

벼 생육시기별 왕우렁이의 벼 섭식량 및 피해해석

이건휘* · 백채훈 · 노태환 · 서홍렬¹ · 최만영²

국립식량과학원 벼맥류부, ¹국립생물자원관, ²국립농업과학원 작물보호과

Analysis of Damages and Rice Consumption by Golden Apple Snails (*Pomacea canaliculata*: Ampullariidae) at Growth Stages of Rice

Geon-Hwi Lee*, Chae-Hoon Paik, Tae-Hwan Noh, Hong-Yul Seo¹ and Man-Young Choi²

Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080; ¹National Institute of Biological Resources, Incheon 404-708; ²Crop Protection Division, NAAS, RDA, Suwon 441-707, Republic of Korea

ABSTRACT: The golden apple snail was introduced to the Korea from Japan as a potential food for people in 1983. It is one of the pests of direct-seeded rice in Korea. This study was conducted to investigate rice (*Oriza sativa*) consumption and the extent of damage by the golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in direct-sown paddy fields. Food consumption of the golden apple snail was highest at 30°C. When the emergence of the 1st, 3rd, and 5th leaf of rice supplied food, the consumption of young (shell height 15mm) and adult golden apple snail (over shell height 30mm) at 30°C were 19.0/79.8, 11.0/54.5, 5.5/18.5, and 0.0/2.0 individuals, respectively. Young rice seedlings (before 5th leaves of rice) are very susceptible to golden apple snail damage because the young, tender leaves and stems favor the snail's feeding habits. The field experiment with four treatments (0, 2, 5 and 10 individuals respectively per 10 m²) was carried out. The most serious yield loss was 16% from the plot with 10 adults released at emergency stage of rice.

Key words: Golden apple snail, Rice, Consumption, Damage

초 록: 왕우렁이는 일본으로부터 식용목적으로 1983년에 국내로 도입되었으나, 현재는 우리나라 벼 답수직파재배지에서 피해가 나타나고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 왕우렁이에 대한 온도 및 벼 생육시기별 섭식량과 피해정도를 구명하여 효율적인 관리대책 수립을 위한 자료로 활용하고자 수행하였다. 온도별(15~35°C) 왕우렁이 벼 섭식량은 30°C에서 가장 많았으며, 30°C에서 왕우렁이 크기별 벼 섭식량은 왕우렁이 유체(각고 15 mm)와 성체(각고 30 mm 이상)는 출아 직후, 1엽, 3엽, 및 5엽의 벼를 1일 동안 각각 19.0/79.8, 11.0/54.5, 5.5/18.5 및 0.0/2.0개를 섭식하였다. 왕우렁이는 먹이 습성상 벼가 어린 유묘기(5엽 이하)에 피해를 많이 주는 것으로 조사되었다. 벼 생육시기별 왕우렁이 성체(각고 25 mm 이상) 접촉밀도를 달리하여 피해정도를 조사한 결과 벼 출아 직후에서 10 m²당 왕우렁이 개체수가 10마리 일 때 수량감소가 16%로 피해가 가장심하였다.

검색어: 왕우렁이, 벼, 섭식량, 피해

남미 아열대지역이 원산인 왕우렁이(*Pomacea canaliculata*) (Ithering, 1919)는 1980년대에 남미에서 대만으로 수입되면서 아시아의 열대부터 온대지역까지 전역으로 퍼져 나갔으며(Mochida, 1991, Halwart, 1994a, Wada *et al.*, 1999), 주로 개발 도상국가들의 단백질 공급원으로 이용되었다(Matienco, 1984). 국내에는 1983년 충남 아산의 농가에 의해 최초로

식용으로 도입되었으며 1992년 충북 음성에서 논계초용으로 왕우렁이를 투입하면서부터 왕우렁이가 식용에서 잡초 방제 인자로 사용되기 시작하였다(Lee *et al.*, 2002). 왕우렁이는 새끼를 낳는 토착 우렁이와 달리 알을 낳기 때문에 대량 증식될 수 있는 가능성이 토착종보다 훨씬 높으며 한번에 평균 272개의 알을 산란하며 우화율도 95.8%로 아주 높다(Teo, 2004). 왕우렁이는 일본, 말레이시아, 필리핀 등 여러 아시아국가에서 이미 벼를 가해하는 유해생물로서 알려져 있어(Hirai, 1988; Rejesus *et al.*, 1990; Halwart,

*Corresponding author: Leejhwi@korea.kr

Received October 14 2010; revised November 8 2010; accepted November 24 2010

1994a; Lee *et al.*, 2002), 생물적, 화학적 및 재배적 방제 등 다양한 방제법 개발이 연구되어 왔다(Halwart, 1994b; Teo, 2002; Litsinger and Estano, 1993; Palis *et al.*, 1994; Wada, 2004). 이웃나라 일본에서는 왕우렁이들이 양식장에서 빠져 나와 논, 웅덩이, 수로 등에서 서식하면서 논에서 벼를 가해하는 것이 1984년에 최초로 기록 되었고(Hirai, 1989), 1999년에는 왕우렁이에 의한 피해가 13,000 ha의 논에서 발생하였으나, 2001년에는 주로 큐슈 등의 일본 남부지역으로 분포가 확장되어 65,000 ha의 논에서 발견되었다(Wada, 2004). 왕우렁이는 주로 어린 벼 묘를 섭식하는데(Chang, 1985; Miyahara *et al.*, 1986; Litsinger and Estano, 1993), 온대 대부분지역에서 벼 이앙은 늦은 봄에 이뤄지고 왕우렁이는 주로 여름부터 가을까지 번식하기 때문에(Suzuki and Fukuda, 1988; Ozawa and Makino, 1989; Tanaka *et al.*, 1999) 대부분 벼에서의 피해는 월동한 왕우렁이에 의해 발생하는 것으로 알려져 왔다(Oya *et al.*, 1986; Yano and Nakatani, 1989; Litsinger and Estano, 1993). 국내에서 왕우렁이에 의한 피해는 35일 추청벼 묘에서 피해 경률 53.9%, 피해엽률 33.9%가 된다는 보고(Lee *et al.*, 1984)가 있었으며, 이앙 6일 후 왕우렁이를 방사하였을 때 10.6~11.6%의 피해경률이 나타난다는 보고가 있다(Park and Cho, 1985). 또한, 국내에서는 왕우렁이에 의한 제초효과가 인정되어(Moon *et al.* 1997) 잡초방제 목적으로 왕우렁이를 이용한 농가가 증가하고 있는 실정이다. 그러나 양식 및 논 잡초 제거 목적으로 사용되었던 왕우렁이가 자연상태에서 서식, 적응, 야생화 되어 2002년에 전남 해남 지방에서 저수지와 수로에서 월동하고 있는 개체를 처음 발견하였으며(Lee *et al.*, 2002), 이들 월동 왕우렁이에 의한 직파재배 벼씨 싹의 피해가 확인되었는데 한번 가해를 받은 벼 유묘는 회복되지 못한 것으로 보고하였다(Kim *et al.*, 2007). 이와같이 아시아 여러나라에서 왕우렁이는 벼 주요 유해생물로 인식하고 있으나 우리나라에서는 아직 벼 피해에 대한정보가 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 벼 답수직파 재배지에서 피해가 우려되는 왕우렁이에 대한 벼 생육시

기별 피해 및 피해정도별 수량에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

왕우렁이 발육단계에 따른 벼 생육시기별 섭식량

월동한 왕우렁이(*Pomacea canaliculata*)를 전남 해남군 해남읍 등 전남 남부지방일원에서 채집하여 농촌진흥청 국립식량과학원 벼백류부 곤충 사육실(25±2°C, 16L:8D, 70±5% RH)에 누대사육하면서 시험에 이용하였다(Fig. 1). 발아한 벼씨(신동진)를 플라스틱 바트(30×35×20 cm)에 200여개 파종한 후 각 벼 생육시기별(출아직후, 1엽기, 3엽기, 5엽기, Table 1) 왕우렁이 각고 10, 15, 20, 30, 35 mm의 (Fig. 1) 왕우렁이를 1마리대당으로 15, 20, 25, 30, 35°C(16L:8D, 75±5%RH)의 5개 항온조건 5반복에서 벼 1일 섭식량을 조사하였다.

왕우렁이 접종밀도에 따른 벼 생육시기별 피해

답수직파 벼(신동진)를 5월 중순에 파종하여 벼 생육시기 및 왕우렁이 접종밀도별 벼 입모수 변화를 조사하기 위해 벼 출아직후, 1엽기, 3엽기 및 5엽기에 난피법 3반복으로 포장을 배치한 다음 각고 2.5 mm 내외의 왕우렁이를 10 m²당 0, 2, 5 및 10마리씩 각각 접종한 후 5일 간격으로 접종 20~30일까지의 벼 입모수 변화 및 벼 생육이 끝난 후에는 최종 백미 수량을 조사하였다.

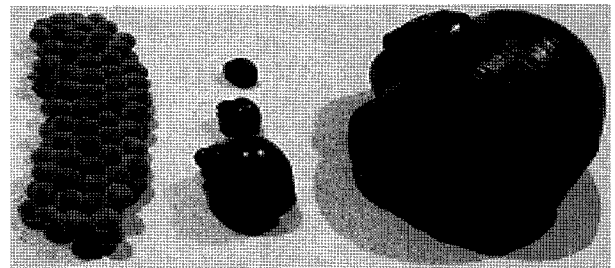


Fig. 1. Feature of egg, young and adult stages of apple snail(*Pomacea canaliculata*)

Table 1. Plant height and stem thickness at different seedling age of Sindongjin rice

Leaf number per plant	Plant height (cm)	Stem thickness (mm)
0 ^a	0.36±0.02	0.22±0.01
1	4.21±0.21	0.43±0.02
3	14.5±1.21	1.01±0.13
5	21.6±2.53	1.25±0.14

^a Emergence stage of rice

통계분석

왕우렁이의 온도, 벼 생육시기 및 접종수준별 피해수준에 대하여 요인분석과 Tukey HSD test로 처리평균간 유의성 차이를 검정하였다(Proc ANOVA). 유의성은 $\alpha=0.05$ 에서 검정하였고 결과는 평균±표준편차로 표기하였다.

결 과

왕우렁이 발육단계에 따른 벼 생육시기별 섭식량
온도, 벼 생육시기 및 왕우렁이 크기별로 벼 섭식량은

온도, 벼 생육시기 및 왕우렁이 크기별 유의차가 있었다 (Table 2). 온도 조건별 왕우렁이의 벼 섭식량은 본 시험에 사용된 왕우렁이는 크기에 관계없이 모두 15℃에서는 어린 묘(3엽 이하)상태에서는 섭식을 하나 5엽기에는 거의 섭식을 하지 못할 뿐만 아니라, 다른 온도조건에 비하여 섭식량이 매우 적은 경향이였다(Table 3). 왕우렁이의 크기에 관계없이 조사온도범위 내에서 30℃까지는 온도가 증가함에 따라 벼 섭식량이 증가하여 30℃에서 왕우렁이(각고 30mm)의 벼 출아직후, 1엽기, 3엽기 및 5엽기의 각각 섭식량은 79.8, 54.5, 18.5 및 2.0개($f=55.3$, $df=4,15$, $p < 0.001$)로

Table 2. Analysis of variance for main effects and their interaction of consumption of rice stem by the temperature, seedling age of rice and shell height of golden apple snail

Source	df	Mean Square	F value	Pr>F
Temperature(T) ^a	4	2572.65	273.32	0.00
Seedling age of rice(SA) ^b	3	28114.40	1318.09	0.00
Shell height(SH) ^c	4	23344.31	798.07	0.00
T × SA	12	459.66	21.55	0.00
T × SH	16	298.82	10.22	0.00
SA × SH	12	5157.39	176.31	0.00
T × SA × SH	48	52.38	1.79	0.02
Error	179	20.19		
Total	278			

^a Temperature : 15, 20, 25, 30, 35℃; ^b Seedling age of rice : Emergence stage of rice, 1st, 3rd and 5th leaf; ^c Shell height : 10, 15, 20, 25, 30, 35 mm

Table 3. Number of consumed rice Stems by golden apple snail at different temperatures(65±5% RH, and 16L:8D)

Shell height (mm)	No. of rice stem consumed by a golden apple snail during 24 hours ^a											
	Temp. (°C)											
	15				20				25			
	Seedling age of rice				Seedling age of rice				Seedling age of rice			
	Eme. ^b	1st ^c	3rd	5th	Eme.	1st	3rd	5th	Eme.	1st	3rd	5th
10	2.0±0.8a	1.3±0.5a	0.3±0.5a	0.0±0.0a	5.5±1.7a	3.3±1.7a	1.0±0.8a	0.0±0.0a	6.8±3.1a	3.5±1.3a	1.3±0.5a	0.0±0.0a
15	4.0±1.4a	2.0±0.8a	1.0±0.8a	0.0±0.0a	7.5±4.2ab	5.6±1.0a	3.3±1.0a	0.0±0.0a	12.3±2.2a	8.8±3.8ab	3.5±1.3a	0.0±0.0a
20	8.3±1.9a	7.3±4.6a	2.0±0.8a	0.0±0.0	17.0±6.7b	8.3±3.3a	3.5±1.3a	0.0±0.0a	26.5±2.6b	13.3±5.3b	5.0±0.8a	0.0±0.0a
30	30.3±5.0b	22.8±10.2b	4.8±1.7b	0.5±0.6a	59.5±11.1c	40.0±4.7b	9.5±3.1b	1.3±1.3b	70.8±9.9c	49.8±5.7c	14.3±2.2b	1.3±0.5a
35	50.5±11.8c	35.8±7.0c	7.5±1.3c	0.5±0.6a	83.0±5.4d	68.8±10.2c	15.3±4.6c	0.8±0.5ab	92.3±6.2d	72.8±7.6d	20.0±4.7c	1.5±0.6a

Shell height (mm)	No. of rice stem consumed by a golden apple snail during 24 hours ^a							
	Temp. (°C)							
	30				35			
	Seedling age of rice				Seedling age of rice			
	Eme.	1st	3rd	5th	Eme.	1st	3rd	5th
10	7.8±1.3a	4.3±1.0a	2.3±0.5a	0.0±0.0a	7.0±1.8a	4.0±0.8a	1.5±0.6a	0.0±0.0a
15	19.0±4.7a	11.0±2.9ab	5.5±1.3ab	0.0±0.0a	14.3±2.6a	9.0±1.8a	4.3±1.0ab	0.0±0.0a
20	34.0±13.6b	18.3±3.8b	12.0±8.5bc	0.3±0.5a	27.3±3.9b	16.5±3.9b	7.5±1.3b	0.0±0.0a
30	79.8±14.3c	54.5±9.6c	18.5±5.5cd	2.0±0.8b	75.3±10.7c	51.8±9.7c	15.3±3.0c	1.5±0.6b
35	97.3±7.5d	75.3±5.5d	23.5±4.5d	2.0±0.8b	92.8±5.1d	74.8±6.7d	20.8±5.1d	1.8±0.5b

^a Within a column, means followed by the same letters are not significantly different by Tukey HSD test($p < 0.05$)

^b Emergence stage of rice

^c Number of leaf per plant

벼 섭식량이 가장 많았으나 35°C 조건에서는 벼 출아직후, 1엽기, 3엽기 및 5엽기의 각각 섭식량은 각각 75.3, 51.8, 15.3 및 1.5개($f=89.2$, $df=4,15$, $p > 0.001$)로 오히려 섭식량이 떨어지는 경향으로 온도 처리 간 섭식량에서 유의차가 있었다. 또한, 왕우렁이의 크기별 벼 섭식량은, 각고 10~20 mm되는 왕우렁이는 벼 어린잎(3엽)까지는 가해하나 5엽묘에서는 거의 섭식하지 못해($f=2.25$, $df=4,15$, $p > 0.1123$) 왕우렁이 크기별(각고 20 mm이하) 벼 5엽기의 섭식량은 유의차가 없었다(Table 3). 왕우렁이 성체(각고 30 mm 이상)때부터 모든 온도조건에서 섭식량이 크게 증가하였는데, 각고가 35 mm인 왕우렁이 성체는 25°C의 온도에서 출아직후, 1엽기, 3엽기 및 5엽기의 벼를 1일 동안 각각 92.3, 72.8, 20.0 및 1.5개($f=94.9$, $df=4,15$, $p > 0.001$)를 섭식할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 서식지 온도가 30°C로 고온이고, 왕우렁이 크기가 30 mm이상 크며, 벼의 생육시기가 유묘 일수록 왕우렁이가 섭식하는 벼의 개수는 크게 증가하는 것으로 나타났다.

및 1엽기에서는 10 m²당 왕우렁이 밀도가 5마리 이상인 경우에 입모수 감소가 컸으나, 벼 5엽기에서는 모든 집중구에서 왕우렁이 피해는 경미하였다. 벼 생육시기 및 왕우렁이 집중밀도별 벼 피해감모율 및 수량성에 미치는 영향을 살펴 보면, 벼 피해감모율은 벼 생육시기 및 왕우렁이 집중밀도에 따라 유의차($f=4.15$, $df=6$, $p > 0.009$)가 있었으며, 벼 생육시기가 빠르고 왕우렁이 집중밀도가 높을수록 감모율이 높아 전체적으로 무처리 대비 11~35%였다. 또한, 수량성에 있어서도 벼 생육시기 및 왕우렁이 집중밀도에 따라 유의차($f=2.68$, $df=6$, $p > 0.049$)가 있었으며, 벼 생육시기가 빠르고 왕우렁이 집중밀도가 높을수록 수량감소에 미치는 영향이 컸다(Table 4). 특히 벼 1엽기 및 출아기의 10마리/10 m² 집중구에서는 수량감소율이 15% 및 16%($f=24.5$, $df=4,10$, $p > 0.001$)로 피해가 심하였다. 그러나 이와 같이 벼 입모수 감모율에 비하여 수량 감소율이 낮게 나타난 것은 벼의 생육특성상 보상효과에 기인한 것으로 생각 된다.

왕우렁이 집중밀도에 따른 벼 생육시기별 피해

포장조건에서 벼 생육시기 및 왕우렁이 집중밀도별 벼 입모수 변화에 미치는 영향을 조사한 결과, 전체적으로 벼 생육시기가 빠르고, 왕우렁이 집중 밀도가 높을수록 벼의 입모수 감소가 큰 경향이였다(Fig. 2). 특히 벼 출아직후

고 찰

국내에서 왕우렁이는 1983년 충남 아산의 농가에서 최초로 식용으로 이용하기 위해일본으로부터 도입되었으나 그 이후 1992년에 논제초용으로 이용하기 위한 친환경농자재로 활용되고 있다. 그러나 도입초기에는 국내에서는 월동이

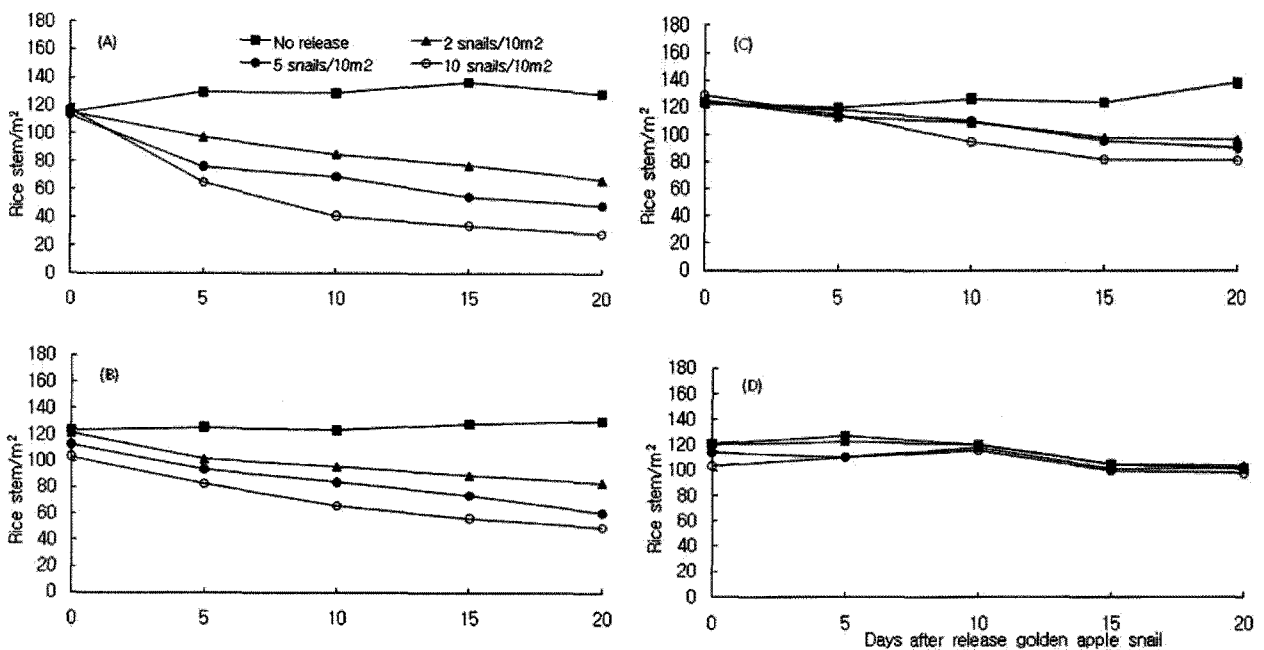


Fig. 2. Changes in the numbers of rice stem on various seedling age of rice (A: Emergence, B: 1st leaf, C: 3rd leaf, D: 5th leaf) after the release of golden apple snail in direct-sown paddy fields.

Table 4. Grain yield of rice at seedling age and number of release golden apple snail

Release time	No. of released apple snail/10 m ²	Missing hills(%) (30days after release) ^a	Grain yield (kg/10a)	Harvest index(%)
Emergence	2	36.3±2.8 b	447.2±23.5 a	88
	5	44.5±3.6ab	432.8±19.1 a	86
	10	49.2±3.8 a	426.4±21.2 a	84
1st leaf	2	30.3±1.9b	445.2±22.8 a	88
	5	34.4±2.2b	442.4±17.6 a	87
	10	37.5±2.4b	430.4±24.2 a	85
3rd leaf	2	25.3±1.8b	497.2±25.8 c	98
	5	39.6±2.7b	443.2±23.9 a	88
	10	37.8±2.5b	440.8±27.3 a	87
5th leaf	2	18.2±0.9bc	505.6±32.3 c	100
	5	22.8±1.6bc	499.2±27.9 c	99
	10	28.1±1.7b	455.6±25.2 ab	90
Control	0	14.1±1.2c	508.4±30.3 c	100

^a Within a column, means followed by the same letters are not significantly different by Tukey HSD test(p < 0.05)

불가능한 것으로 알려졌으나, 최근에 여러 지역에서 월동이 확인되어 벼 직파재배지에서 어린묘의 피해를 주는 유해생물로서 인식되고 있지만 온도, 벼 생육시기에 따른 피해에 대한 정보는 미비한 상태이다. 왕우렁이 습성이 부드러운 잎과 어린 줄기를 선호하는 경향 때문에 어린 유묘 나 막 이양한 벼는 피해를 많이 받게 되며(Rondon and Callo, 1991; Naylor, 1996), 심하게 잎과 줄기 피해를 받은 어린 유묘는 회복되지 못하고 결국 고사된 것으로 보고하였으며(Schnorbach, 1995), Lee *et al.*, (2002)는 벼 발아 초기에는 왕우렁이 크기에 관계없이 모두 벼를 가해하고 어린묘일 수록 가해율이 높은 것으로 보고하였다. 본 연구에서는 왕우렁이의 크기(각고 10~35 mm)에 관계없이 조사온도범위 내에서 어린 묘(3엽이하)를 섭식하고, 30°C까지는 온도가 증가함에 따라 벼 섭식량이 증가하였으며, 벼 생육시기별 섭식량(각고 30 mm 왕우렁이)은 30°C에서 출아직후, 1엽기, 3엽기 및 5엽기 벼를 각각 79.8, 54.5, 18.5 및 2.0개로 어린묘일 수록 섭식량이 많아(Table 3)본 연구결과와 유사한 경향이였다. 또한, Basilio(1991)는 왕우렁이의 벼 가해 능력은 벼 유묘뿐만 아니라 초장이 거의 50 cm 되는 성묘도 피해를 줄 수 있다고 보고 하였으나 본 시험에 사용된 5엽기 벼는 초장이 21.6cm(Table 1)이므로 직접 비교 하기는 어려웠다. Wada *et al.*(1999)는 왕우렁이는 각고 15~20 mm 크기부터 벼에 피해를 주기 시작하는 것으로 보고 하였는데, 시험에 사용된 벼 생육시기가 명시되지 않아 본 연구에서 조사온도범위(15~35°C)내에서 각고 10 mm 왕우렁이도

어린 묘(3엽 이하)는 하루에 0.3~7.0개를 가해하는 것으로 조사된 내용과 직접 비교하기는 어려웠다. Kim *et al.*(2007)은 국내에서 5월 하순에 비닐온실조건에서 크기가 15 mm이 내 왕우렁이를 대상으로 4엽기인 벼 피해를 조사한 결과 왕우렁이가 어린 묘 하나를 섭식하는데 걸리는 시간은 235.2초가 소요되었으며 자르는 길이는 평균 8.4 cm로 한번 피해를 받은 벼 유묘는 회복되지 못한 것으로 보고하였는데, 왕우렁이의 벼 가해양상을 본 조사 시 관찰한 결과(Fig. 3)와 같은 경향이였다. Kim *et al.*(2007)은 해남지역에서 벼 재배양식별 왕우렁이의 피해를 조사해본 결과 직파논에서 왕우렁이에 의한 피해는 답수직파논에서 20%라고 보고했고, 밀도 또한 12마리/m²로 기계이앙논에서의 피해 4.7%, 밀도 4마리/m² 보다 높았으며, 답수직파논에서 피해 받은 벼는 회복되지 못하여 다시 기계이앙을 하는 농가가 있었다고 하였다. 기계이앙 벼는 피해를 받더라도 벼 끝부분만 잘라먹어 나중에 회복되는 것을 확인 하였으며, 왕우렁이를 답수직파 벼에 방사 하였을 때 파종직후에 5.6%의 피해율을 보였으며 파종 10일 후에는 3.5%, 파종 20일 후에는 0.75% 피해를 받아 늦게 방사할 수록 피해율은 적은 것으로 보고하였다. 이러한 이유 때문에 FAO(1989)는 왕우렁이 발생이 많은 지역에서는 피해를 최소화하기 위해서는 최소 20~30일 된 벼를 이양하기를 권장하기도 하였다. Sanico *et al.*(2002)은 필리핀에서 우기와 건기동안에 왕우렁이를 피해를 조사한 결과 건기에 비하여 우기 때 피해가 심하였으며, 우기동안에 초장이 17 cm정도 되는 벼를 이양 후 왕우렁이를

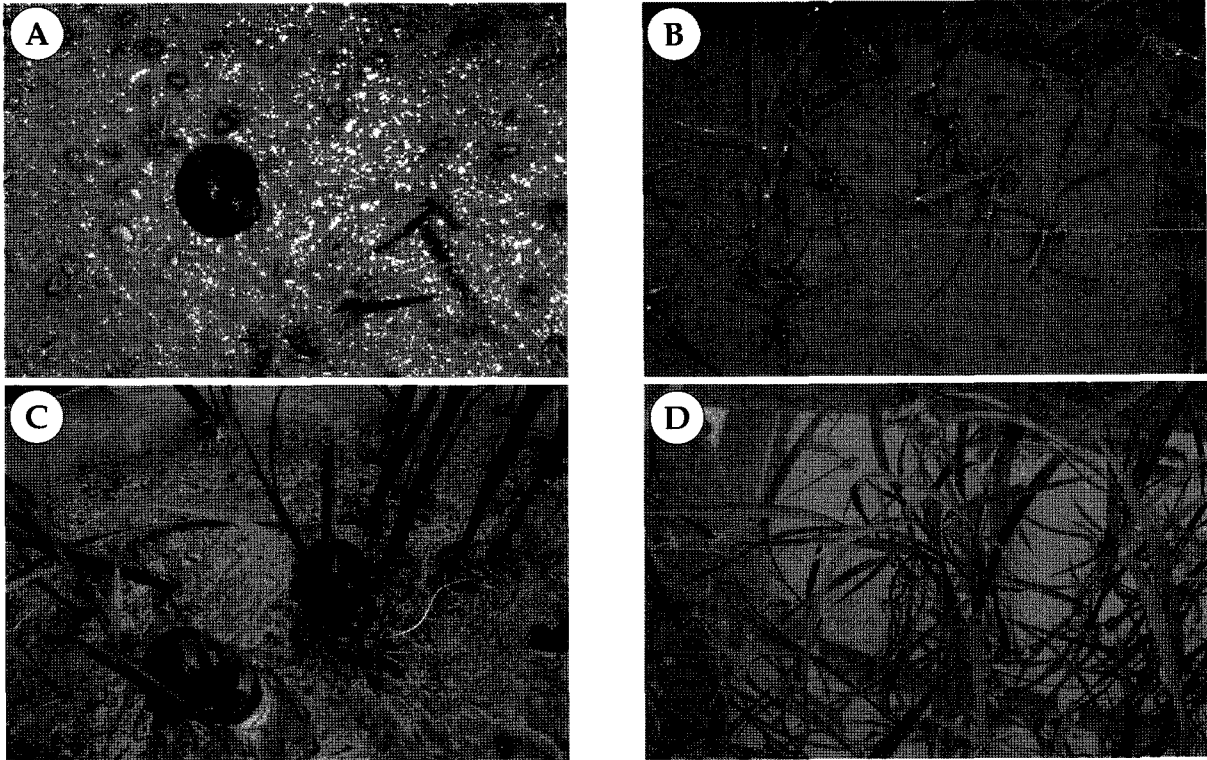


Fig. 3. Damages on rice by golden apple snail (A, C : Damaged rice, B, D : Healthy rice).

4-5마리/m² 집중 하였을 때 벼 피해주율이 5일 동안에 65%였으며, 12일후에는 100%에 달한 것으로 보고하였다. 일반적으로 이앙 전 육묘일수가 오래된 것 일수록 왕우렁이의 피해가 적으며, 동일한 왕우렁이 밀도수준에서 육묘일수가 3주된 것에 비하여 4-5주된 벼에서 수량감소가 33~41% 감소한 것으로 보고하였다(Joseph *et al.* 1989). 본 연구에서도 5마리/10m² 밀도를 담수직파 재배지에 벼 5엽기에 집중 한 구에서 수량감소율이 1%인데 반하여 출아직후에 집중한 구에서 수량감소율이 14%로 동일한 왕우렁이 밀도수준에서 벼 생육시기가 빠를수록 벼 피해 및 수량감소율이 높아 같은 양상으로 나타났다(Table 4). 국내에서 왕우렁이는 벼 친환경재배단지에서 잡초방제 목적으로 널리 사용되고 있는데 일부 농가에서 피해도 나타나고 있는 실정이다. 더욱 더 위험한 상황은 최근에 수로 및 깊은 저수지 등에서 왕우렁이 월동이 확인된 전남 해남 등 국내에 일부지역에서는 벼 직파재지에서 왕우렁이 피해가 확인된 만큼(Kim *et al.*, 2007) 금후 담수직파가 확산된다면 월동한 왕우렁이가 관개 시 포장으로 유입될 수 있다. 월동개체가 확인되고 많은 지역에서는 피해가 심하게 나타나 방제에 많은 비용이 소요 될 것으로 보이므로 관개시 논 수로에 왕우렁이 유입 차단망을 활용하는 물리적방제 및 천적인 오리 등을 이용한 생물적

관리대책 등 좀더 체계적이고 효율적인 왕우렁이 관리대책이 요구되어진다.

Literature Cited

- Chang, K.M. 1985. Agricultural pest of apple snails in Taiwan. Chiribotan. 16: 1-7.
- Department of agriculture-FAO. 1989. Integrated "golden" kuhol management. inter-country program for integrated pest control in rice in south and southeast asia, 44pp(Leafet).
- Halwart, M. 1994a. The golden apple snail *Pomacea canaliculata* in asian rice farming systems: Present impact and future threat. Int. J. Pest Manage. 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, Weikersheim, F.R. Germany, 169pp.
- Hirai, Y. 1988 Apple snail in Japan- the present status and management JARQ Japan. 22: 161-165.
- Hirai, Y. 1989. Expanding occurrence and distribution of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck), in Japan. Plant Prot. 43: 498-501.
- Ihering H. 1919. Las especies de *Ampullaria* en la Argentina. I Reunion Nac. Soc. Arg. Cs. Nat. (Actas): 329-350.
- Joseph, K., P.V. Hemachandra and S.D.G. Jayawardena. 1989. Effect of seedling age on performance of the 3-month rice variety Bg 276-5. Tropical. Agriculturist(Sri Lanka). 145:

- 93-101.
- Kim, D.I., S.G. Kim, K.J. Choi, B.R. Kang, J.D. Park, J.J. Lim, D.R. Choi and H.M. Park. 2007. Occurrence and damage of golden apple snail (*Pomacea canaliculata*: Ampullariidae) in Jeonnam province of south Korea. Kor. J. Appl. Entomol. 46: 109-115.
- 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: 50-56.
- Litsinger, J.A. and D.B. Estano. 1993. Management of the golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in rice. Crop Protection 12: 363-370.
- Matienzo, L.H. 1984. Wilson Ang's big foot snails. Green elds. 14: 24-29.
- Miyahara, Y., Y. Hirai and S. Oya. 1986. Occurrence of *Ampullarius insularis* D'Orbigny injuring lowland crops. Shokubutsu-boeki 40: 31-35.
- Mochida O. 1991. Spread of freshwater *Pomacea canaliculata* snail (Pilidae, Mollusca) from Argentina to asia. Micronesica Suppl. 3: 51-62.
- 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.
- Naylor, R. 1996. Invasion in agriculture: assessing the cost of the golden apple snail in asia. Ambio 25: 443-448.
- 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. 1989. Biology of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck), and its control. Shokubutsu-boeki 43: 502-505.
- Parlis, F.V., R.F. Macatula, T. Marchand, H. Dupo, M. Olandy and G. Estoy. 1994. Niclosamide (bayluscide 250EC): an effective molluscicide for golden apple snail (*Pomacea* sp.) control in rice in the Philippines. In: The 4th International Conference on Plant Protection in the Tropics. pp. 266-270.
- 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.
- Rondon, M.B and D.P. Callo. 1991. Distribution and mode of infestation of golden snail in the rice farming. In: Acoeta, B.O., pullen R.S.(Eds.), Environmental impact of golden snail on rice farming system in the philippines. A summary report of workshop 9-10 November 1989. The freshwater aquaculture center, central Luzon state university, Nueva Ecija, philippines and ICLARM, penang, pp.16-17.
- Sanico, A.L., S. Peng, R.C. Laza and R.M. Visperas. 2002. Effect of seedling age and seedling number per hill on snail damage in irrigated rice. Crop Pro. 21: 137-143.
- SAS Institute. 1995. SAS/STAT user's guide, lease 6.12 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schnorbach, H.J. 1995. The golden apple snail (*Pomacea canaliculata* Lamarck), an increasing important pest in rice, and methods of control with bayluscids. Pflanzenschutz-nachr. Bayer 48: 313-346.
- Suzuki, M. and T. Fukuda. 1988. Seasonal occurrence of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck). Proc. Kanto-Tosan Pl. Prot. Soc. 35: 219-220.
- 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. 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: 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.
- Yano, S. and M. Nakatani. 1989. Injury to rice and overwintering of the apple snail, *Pomacea canaliculata*. Proc. Kansai Pl. Prot. Soc. 31: 57.