	Large	Small
	Spire angle	< 110°	> 110°

사용되고 있다.

성체는 직경 40 mm 내외로 체색은 주로 밝은 갈색이나 개채 및 서식지에 따라 변이가 크다. 수명은 2년 이상이고 자웅이체이며 체외수정을 한다. 번식률은 온도에 따라 다르고 부분적으로 이용 가능한 먹이에 따라서 영향을 받는다. 주로 봄에 온도가 상승함에 따라 번식률이 증가하며 가을·겨울의 번식률은 낮은 편이다. 알은 카로티노이드(Carotenoid) 성분으로 붉은 빛을 띠며 수면 위의 풀잎이나 수로 또는 바위 등의 주변 시설물에 주로 붙여 놓는다. 1소란의 수는 200~600개, 알의 직경은 2.2~3.5 mm이며 약 7~14일 후 부화한다. 부화한 왕우렁이는 60일이면 성(性)적으로 성숙하며 6개월에서 3년까지 번식이 가능하다(김 등 2007a). 새끼를 낳는 국내 토종 우렁이와는 달리 왕우렁이는 알을 낳아 산란하기 때문에 대량증식이 용이하고 한번에 평균 272개의 알을 산란하며 우화율도 95.8%로 높다(Teo 2004). 식성은 잡식성으로 채소, 수초, 연한 풀 등 수생식물과 농작물을 주로 섭식하며 어류 및 양서류의 사체도 섭식한다. 서식 장소는 물이 정체되어 있는 논, 습지, 저수지와 물 흐름이 완만한 농수로, 소규모 하천의 수변지역이며 낮에는 수표면 근처의 식물에 숨어 지내거나 수중에서 지내고 밤에 활동적이다(방상원 2007). Table 1은 국내의 토종 우렁이와 외래종 우렁이의 형태 및 생물학적 특성을 비교한 것이다(이 등 2002; 이와 민 2002).

2. 왕우렁이의 국내 도입 및 사용 현황

왕우렁이는 1980년대 초 식용목적으로 국내에 처음 도입되어 1983년 충남 아산의 조동기씨에 의하여 양식용으로 이용되었고, 1992년 충북 음성읍의 최재명씨에 의해 최초로 잡초 제거에 이용되었다(박 등 2007). 현재 국내로 수입되어 친환경농법으로 사용되고 있는 왕우렁이는 대부분 왕우렁이 [*P. canaliculata* (Lanmarck, 1819)]이며 일부는 섬사과우렁이 [*P. insularus* (d'Orbigny, 1839)]도 사용되는 것으로 알려져 있다. 이 종들의 형태적 특성은 Table 2와 같다(박 등 2007; 방상원 2007).

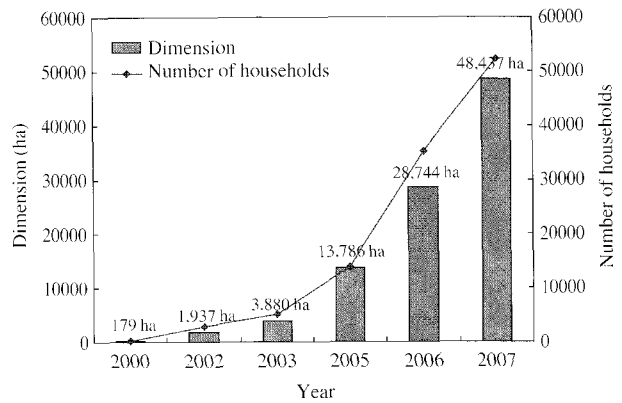


Fig. 1. Area of rice paddy and the number of households using alien apple snails for environmentally-friendly agriculture in Korea.

국내에서 왕우렁이농법은 이 농법의 높은 제조효과와 제초제 사용 감소에 따른 비용절감 요인이 알려지면서 2000년에 307농가에서 농지면적 179 ha가 사용되었던 것이, 2007년에는 52,143농가에서 농지면적 48,437 ha에 달하게 되어 270배의 기하급수적인 농지면적 증가를 보이고 있다 [Fig. 1 (농업과학기술원 2008a)]. 더불어 최근 2008년도 3월에서 5월까지 조류독감의 전국적인 발생으로 인하여 중앙정부와 지방자치단체는 오리농법을 대체할 농법으로 왕우렁이농법의 사용을 권장함으로써 왕우렁이 사용농가와 농지면적은 향후 더욱 증가할 것으로 예상되고 있다. 왕우렁이농법 시 왕우렁이의 입식량은 이앙 7일 후 0.1 ha (1,000 m²)기준으로 5 kg을 넣어주는 것이 가장 효과적이며 제조효과는 98.6%로 제초제를 2회 살포한 곳의 제조효과(91.3%)보다 더 좋은 것으로 나타났다(농촌진흥청 2004). 왕우렁이는 친환경농업용 이외에도 일부는 식용(우렁이장쌈밥, 우렁이회, 튀김 등)으로 양식되고 있다.

3. 왕우렁이에 의한 피해 및 위해성

1) 농업적 피해 및 위해성

일본, 대만, 베트남, 필리핀, 라오스, 미국(캘리포니아,

플로리다, 하와이, 텍사스) 등 여러 나라에서 왕우렁이에 의한 농작물 피해사례가 보고되고 있으며, 그에 따른 쌀 생산량의 감소와 왕우렁이 퇴치 비용 발생 등의 농업적·경제적 손실이 보고되었다. Naylor (1996)는 필리핀에서 왕우렁이가 초래한 여러 피해 중에서 인간의 건강 위협과 생태계 피해를 제외한 농업피해액만 USD 425~1,200 million으로 추정하여 농업적 위협의 심각성을 제기한 바 있다(Naylor 1996). 라오스, 베트남 그리고 미국(텍사스, 캘리포니아)에서도 왕우렁이에 의한 쌀 농업의 피해가 보고된 바 있으며(Global Invasive Species Database 2008), 일본은 1981년에 왕우렁이를 최초 도입한 이후 1999년에 이르러 전국의 벼 피해면적이 10,000 ha에 달하고 있다(National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region 2008). 국내의 경우 2003년에 전남 해남지역에서 월동한 왕우렁이에 의하여 담수 직파재배는 20 ha 중 0.5 ha와 기계 이앙재배는 10 ha에서 5% 정도의 벼 피해가 보고된 바 있다(유 등 2004).

2) 생태적 피해 및 위해성

왕우렁이는 번식력이 강하고 섭식활동이 왕성하여 농업과 수생태계를 위협하고 자생종과의 경쟁 및 생물다양성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Gutiérrez and Reaser 2005; Levin 2006; 김 등 2007a). 미국 플로리다에 도입된 왕우렁이(*P. canaliculata*)는 자생종인 플로리다 왕우렁이(*P. paludosa*)의 껍질보다 50% 정도 크고 단단하며 많은 알을 낳는 것으로 조사되었으며(Florida's Invasive Species Working Group 2006), 동남아시아에 도입된 왕우렁이는 이 지역의 토종인 필라속(*Pila*) 왕우렁이의 개체수 감소와 연관이 있는 것으로 보고되었다(Global Invasive Species Database 2008). 미국 플로리다의 경우 1978년에 처음 산재한 왕우렁이(*P. canaliculata*) 개체군이 발견된 이후 2000년대 초에 이르러서 그 개체군이 폭발적으로 증가하게 되었고, 번식력이 높고 환경적응력이 뛰어나 플로리다주의 강, 호수, 습지생태계의 건강을 위협하고 있으며, 레이크카운티(Lake country)의 린다호수(Linda lake)에서는 왕우렁이가 호수에 서식하는 거의 대부분의 수생식물을 섭식하여 파괴하였다(Florida's Invasive Species Working Group 2006). 필리핀에서는 왕우렁이를 퇴치하기 위한 과도한 살충제 살포로 자생 필라왕우렁이의 개체수가 감소되었다고 보고되었으며, 오스트레일리아에서는 벼농사지역뿐만 아니라 자연습지의 유입 가능성에 대해 심각하게 우려하고 있다(Global Invasive Species Database 2008).

국내에서는 전남(해남), 전북(정읍, 전주), 경남(상주, 김해, 밀양, 부산, 창원, 하동, 합천, 산청, 울산), 경북(칠곡, 구

미, 영주, 포항, 경주, 장성), 충남(장항), 강원도 평창에서 왕우렁이 월동개체가 발견되었으며 왕우렁이의 월동선도 점차 북상하고 있는 것으로 보고되었다(이 등 2002; 김 등 2007b; 박 등 2007). 또한 2007년 전국적인 분포 조사결과 제주도를 제외한 모든 조사지점에서 왕우렁이가 출현하였으며 제주도에서는 왕우렁이의 폐각이 발견되었다(김 등 2007a). 왕우렁이는 서식밀도가 높을수록 전기전도도(EC), 총용존고형물질(TDS)이 증가하여 수질 오염도가 높아지는 것으로 나타났으며, 이는 큰 유기물을 먹고 작은 유기물의 상태로 배설하는 왕우렁이의 섭식특성에 따른 것으로 추측하고 있다(박 등 2007). 또한 왕우렁이는 생물학적 산소요구량(BOD) 및 화학적 산소요구량(COD)이 농업용수 수질환경기준의 10~20배가 넘는 곳에서도 서식 가능하다(박 등 2007). 국내의 경우 현재까지 왕우렁이에 의한 농업피해만이 보고되고 있으며 2004년 야생실태조사 결과 조사지역의 왕우렁이 개체수가 적어 수생식물에 대한 피해여부의 확인이 어려운 것으로 보고된 바 있으나(유 등 2004), 2007년 정밀조사 결과 자연적 또는 인위적으로 왕우렁이 유입이 증가하거나 침입에 취약한 생태계의 경우 잠재적으로 생태계 피해 가능성이 있는 것으로 보고되었다(김 등 2007a). 따라서 최근의 국내 상황 변화와 타 국가에서의 피해사례를 감안할 때에 지구온난화로 인하여 자연생태계로 유입된 왕우렁이 개체의 월동 가능성이 높아지고, 왕우렁이농법을 사용하는 농지면적이 폭발적으로 증가하고 있는 추세이며, 더욱이 2008년도 조류독감 발생에 따른 오리농법의 대체농법으로 왕우렁이를 사용하는 농가는 더욱 증가할 상황이므로 머지않은 장래에 국내 자연생태계에 정착하여 수생태계에 악영향을 끼칠 가능성이 높은 외래 왕우렁이에 대한 적절한 위해성 관리가 요구되는 시점이다.

4. 타 국가의 왕우렁이 위해성 관리현황

왕우렁이는 국제자연보전연맹이 정한 「세계 100대 최악의 침입외래종」으로 농업적·생태적 피해가 점차 확산되고 있으며 이에 따라 각 국가에서는 양식금지, 수입 제한 등 피해 예방을 위해 노력하고 있다.

미국 농무부는 왕우렁이를 포함한 복족류 등의 선적과 수입에 대해 제한하는 규제조치를 취하였으며, 텍사스공원 및 야생동물국(Texas Parks & Wildlife Department)에서는 Spiketop apple snail (*Pomacea bridgesii*)을 제외한 Giant rams-horn snail (*Marisa cornuarietis*), Channeled apple snail (*P. canaliculata*) 등의 모든 사과우렁이과(Family Ampullariidae)의 수입, 소유, 거래, 방출을 금

Table 3. Risk management of alien apple snails in some countries

Country	Common name in the country	Scientific name	Year of introduction /origin	Designation
Malaysia	(Golden) apple snail Black apple snail	<i>Pomacea canaliculata</i> <i>Pomacea insularus</i>	1984/Philippines Thailand	· Invasive Alien Species ^{1),2)}
Philippines	(Golden) apple snail	<i>Pomacea canaliculata</i>	1980/U.S.A (Florida)	· Invasive Alien Species ^{1),2)}
Singapore	Apple snail	<i>Pomacea canaliculata</i>	—	· Invasive Alien Species ²⁾
Vietnam	(Golden) apple snail	<i>Pomacea canaliculata</i>	1988	· Invasive Alien Species ²⁾
Cambodia	(Golden) apple snail	<i>Pomacea canaliculata</i>	—	· Invasive Alien Species ²⁾
Indonesia	(Golden) apple snail	<i>Pomacea canaliculata</i>	—	· Invasive Alien Species ²⁾
Laos	(Golden) apple snail	<i>Pomacea canaliculata</i>	1986/Thailand	· Invasive Alien Species ²⁾
Thailand	(Golden) apple snail Apple snail	<i>Pomacea canaliculata</i> <i>Pomacea gigas</i>	1990 —	· Invasive Alien Species ²⁾
Taiwan	Apple snail	—	—	· Prohibit aquaculture
Japan	Apple snail, Golden apple snail, Channeled apple snail	<i>Pomacea canaliculata</i>	—	· Quarantine Listed Animal ³⁾ · Caution is needed when using ³⁾ · Designated 「the 100 of the Japan's worst invasive alien species」 by Japanese Ecological Society ³⁾
U.S.A (Texas)	Channeled apple snail, Golden apple snail, Golden kuhol, Mystery snail, Giant rams-horn snail	<i>Pomacea</i> spp. (excluding <i>Pomacea bridgesii</i>)	1989	· Prohibit import, possess, sell and release ⁴⁾

¹⁾Pallewatta N, Reaser JK and Gutiérrez AT. 2003. Invasive Alien Species in South-Southeast Asia. Global Invasive Species Programme.

²⁾Gutiérrez AT and Reaser JK. 2005. Linkages between development assistance and invasive alien species in freshwater systems in southeast Asia. Global Invasive Species Programme.

³⁾日本環境省. 外来生物リスト: 無脊椎動物 (詳細) [On line] http://www.env.go.jp/nature/intro/toutline/caution/list_mu.html.

⁴⁾Texas Parks & Wildlife Department. Prohibited Exotic Species. [On line] <http://www.tpwd.state.tx.us/huntwild/wild/species/exotic/>.

지하고 있다(Texas Parks & Wildlife Department 2008). 대만에서는 왕우렁이의 양식을 전면금지하였으며 일본 농림수산성은 1984년 왕우렁이를 주요 해충으로 인식하여 식물방역법상 검역유해동물로 지정하여 수입을 금지하고 있다. 일본 환경성은 검역유해동물로 지정이 되어 있기 때문에 왕우렁이를 별도로 침입외래종으로 지정하지 않고 있으나, 이용에 주의와 환기가 필요한 외래생물로 지정·관리하고 있다. 또한 일본 생태학회에서는 「일본 100대 최악의 침입외래종」의 하나로 지정한 바 있다(日本環境省 2008). 말레이시아 농림부는 수생태계와 관련하여 왕우렁이(*Pomacea* spp.)를 규제하기 위한 방안을 검토하고 있으며(Network of Aquaculture Center in Asia-Pacific 2005), 베트남 정부는 왕우렁이 양식과 자국에서의 거래·이동을 금지하고 왕우렁이 관리위원회를 설립하여 정책적·기술적 지원을 실시하고 있다(Pallewatta *et al.* 2003). Table 3은 타 국가의 왕우렁이 주요 관리현황을 나타낸 것이다.

한편 이들 국가에서는 이미 심각한 피해를 끼치고 있는 왕우렁이를 퇴치시키기 위하여 다양한 방법의 퇴치·조절방법들을 개발하여 사용하고 있다. 일본에서는

왕우렁이에 의한 농작물 피해를 예방하기 위하여 논외수심관리, 차단망·침입 방지망 설치, 농약사용, 파종 전 석회질소 살포 등의 물리·화학적 제거방법을 사용하고 있다. 또한 생물학적 방제법으로 천적의 역할을 하는 물오리와 집오리간의 교잡종 오리와 잉어를 논에 놓아서 왕우렁이의 개체밀도를 감소시키는 방법도 사용한다(National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region 2008). 그 외에 다른 국가에서도 왕우렁이를 통제하기 위해 살충제를 살포하는 방법, 어류 또는 오리를 이용한 생물학적 방법, 물리적 통제방법 등의 방법을 사용하고 있다. 논에 있어서는 많은 인력을 필요로 하지만 직접 손으로 잡는 방법이 자연생태계에 대한 부작용이 없이 왕우렁이를 조절할 수 있는 가장 효율적인 방법으로 많이 이용되며, 상추잎, 카사바(Cassava), 타로토란(Taro)잎을 채운 트랩을 사용하기도 한다. 한편 왕우렁이의 산란기에 맞춰 알을 수거하는 방법도 있으며 산란하는데 필요한 식물과 다른 기체들을 모두 제거하여 왕우렁이가 맨땅에 알을 낳게 함으로써 알을 쉽게 노출시키거나 부화율을 감소시키는 방법도 사용된다(Global Invasive Species Database 2008).

Table 4. Eradication and control methods of alien apple snails in Korea

방제 방법	내 용
차단망 설치	왕우렁이 입식 시 4 mesh 이상의 망을 용수로 및 배수로에 설치하여 외부로의 유출 방지
물 관리	담수작과 재배 시 왕우렁이 피해발생 초기에 14일 이상 물떼기하여 입모 피해 방지
통발 설치	왕우렁이 입식 20~30일 후 본논에 감자를 넣은 통발을 설치하여 왕우렁이 유인 제거
방제약제 이용	이프로벤포스(Iprobenfos)입제를 사용하여 왕우렁이 제거
오리 이용	수로에서 월동한 왕우렁이를 제거하기 위하여 5월 초에 30 m ² 당 4마리의 오리 방사

5. 국내 왕우렁이 위해성 관리 현황

환경부와 국립환경과학원은 2004년부터 왕우렁이 월동 및 서식분포를 조사하고 있으며, 농진청 산하의 농업과학기술원에서는 왕우렁이 생태 및 방제체계에 대한 연구를 수행하고 있다. 2006년 왕우렁이는 생태계위해성 2등급중¹⁾으로 분류되었고(방상원 2006), 습지보호지역으로 지정된 담양습지, 장항습지와 연천 천연기념물 물거미서식지에서 왕우렁이의 출현이 확인되었으며, 습지보호지역 내 멸종위기종·식물에 대한 피해사례는 보고되지 않았으나, 담양습지와 섬진강지역을 관리지역으로 선정하고 왕우렁이 입식논과 인근 양식장에서 유출된 왕우렁이의 자연습지 내 유입을 차단하며, 정기적인 왕우렁이 제거와 교육을 통한 자발적 관리 참여 등의 방안이 제시되었다(김 등 2007a).

농촌진흥청은 왕우렁이농법 시 인근의 이앙초기 논, 담수 직파한 논에 피해를 예방하기 위해 논둑의 물이 넘치지 않도록 물 관리에 주의하고 자연생태계의 유출과 전파를 방지하기 위하여 관개용수의 유입구 및 배출구에 차단망을 설치하는 등의 관리와 인근에 이앙 초기 논이나 벼 담수 직파재배 논이 산재하는 경우 관리에 특별히 유의하도록 하고 있다(농촌진흥청 2004). 또한 왕우렁이가 외부로 유출되지 않도록 논둑을 높이고, 어린모 담수직파를 가급적 지양하도록 하고 있다(전남 농업기술원 2007). 전라남도에서는 왕우렁이농법에 의한 피해를 예방하기 위하여 공급업체에서 왕우렁이 유출방지망을 무상으로 농가에 공급하고 벼 수확 후 일부 논에 대하여 석회를 살포하여 왕우렁이의 폐사를 유도하고 있으며 중점 수거기간을 설정(8~9월)하여 수거한 왕우렁이를 활용한 친환경액비 제조의 생산을 시범 실

시중이다. 또한 농가에서 유상으로 왕우렁이를 수거하는 방안을 검토 중이며, 친환경농법 후 농가에서의 왕우렁이 처리·관리사례에 대한 자료를 수집하여 배포하는 등의 관리방안을 마련하고 있다(전라남도청 2008).

한편 왕우렁이의 조절·퇴치를 위한 화학적·생물학적·물리적 방제기술도 개발·보급되고 있다. 오리를 이용한 방제방법은 왕우렁이 월동 후 본담 이동전에 방제하는 방법으로 왕우렁이가 활동하기 시작하는 5월초에 오리를 방사하여 제거한다. 또한 물 관리를 이용한 방법은 담수작과 벼 재배 시 이용하며 왕우렁이 입식초기부터 14일 이상 물떼기(수심 0.5 cm 이하)를 실시하기도 한다. 왕우렁이 입식 시 4 mesh 이상의 차단망을 용수로·배수로에 설치하여 이동을 억제함으로써 외부로의 유출을 방지하며, 왕우렁이 입식 20~30일 후 본논에 감자를 넣은 통발을 설치하여 왕우렁이를 유인·제거하기도 한다. 이 밖에 인력을 이용한 제거방법, 방제 약제 살포 등 수많은 방제방법이 시도되고 있으며, 배추잎과 스티로폼을 이용한 월동 개체의 예찰방법 등 새로운 기술이 개발되고 있다(박 등 2007). Table 4는 왕우렁이 방제방법을 정리한 것이다(농업과학기술원 2008b).

결 론

외래 왕우렁이농법은 2000년도 이후 벼 재배 시 탁월한 잡초 제거효과와 제초제 사용의 감소 및 그에 따른 비용 절감 등의 이유로 2000년도에 왕우렁이농법을 사용한 농지면적이 179 ha에 불과하던 것이 2007년도에는 48,437 ha로 그 사용이 폭발적으로 증가하고 있다. 더욱이 2008년도에 발생한 전국적인 조류독감으로 인하여 오리농법을 사용하던 친환경농가들이 대체농법으로 왕우렁이농법을 사용할 가능성이 더욱 높아져서 향후 국내에서 왕우렁이농법의 사용농가와 농지면적은 더욱 증가할 것으로 예상된다.

외래 왕우렁이는 토종 우렁이와 달리 대량증식이 용이하며 잡식성으로 식성이 왕성하다. 최근에 지구온난화에 의하여 전남, 전북, 경남, 경북, 충남, 강원 등지의 지역에서 왕우렁이 월동개체가 확인되고, 매년 월동선도 점차 북상하고 있는 것으로 알려져 있다. 또한 양식장이나 왕우렁이농법 사용 논에서 대량의 왕우렁이가 인근 논, 수로, 소형하천, 습지, 저수지 등의 자연생태계로 유입될 경우 국내 수생태계의 교란과 파괴 가능성이 높아지고 있다.

실제로 미국 플로리다주에서는 외래 왕우렁이가 강,

¹⁾생태계위해성 2등급중이란 “현재 생태계에 대한 부정적 영향 또는 미래 부정적 영향에 대한 우려가 높은 종으로 지속적으로 감시·관찰이 필요하며 정기적인 재평가가 필요한 종”이다.

호수, 습지생태계의 건강성을 위협하고 있으며, 일부 호수에서는 호수에 서식하는 대부분의 수생식물을 섭식함으로써 수생태계의 파괴를 불러일으킨 바 있다. 필리핀에서는 외래 왕우렁이의 침입으로 인하여 자생종 필리왕우렁이의 개체수가 감소된 것과 관련이 있는 것으로 알려져 있으며, 오스트레일리아에서는 벼농사 지역뿐만 아니라 자연습지로의 유입 가능성에 대해 심각하게 우려하고 있다. 생태적 피해와 위해성 외에도 일본, 미국, 베트남, 필리핀 등의 동남아시아 국가들에서는 어린모의 섭식으로 인한 농업피해가 보고되었으며 국내에서도 2003년 담수 직파재배논에서의 벼 피해가 보고된 바 있다.

이러한 왕우렁이의 생태적·농업적 위해성으로 인하여 국제자연보전연맹은 왕우렁이를 국내에서 생태계교란야생동·식물종으로 지정된 외래 붉은귀거북과 큰입배스와 동일하게 「세계 100대 최악의 침입외래종」 중의 하나로 지정하였다. 일본은 왕우렁이를 식물방역법상 검역유해동물 및 '이용에 주의와 환기가 필요한 외래생물'로 지정하였고, 미국(텍사스주)을 비롯한 말레이시아, 필리핀, 싱가포르, 베트남, 캄보디아, 인도네시아, 라오스, 태국에서도 왕우렁이를 침입외래종으로 지정하여 관리하고 있다. 이와 더불어 이들 국가에서는 이미 심각한 피해를 끼치고 있는 왕우렁이를 퇴치시키기 위하여 다양한 방법의 퇴치·조절방법들을 개발하고 이를 위해성 관리에 활용하고 있다. 이렇듯 타 국가들은 이미 외래 왕우렁이에 의한 생태적·농업적 피해를 상당 수준 경험하였으며 해당 국가들에 있어서 왕우렁이의 생태위해성은 매우 높다.

반면에 국내에서 왕우렁이에 의한 농업적·생태적 위해성은 현재까지 가시적인 수준이 아닌 것으로 알려져 있다. 이러한 이유로 농림기관과 왕우렁이농업 관련 단체들은 왕우렁이농법의 친환경적 이점과 높은 제조효과 그리고 최근 일부지역에 한하여 실시된 왕우렁이알의 월동여부 조사 연구에서 월동이 불가능하였던 연구결과를 내세워 외래 왕우렁이의 위해성이 확인된 바 없으므로 왕우렁이에 대한 생태계교란야생동·식물종으로의 지정을 반대하고 있다. 그러나 이러한 주장에는 우리가 간과해서는 안 되는 생태학적 측면에서 매우 중요한 요소들이 있다. 첫째는 Fig. 1에 제시한 바와 같이 왕우렁이농법을 사용하는 농지는 최근 2~3년 전부터 그 면적과 사용량이 폭발적으로 증가하였기 때문에 그동안 국내 자연생태계로 유입된 왕우렁이의 개체수가 적었을 것이라는 점이다. 둘째는 일반적으로 외래종이 다른 생태계로 침입하여 새로이 정착(Establishment)한 이후 적어도 5년에서 10년 이상의 잠복기간(개체수 및 개체군의 증가기간)을 거치게 되고, 이 기간 이후부터 많아진

개체수의 외래종에 의하여 자연생태계의 교란과 파괴현상이 가시적으로 발견되기 때문에 국내에서 불과 2~3년 전부터 많이 사용하게 된 왕우렁이의 생태계 피해와 위해성을 가시적으로 확인하기에는 그 기간이 짧다는 점이다. 셋째는 실사 현재까지 왕우렁이에 의한 수생태계의 파괴와 교란현상이 가시적이지 않다 하더라도 그것은 일반적으로 외래종의 침입과 정착 그리고 생태계 적응기간이 상당히 오래 걸리기 때문에 가시적으로 확인되지 않은 것일 뿐이지, 결코 왕우렁이가 국내 생태계에 대한 악영향과 위해성이 없다는 것을 의미하는 것은 아니라는 점이다. 넷째는 이미 전술한 바와 같이 국내에서 월동한 왕우렁이 개체가 발견되는 지역이 늘어나고 있고 그 월동선도 점차 북상하고 있어서 왕우렁이에 의한 국내 생태계의 파괴와 교란의 가능성이 점차 높아지고 있다는 점이다. 다섯째는 왕우렁이의 월동 가능성이 생태위해성 여부의 결정에 중요한 판단기준이기는 하나 유일한 판단기준은 아니라는 점이다. 즉, 왕우렁이 대량방사의 가능성이 높아지고 있는 현 시점에서 올해 농사를 위하여 봄에 방사한 개체들이 자연생태계로 일부 유출되면 추운 겨울이 와서 동사할 때까지 자연생태계의 수생식물에 피해를 끼칠 수 있다는 점이다. 여섯째는 화합물질의 오염문제는 단순히 오염물질을 제거하거나 처리하는 방법에 의하여 오염문제를 해결할 수 있으나, 외래종에 의한 생태계 오염은 외래종이 살아있는 생물이 고 자연증식이 가능하기 때문에 일단 자연생태계에 침입하여 정착하게 되면 이에 대한 통제와 관리가 어렵고 자연생태계로부터 완전히 제거하는 것은 불가능하며, 또한 제거하거나 퇴치하는 데에 막대한 경제적 비용이 소요된다는 점이다. 따라서 국내에서의 왕우렁이 사용 증가와 국외에서의 피해와 위해성 사례 그리고 국내에서의 월동 가능성을 감안할 때에 왕우렁이에 대한 생태계 영향조사와 같은 과학적인 생태위해성의 관리는 절대적으로 필요하다.

한편 명확한 생태위해성의 판단이 어려운 현재 여러 장점을 지닌 외래 왕우렁이의 사용을 전면금지하는 것은 친환경농가에게 큰 어려움을 줄 수 있다. 그러나 전술한 바와 같이 타 국가에서의 왕우렁이에 의한 피해와 위해성 그리고 국내의 여러 여건에 따른 위해 가능성을 볼 때에 외래 왕우렁이에 대한 적절한 사전예방적 조치와 위해성 관리는 필요하다. 만약 왕우렁이의 합리적인 사용과 함께 과학적인 위해성 관리가 수반되지 않는다면 식용으로 도입되었다가 관리소홀로 국내 자연생태계에 정착하여 큰 문제를 일으키고 있는 외래 뉴트리아(*Myocastor coypus*)의 경우와 같이 외래 왕우렁이도 생태적 시한폭탄(Ecological time bomb)으로 작용하여 돌

이킬 수 없는 생태적·경제적 피해를 유발할 수 있다. 따라서 외래 왕우렁이에 대한 위해성 판단이 명확해 질 때까지 왕우렁이의 합리적인 사용과 함께 과학적인 생태위해성 관리가 병행되어야 한다.

가장 시급한 왕우렁이에 대한 생태위해성 관리는 왕우렁이 사용 논과 양식장 그리고 그 주변지역 및 인접수계에 대한 정밀생태계영향조사 및 모니터링이며, 이를 통하여 외래 왕우렁이의 국내 분포와 개체수, 개체밀도, 월동여부, 생태계 영향 및 피해를 조사하는 것이다. 이외에도 논과 양식장에서 사용된 왕우렁이가 일정장소를 벗어나 자연생태계로 유출되지 않도록 일정한 안전시설을 설치하고 이를 유지·준수해야 한다. 이를 위하여 논과 양식장의 용수로와 배수로에 차단망을 설치하거나 사용 후에 회수하는 등의 관리와 홍수 또는 범람에 대비한 시설과 대책 등과 사용농가에 대한 안전관리 교육 및 홍보의 실시 그리고 관리감독기관의 지도와 감독체계가 구축되어야 한다.

적 요

국내에서 친환경농법으로 사용되고 있는 왕우렁이는 본래 외국으로부터 들여온 외래종으로 국내의 토종 우렁이와는 다른 종이다. 왕우렁이농법은 논에서 지속적이고 높은 제초효과와 그에 따른 제초제 사용의 감소 및 비용의 절감으로 인하여 국내에서 많이 사용되는 친환경농법의 하나이다. 특히 최근 2008년도 3월에서 5월까지 조류독감의 전국적인 발생으로 인하여 중앙정부와 지방자치단체는 오리농법의 사용을 자제하는 대신에 이를 대체할 농법으로 왕우렁이농법을 권장함으로써 왕우렁이의 사용은 더욱 증가할 것으로 예상되고 있다. 외래 왕우렁이는 토종 우렁이와는 달리 알을 낳아 산란하기 때문에 대량증식이 용이하고 우화율도 95.8%로 높아 잠재적 해충으로써의 가능성이 높다. 이와 더불어 일본과 대만 그리고 동남아시아의 국가들에서는 이미 외래 왕우렁이로 인한 생태계 및 농업의 피해가 보고된 바 있고, 국제자연보전연맹은 왕우렁이를 「세계 100대 최악의 침입외래종」으로 지정하고 있다. 국내에서도 친환경농법으로 외래 왕우렁이를 수입·사용하면서 상대적으로 따뜻한 겨울기온을 보이는 전남, 전북, 경남, 경북, 충남, 강원도의 일부지역에서 왕우렁이가 자연생태계로 유출되어 월동하거나 서식하는 것이 발견되고 있어 타 국가에서와 같이 외래 왕우렁이에 의한 생태계 피해가 우려되고 있는 실정이다. 그러나 최근 농림기관과 왕우렁이농업 관련 단체들은 왕우렁이농법의 친환경적 이점과

최근 일부지역에 대해 실시된 월동조사에서 월동이 불가능하였던 연구결과를 내세워 왕우렁이에 대한 생태계 교란야생동·식물종으로의 지정을 반대하고 있다. 따라서 본고는 국내·외에서 외래 왕우렁이에 의한 생태 및 농업적 위해성을 분석하고, 국내의 여건 변화에 따른 왕우렁이의 생태위해성을 제시하여, 왕우렁이에 대한 위해성 판단이 명확해 질 때까지 왕우렁이의 합리적인 사용과 함께 국가차원의 과학적인 생태위해성 관리의 필요성과 당위성을 제시하였다.

참 고 문 헌

- 김종민, 길지현, 고강석, 김원명, 허문석, 신현철, 김수환, 현진오, 송호복. 2007a. 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(II). pp. 1-32.
- 김현주, 배순도, 이진휘, 박성태, 박정규, 박형만. 2007b. 영남 지역의 왕우렁이 월동 및 월동처. 한국응용곤충학회지. 46:437-444.
- 농촌진흥청. 2004. 친환경·유기농업 영농활용 매뉴얼. pp. 43-52.
- 농업과학기술원. 2008a. 면담자료.
- 농업과학기술원. 2008b. 연구개발 정보. [On line] <http://www.niast.go.kr>.
- 박형만, 서홍렬, 김현주, 김도익. 2007. 왕우렁이 생태 및 방제체계 연구. 농촌진흥청. pp. 1-93.
- 방상원. 2007. 외래동물의 위해성 정보전달체계 및 교육·홍보방안 수립연구. 환경부. pp. 85-160.
- 방상원. 2006. 국내 도입 외래동물 현황 파악 및 생태계위해성 등급 분류 연구. 환경부. pp. 77-99.
- 이상범, 고문환, 나영은, 김진호. 2002. 왕우렁이의 생리·생태적 특성에 관한 연구. 한국환경농학회지. 21:50-56.
- 이준상, 민덕기. 2002. 한국산 연체동물 목록. 한국패류학회지. 18:93-217.
- 유병호, 원창만, 양병국, 김원명, 문정숙, 이민효. 2004. 야생동물 실태조사. pp. 101-109.
- 전라남도청 친환경농업과. 2008. 면담자료.
- 전남농업기술원. 2007. 「생명식품 생산 5개년 계획」 달성을 위한 친환경 벼 재배 매뉴얼. pp. 32-35.
- 日本 環境省. 2008. 外來生物リスト: 無脊椎動物(詳細) [On line] http://www.env.go.jp/nature/intro/outline/caution/list_mu.html.
- 전국귀농운동본부. 2000. 생태농업을 위한 길잡이. 들녘.
- Florida's Invasive Species Working Group. The Status of Non-indigenous Species in South Florida Environment. In 2006 South Florida Environment Report. [On line] <http://iswagfla.org/facts.htm>
- Gutiérrez AT and JK Reaser. 2005. Linkages between development assistance and invasive alien species in freshwater

- systems in southeast Asia. Global Invasive Species Programme.
- Global Invasive Species Database. 2008. [On line] <http://www.issg.org/database>.
- Levin P. 2006. Statewide Strategic Control Plan for Apple snail (*Pomacea canaliculata*) in Hawaii. The Hawaii Land Restoration Institute.
- Naylor RL. 1996. Invasions in Agriculture: Assessing the Cost of the Golden Apple Snail in Asia. *Ambio* 25: 443.
- Network of Aquaculture Center in Asia-Pacific. 2005. The Way Forward: Building Capacity to Combat Impacts of Aquatic Invasive Alien Species and Associated Trans-Boundary Pathogens in ASEAN Countries.
- National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region. 2008. [On Line] http://www.knaes.affrc.go.jp/kiban/g_seitai/hmpgsetn.html.
- Pallewatta N, JK Reaser and AT Gutiérrez. 2003. Invasive Alien Species in South-Southeast Asia. Global Invasive Species Programme.
- Teo SS. 2004. Biology of the golden apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822), with emphasis on responses to certain environmental conditions in Sabah, Malaysia. *Molluscan Research* 24:139-148.
- Texas Parks & Wildlife Department. 2008. Prohibited Exotic Species. [On line] <http://www.tpwd.state.tx.us/huntwild/wild/species/exotic/>.

Manuscript Received: July 2, 2008
Revision Accepted: August 20, 2008
Responsible Editor: Hak Young Lee