

전남지역 왕우렁이(*Pomacea canaliculata*: Ampullariidae)의 발생생태 및 피해

김도익* · 김선곤 · 최경주 · 강범용 · 박종대 · 김정준¹ · 최동로¹ · 박형만¹

전남농업기술원 친환경연구소, ¹농업과학기술원 농업해충과

Occurrence and Damage of Golden Apple Snail (*Pomacea canaliculata*: Ampullariidae) in Jeonnam Province of South Korea

Do-Ik Kim*, Seon-Gon Kim, Kyeong-Ju Choi, Beom-Ryong Kang, Jong-Dae Park, Jeong-Jun Kim¹, Dong-Ro Choi¹ and Hyeong-Man Park¹

Jeonnam Agricultural Research and Extensions Services, Jeonnam 520-715, Korea

¹Applied Entomology Division, National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT : This study was carried out to determine occurrence and damage of golden apple snail, *Pomacea canaliculata* on water seeding area in Jeonnam province. The density of golden apple snail maintained high until October 2003, but quickly decreased from November. They overwintered only in a portion of the water canals but could not find in dried paddy field. They reproduced from May and June in the canal water and paddy field, respectively. Feeding time of golden apple snail on rice seedlings was 235.2 seconds, feeding length of that was 8.4 cm. When golden apple snail fed rice seedlings, the stem remain only 2.5 cm from areal part which could not recover. The more density of golden apple snail, the faster feeding rate. Density and number of eggs laid of golden apple snail after overwintering was higher on bank around of paddy field than on middle of that. The percent of shell size after overwintering was higher in small (below 25 mm) than big (over 36 mm). But in case of Boseong area, the size was reverse because the soil has soft mud. The survival rate of overwintering golden apple snail was lower than that of breeding. They did not move when the temperature changed rapidly, but the temperature increased they start to move. They dead almost below -3°C. The damage of rice by golden apple snail in the direct water seeding was 20%. In machine transplanting, rice damaged only fore-end of leaf and recovered subsequently. When golden apple snail release in direct water seeding field, the percent of damage was 5.6% in immediately release plot. The later release, the lower damage.

KEY WORDS : *Pomacea canaliculata*, Water seeding, Overwinter, Damage

초 록 : 전남지역 담수직파재배지에서 발생하여 피해를 주고 있는 왕우렁이의 발생상황, 특성 및 피해를 조사한 결과는 다음과 같다. 왕우렁이는 2003년 10월까지의 밀도가 높았으나 11월부터 밀도가 급격히 떨어져 월동에 들어가기 시작하였으며 4월 중순부터 월동에서 깨어나기 시작하였다. 물이 없는 본답에서는 거의 발견할 수 없었으며 본답에서는 6월부터, 수로에서는 5월부터 밀도가 증가하기 시작하였다. 왕우렁이는 벼유묘 8.4 cm의 길이를 섭식하는데 235.2초가 소요되며, 이때 한번 섭식을 하면 벼 유묘 지상부가 2.5 cm밖에 남지 않아 회복되지 못하였다. 왕우렁이의 밀도가 높을수록 벼 피해는 컸으며 포트당 20마리인 경우 24시간 만에 100%의 섭식률을 보였다. 왕우렁이는 논 중앙보다는 논둑 주변에 더 많이 분포하였으며 산란된 난괴 역시 논둑주변에 더 많았다. 겨울을 난후 개체의 크기는 대부분 소형유체(25 mm 이하)였으나 물이 지속적으로 고여 있고 흙이 부드러운 수로의 개체들은 대형이었다.

*Corresponding Author: dikim@jares.go.kr

월동 중인 왕우렁이를 채집하여 양식종과 비교한 결과 유리온실이나 비닐하우스에 보관하여도 바로 섭식하지 않았으며 생존율도 양식종보다 낮았다. 온도가 급격히 변화하면 왕우렁이는 활동을 정지하고 온도가 상승하면 다시 활동하기 시작하였다. 그러나 -3°C 정도까지 내려가면 거의 모든 개체가 생존하지 못하였다. 왕우렁이에 의한 피해는 담수직파시 20%로 높았고, 기계이앙 재배논에서 피해는 낮았으며 피해를 받은 이후 회복되었다. 왕우렁이를 담수직파 벼에 투입하였을 때 파종직후에 5.6%의 피해율을 보였으며 늦게 방사할수록 피해율은 적었다.

검색어 : 왕우렁이, 담수직파, 월동, 피해

왕우렁이(*Pomacea canaliculata*)는 1983년 충남 아산의 농가에 의해 최초로 국내에 식용으로 도입되었고, 1992년 충북 음성에서 논제초용으로 왕우렁이를 투입하면서부터 왕우렁이가 식용에서 잡초방제 인자로 사용되기 시작하였다(Lee *et al.*, 2002). 그러나 왕우렁이에 의한 피해는 그 전부터 보고가 되어 추청벼 35일 묘에서 피해경률 53.9%, 피해엽률 33.9% (Lee *et al.*, 1984)라고 보고하였으며, 이앙 6일 후 왕우렁이를 투입하였을 때 10.6~11.6%의 피해경률이 나타난다 하였다(Park and Cho, 1985).

왕우렁이에 의한 제초효과가 98.6% (Moon *et al.*, 1997)로 효율적이기 때문에, 왕우렁이 투입논이 1995년 100여 농가에서 1997년 650여 농가, 2006년 현재도 지속적으로 사용농가가 증가하고 있다. 왕우렁이 양식 및 논잡초 투입에 의하여 자연상태에서 서식, 적응, 야생화 되어 2002년에 전남 해남지방에서 저수지와 수로에서 월동하고 있는 개체를 처음 발견하였으며 이들 월동 왕우렁이에 의한 직파재배 벼씨 싹의 피해가 확인되었다.

왕우렁이는 새끼를 낳는 토착 우렁이와 달리 산란하기 때문에 대량 증식이 토착종보다 용이하고, 한번에 평균 272개의 알을 산란하며 우화율도 95.8%로 아주 높아 (Teo, 2004) 국내에서 해충화될 가능성은 언제든지 있으며, 실제 아시아 여러 국가에서 이미 수도 해충으로 정착되어 있고(Hirai, 1988; Rejesus *et al.*, 1990; Halwart, 1994a; Lee *et al.*, 2002), 생물적 방제, 화학적 방제, 재배적 방제등에 대해 연구되어 왔다(Halwart, 1994b; Teo, 2002; Litsinger and Estano, 1993; Wada, 2004). 왕우렁이의 생존하한선은 0°C에서 35일, -3°C에서 3일, -6°C에서 1일 내외로 보고되어 있으나(Oya *et al.*, 1986), 국내에서 왕우렁이는 월동한계 예상선을 훨씬 넘은 곳에서도 발견되고 있는 실정이다. 왕우렁이는 일본에서도 이미 14개 현에서 발생 및 야생화가 확인되고 있으며(Tanzo and

Barroga, 1989) 대만에서는 양식자체를 금지시키고 있고 필리핀 등 열대지역은 벼의 주요 해충으로 인식하고 있으나(Hirai, 1997) 국내에서는 이에 대한 연구가 미미한 실정이다. 이에 본 연구는 전남지역의 왕우렁이 월동 현황 및 피해에 대한 자료를 제공하고자 실시하였다.

재료 및 방법

월동조사

왕우렁이의 월동조사를 위해 2004년 10월부터 2005년 5월까지 전남 해남군 해남읍 내사리, 강진군 신전면 수초리, 보성군 벌교읍 벌교리, 담양군 수북면 정중리를 매월 1회씩 방문하여 수로와 본논에 월동중인 왕우렁이의 마리수를 조사하였다. 조사방법은 1 m²의 사각대를 이용하여 수로의 수면 및 흙속의 개체수를 조사하였다.

섭식 특성

월동한 왕우렁이를 5월 30일에 채집하여 비닐온실에 사육하면서 실시하였다. 발아한 벼씨를 플라스틱 포트(35×40×20 cm)에 300여개 파종하고 15일후 어린묘의 잎이 4엽 나왔을때, 왕우렁이를 5, 10, 15, 20마리씩 접종하여 섭식시간과 섭식길이, 밀도별 섭식비율을 조사하였다. 각 처리당 4반복으로 시험하였으며 왕우렁이의 크기는 각고 1.5 cm 이내의 개체를 이용하였다.

발생 및 피해조사

해남지역에서 월동이 끝난 후 5월과 6월에 논과 논둑에서 왕우렁이의 밀도와 산란상황을 조사하였다. 월동이

끝난 직후인 5월 10일에 각 지역별로 왕우렁이를 채집하여 각고를 조사하였으며, 이를 실험실로 옮겨와 양식종과 함께 온도조건에 따른 생존율, 산란수를 조사하였고, 항온기의 온도를 20°C에서 0°C로 3일만에 변화시킨 경우와 20°C에서 3일 간격으로 5°C씩 떨어뜨리면서 0°C로 한 경우의 산란수, 생존율을 조사하는데, 배추잎을 먹이로 매일 공급하였다.

해남지역에서 담수작파와 기계이양 논 각 50 포장에 대해 왕우렁이의 피해를 조사하였으며, 전남농업기술원 친환경연구소 수도포장에 담수작파용 벼씨를 5월 13일에 파종하고 왕우렁이를 파종직후(5월 14일), 파종 10일후(5월 24일), 20일후(6월 3일)에 각각 300마리(크기 25 mm) 투입하였고 각 시험구의 면적은 220 m²이며, 입모수는 140~160개/3.3 m²였다. 피해를 조사는 6월 13일에 실시하였다.

결과 및 고찰

월동조사

왕우렁이는 10월에 논과 수로 모두에 존재하고 있지만 (Fig. 1, 2), 본논에서는 12월부터 거의 발견 되지 않으며 이후 4월까지 같은 상황이었다. 그러나 수로에서는 같은 기간에도 밀도는 낮지만 지속적으로 존재하고 있었다. 왕우렁이의 서식지가 수로에서 가능하므로 방제를 위해서는 본논보다는 수로에서 이루어져야 한다고 하였다(Ito, 2002). 왕우렁이는 5월에 담수작파를 시작하면 본논으로 이동하여 초기에 유묘를 잘라먹어 피해를 주는데(Chang, 1985) 특히 해남, 강진, 보성 지역 등 겨울철 온도가 낮지 않은 지역에서 월동개체들이 살아남아 피해를 주고 있었다. Lee *et al.* (2002)은 왕우렁이 월동 지역이 해남, 장항,

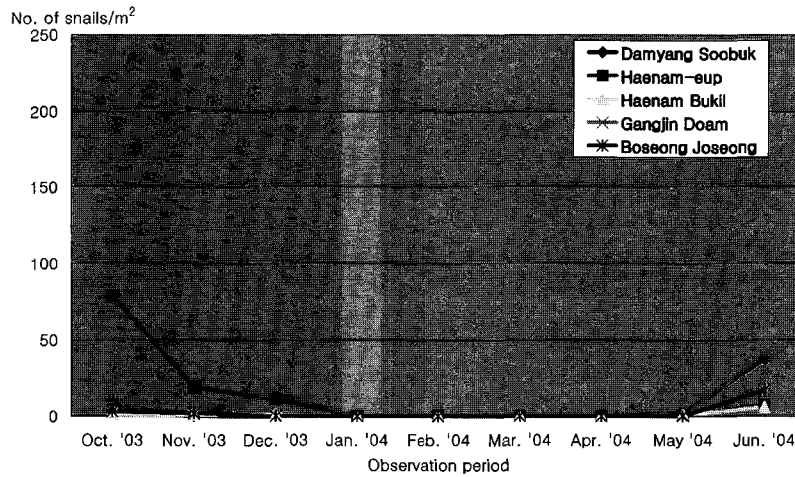


Fig. 1. Population changes of golden apple snails in the paddy field.

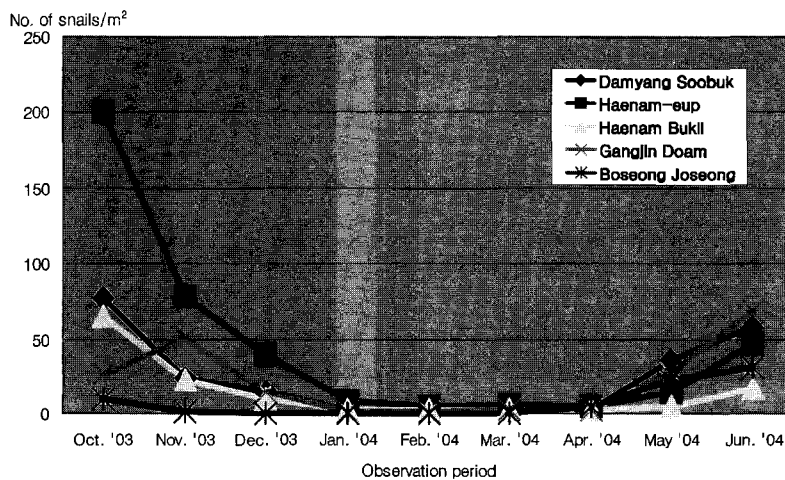


Fig. 4. Population changes of golden apple snails in the irrigation canal.

장성이라고 발표한 바 있는데 시간이 지남에 따라 월동 지역이 더 많아 짐을 알 수 있었다. 월동전의 왕우렁이 밀도는 지역에 따라 달랐으며 월동이후에 지역별로 같은 밀도가 형성되지 않았는데 이것은 월동 전의 밀도가 월동에 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있었다(Ito, 2002). 왕우렁이는 여러 서식처에서 월동하는 것으로 알려져 있으며(Kiota and Okura, 1987; Ozawa and Makino, 1988), 낮은 온도에서 월동우렁이의 각도가 클수록 치사률이 높으며(Syobu *et al.*, 2001), 월동 환경에 따라서도 영향을 받는 것으로 알려져 있는데(Giller and Malmqvist, 1998) 본 시험에서 왕우렁이는 오직 수로에서만 발견되었으며 다른 환경 요인에 대한 시험은 추후 검토가 필요하였다.

섭식 특성

왕우렁이가 파종후 15일인 4엽기 어린 묘 하나를 섭식하는데 걸리는 시간은 235.2초 소요되었으며 자르는 길이는 평균 8.4 cm였다(Table 1). 또한 포트에 벼를 직파후 15일에 왕우렁이를 5마리부터 20마리까지 접종한 경우,

Table 1. Feeding characteristics of golden apple snails on rice seedlings

Feeding time (second/seedling)	Feeding length (cm)
235.2±6.09	8.4±0.36

- a) Number of tested golden apple snail: 30/30pot
b) Rice seedling: 15 days after seeding and four leaves

Table 2. Feeding rate on rice seedling by different density of golden apple snails (GAS)

No. of GAS/pot	No. of seedling standed	Feeding rate (%)			
		6 hour	24 hours	72 hours	96 hours
5	334	31.7	61.1	66.5	84.4
10	310	40.6	75.8	82.3	100.0
15	310	77.1	86.1	97.7	100.0
20	206	91.3	100.0	-	-

- a) Rice seedling: 15 days after seeding and four leaves

Table 3. Density of golden apple snails after over wintering in paddy field in Haenam district.

Survey time	No. of golden apple snail/m ²		No. of eggs laid/m ²	
	Bank around a rice field	Middle of a rice field	Bank around a rice field	Middle of a rice field
28 May	12.0	7.0	9.5	1.2
11 June	1.6	0.3	8.3	1.0

- a) Investigated date: 10th May

5마리 접종시 96시간만에 84.4%의 묘를 섭식하지만 10마리와 15마리 접종시에는 100% 섭식하였고, 특히 20마리 접종시에는 24시간만에 100% 섭식한 것으로 보아(Table 2), 담수직파에서 왕우렁이의 밀도가 높을 경우 피해 가능성이 높다 하겠다. 왕우렁이는 각고 1.5~2.0 mm 크기부터 벼를 가해할 수 있고, 단위면적당 왕우렁이 총중량이 큰 곳과 침수 시간이 긴 곳에서 피해를 더 많이 받는다는 보고도 있어(Wada *et al.*, 1999), 본논에서 왕우렁이 피해를 회피시킬 수 있는 방법들이 모색되어야 할 것으로 판단된다.

발생 및 피해조사

왕우렁이의 밀도를 5월 28일에 조사한 결과 논둑부근에서 12마리/m², 논 가운데에는 7마리/m²만 발견되었고, 산란된 난과 역시 논둑주변에 9.5개로 논 가운데의 1.2개보다 더 많은 것으로 보아(Table 3), 논 가운데 보다는 논둑 주변에 더 많이 분포하는 것으로 확인되었다. 그러나 6월 11일 조사에서는 논둑 1.6개, 논 가운데 0.3개로 그 차이가 크지 않았는데 이것은 벼가 많이 자라면서 왕우렁이가 고루 퍼진 것으로 판단되었다. 겨울을 지낸후 이듬해 4월의 개체들은 대부분 소형유체(25 mm 이하)였는데 물이 지속적으로 고여 있고 흙이 부드러운 뽕밭의 경우는 대부분의 개체들이 대형으로 월동전의 개체가 그대로 월동에 들어가 있었다(Table 4).

월동 중인 왕우렁이를 채집하여 양식종과 특성을 비교한 결과(Table 5), 월동중인 왕우렁이는 온도가 급격히

Table 4. Percent size of golden apple snails after over wintering

District	Shell size (%)		
	Big (over 36 mm)	Middle (25.0-36.7 mm)	Small (25 mm under)
Damyang	20	40	40
Haenam-eup	0	17	83
Haenam bukil	0	20	80
Gangjin	0	35	65
Boseong	80	20	0

a) Investigated date: 10th May

Table 5. Survival rate of golden apple snails according to original in spring

Exp. site	Origin of GAS	No. of golden apple snails				No. of eggs laid	Survival rate (%)	Remarks
		Total	Live	Dead	Pause			
Greenhouse (18°C)	Wild	6	2	4	0	0	33.3	
	Breeding	15	13	2	0	28	86.7	No. of hatch 6 Feeding rate 90%
Plastic house (8°C)	Wild	10	8	2	0	0	80.0	
	Breeding	13	10	3	0	12	76.9	Feeding rate 40%
Open field (2°C)	Wild	9	6	2	1	2	66.7 (77.8)*	Feeding rate 30%
	Breeding	12	9	3	0	4	40 (80)	Feeding rate 30%

* () : Number of paused GAS are calculated survivor

Table 6. Survival rate of golden apple snails by the alternating temperatures at three day intervals

Alternating Temperature	Change Temp.	No. of golden apple snails				No. of eggs laid	Survival rate (%)
		Total	Live	Dead	Pause		
Quick	20→0°C	30	2	2	26	0	6.7(93.3)*
	0→20°C		25	0	5	0	83.3(100)
Slow	20→15°C	30	30	0	0	0	100
	15→10°C		28	0	2	0	93.3(100)
	10→5°C		20	0	10	0	66.7(100)
	5→0°C		5	0	25	0	16.7(100)

* () : Number of paused GAS are calculated survivor.

올라가는 유리온실(8°C)에서 치사률이 높았으며, 유리온실과 비닐하우스(18°C)에서는 산란하지 않았다. 노지(2°C)에서는 산란을 하여 온도가 올라가면서 벼 잎도 섭식하며 증식이 되었다. 온도가 급격히 변화하여 20°C에서 0°C로 3일만에 떨어지면 왕우렁이는 거의 대부분 움직이지 않고 정지 상태로 있었으며(30마리 중 26마리), 0°C에서 20°C로 다시 올라갈 때는 움직임이 더 많아 정지상태의 개체는 30마리 중 5마리에 불과하여, 왕우렁이가 고온보다는 저온에 더 민감함을 알 수 있었다(Table 6). Sugiura and Wada (1999)도 17.5°C 이하에서 50%의 왕우렁이가 이동을 중지하며 10°C 이하에서는 껍질과 뒀개가 움츠러든다

고 보고하여 저온의 영향이 큼을 확인 시켜 주었다. 온도가 서서히 내려갈 때에는 0°C에서 16.7%만 움직이고 나머지는 정지하였지만 죽지는 않아 왕우렁이가 가을 이후 온도가 낮아짐에 따라 월동태로 들어간다는 것을 확인할 수 있었다.

해남의 직파논에서 왕우렁이에 의한 피해는 담수직파논에서 20%로 높았으며 밀도 또한 12마리/m²로 기계이앙 논에서 피해 4.7%, 밀도 4마리/m²보다 높았다(Table 7). 담수직파 논에서 피해 받은 벼는 회복되지 못하여 다시 기계이앙하는 농가가 있었으나, 기계이앙 벼는 피해를 받더라도 벼 끝부분만 잘라먹어 나중에 회복되는 것을

Table 7. Damage of rice by golden apple snails (GAS) in the paddy field in Haenam district

Cultivation method	% damage	No. of GAS/m ²	Remarks
Direct water seeding	20.0	12	damaged whole plant sparsely and replanting
Machine transplanting	4.7	4	damaged only fore-end of leaf and recovered

a) Number of investigated fields: 100

Table 8. Damage of rice in after 30 days of direct water seeding by release of golden apple snails

Damage	Release	Release time of golden apple snails/220 m ² 1)		
		Immediately	10 DAS ²⁾	20 DAS
Area (m ²)		11.2a	7.2b	1.5c
Percent (%)		5.6	3.5	0.75

¹⁾ Within a row, means followed by the same letters are not significantly different ($P=0.05$; DMRT)

²⁾ DAS : Days after seeding

a) Seeding date : 13th May

확인하였다. Hendersih *et al.* (1994)은 인도네시아와 같은 열대지방에서 왕우렁이 피해를 받은 논 1 ha에서 2-4명이 2일 동안 작업을 해야 왕우렁이가 제거 된다고 보고한 바 있으며, 벼 발아 초기에는 왕우렁이 크기에 관계없이 모두 벼를 가해하고 어린묘일수록 가해율이 높은 것으로 보고되어(Lee *et al.*, 2002), 국내에서도 담수직파가 확산 된다면 방제에 많은 경비가 소요될 것으로 보인다.

왕우렁이를 담수직파 벼에 투입하였을때 파종직후에 5.6%의 피해율을 보였으며 파종 10일 후에는 3.5%, 파종 20일 후에는 0.75% 피해를 받아 늦게 투입할 수록 피해율은 적어졌다(Table 8). 그러나 실제 농가포장에서는 월동한 왕우렁이가 관개시 담수직파 포장으로 유입되기 때문에, 월동개체가 많은 지역에서는 피해가 빠르고 심할 수 있을 것으로 생각한다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구과제인 '왕우렁이 생태 및 방제체계 연구' 사업으로 수행되었습니다.

Literature Cited

- Chang, K.M. 1985. Agricultural pest of apple snails in taiwan. Chiribotan. 16: 1-7.
- Giller, P.S. and B. Malmqvist. 1998. The biology of streams and rivers. Oxford University Press. New York. pp. 296.
- Halwart, M. 1994a. The golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Asian rice farming systems: Present impact and future threat. international journal of pest management 40(2): 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.
- Hendersih, S., A.F. Suriapermana and I. Manwan. 1994. Potential of fish in rice- fish culture as a biological control agent of rice pests. In: Dela Cruz C.R. Abstract of the paper presented at role of fish in enhancing rice field ecology and in integrated pest control. Sukamandi 6-11 June 1993. CRIFC-Bogor and ICLARM- Manila, Philippines. ICLARM Contribution No. 1053. p.32.
- Hirai, Y. 1988. Apple Snail in Japan- The present status and management J.A.R.Q. 22(3): 161-165.
- Hirai, Y. 1997. Recent situation in japan and south east Asia. Plant Protection. 51(10): 459-462.
- Ito, K. 2002. Environmental factors influencing overwintering success of the golden apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae), in the northern most population of Japan. Appl. Entomol. Zool. 37(4): 655-661.
- Kiyota, H. and K. Okuhara. 1987. Overwintering ability of the apple snail, *Pomacea canaliculata*. Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu. 33: 102-105.
- 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 characteristics of the apple snails. Kor. J. Environ. Agri. 21(1): 50-56.
- Litsinger, J.A., and D.B. Estano. 1993. Management of the golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in rice. Crop Protection 12(5): 363-370.
- Moon, Y.H., D.H. Oh, G.C. Kim, J.S. Choi and J.S. Na. 1997. Test of organic agricultural material on paddy field. Rep. Res. Exp. Chonbuk ARES. 533-540.
- Oya, S., Y. Hirai and Y. Miyahara. 1986. Injuring habits of the apple snail, *Ampullarius insularis* D'Orbigny, to the young rice seedlings. Proc. Assoc. Pl. Prot. Kyushu. 32: 92-95.
- Ozawa, A. and T. Makino. 1988. Overwintering of the apple snail,

- Pomacea canaliculata* (Lamarck), in Shizuoka Prefecture. Bull. Shizuoka Agric. Exp. Stn. 33: 65-77.
- 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 the Philippines. In: Introduction of Germplasm and Quarantine Procedures. PLANTI Proc. 4; 213-224, PLANTI K.L. Malaysia.
- Sugiura, N. and T. Wada. 1999. Cold tolerance of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck), collected from various locations. Kyushu Pl. Prot. Res. 45: 59-62.
- Syobu, S., H. Mikuriya, J. Yamaguchi, M. Matsuzaki, S. Zen and T. Wada. 2001. Estimating the overwintering mortality of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) in a paddy field of southern Japan using temperature data. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 45: 203-207.
- Tanzo, K.E.R. and J.W. Barroga. 1989. Managing the golden kuhol pest problem. Agribusiness Weekly. pp. 15.
- Teo, S.S. 2002. Selecting plants with molluscicidal 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 conditions in Sabah, Malaysia. Molluscan Research. 24: 139-148.
- Wada, T. 2004. Strategies for controlling the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) in Japanese direct-sown paddy fields. JARQ. 38(2): 75-80.
- Wada, T., H. Higuchi, K. Ichinose and Y. Fukushima. 1999. Effect of Drainage on damage to direct-sown rice by the apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck). Appl. Entomol. Zool. 34: 365-370.

(Received for publication February 15 2007;
accepted March 15 2007)