



영농활동에서 가장 큰 어려움은 원하지 않는 곳에 끊임없이 자라서 작물 수량을 감수시키는 잡초들이다. 우리나라 벼농사에서 제초제를 사용하지 않는 친환경 벼 재배시 잡초방제 방법은 대부분 왕우렁이를 활용하고 있다. 열대지역이 원산인 잡식성 왕우렁이(Golden apple snail)는 1983년 국내에 식용 목적으로 도입된 외래 생물이다. 국내 도입 초기에 식용으로만 이용되었던 왕우렁이가 친환경 벼농사의 논 잡초 제거용으로도 활용된 시기는 1990년대 초반 이후부터 시작되어 현재에는 관행농업에서도 많은 농가들이 제초제 대신에 왕우렁이를 매우 유용하게 활용하고 있다.

- 최종편집: 2017년 5월 24일
- 대표저자: 국립농업과학원 유기농업과 이상범
- 집 필 자: 이상범, 박광래, 홍승길, 이초롱
안민실, 이상민, 고병구
- 주 소: 전라북도 완주군 이서면 농생명로166
국립농업과학원 유기농업과
- 전화번호: 063-238-2577
- 전자우편: korealee@korea.kr

-- 목 차 --

국내 도입과 현황	1
생리·생태적 특성	2
가. 국내 서식 종 및 번식특성	2
나. 월동지역 및 서식밀도	3
논 잡초방제 기술	4
가. 논의 준비작업	4
나. 제초효과와 관리요령	4
왕우렁이 농법의 기대효과	8
왕우렁이에 대한 유의사항	8
참고문헌	10

국내 도입과 현황

연체동물 복족류에 속하는 왕우렁이는 남아메리카 아마존강 유역의 얇은 호수나 늪지에서 서식하는 패류의 일종으로 중남미, 아프리카 및 동남아시아 등지에 10속(genera) 약 120여종이 서식하고 있는 것으로 알려져 있다.

왕우렁이의 국내 유입은 일본을 왕래하는 사람들에게 의해서 1981년 우리나라에 처음 들어온 것으로 추정되며, 공식적인 도입은 충남 아산의 조동기씨가 1983년 2월 25일 식용목적으로 정부승인을 받아 수입하여 이루어진 것으로 사려된다. 그 후 비닐하우스 내에 양식하면서 농가의 소득원으로 자리 잡게 되어 전국 각지로 확산되었다. 국내에서 왕우렁이(Golden apple snail)라는 이름은 토종우렁이보다 크다 해서 붙여진 이름이다. 도입 초기에는 비닐하우스내에서 양식되던 것이 점차 국내 자연환경에 적응력이 생기

면서 여름철 노지에서도 양식되었다. 이러한 과정에서 자연생태계로 탈출하여 수로나 논을 먹어치우는 것을 보고, 국내에서는 1996년부터 친환경농업의 일환으로 잡식성의 왕성한 먹이습성을 이용한 논 잡초 제거에 왕우렁이를 이용하기에 이르렀다.

연중 왕우렁이의 활동이 활발한 열대지방과 일부 아시아지역 등에서는 논 잡초뿐만 아니라 어린 유묘를 가해함으로써 일반적으로 벼의 주요 해충으로 인식되고 있다. 일본 농림수산성은 1984년 12월 20일 *Pomacea canaliculata* Lamarck를 식물방역법상의 농작물 유해동물로 지정하였고, 대만에서는 양식이 전면 금지되었다.

일본의 경우 식용으로 도입, 양식된 왕우렁이가 자연생태계로 전파되어 벼를 가해한 피해면적이 구주지방의 경우 논 면적의 16%에 이르는 42,100ha(1994년)에 달하며, 필리핀은 총 논면적의 약 34%인 920,000ha(2003년)로 심각한 상태에 놓여있다. 또한, 브라질, 타이완, 콜롬비아, 볼리비아, 베네주엘라, 수리남 등 많은 열대지방의 국가들도 벼에 대한 피해사례들을 보고하고 있다.

따라서 논 잡초 방제를 위하여 왕우렁이를 이용할 경우 주의가 요구되며, 자연생태계로 방출된 왕우렁이들의 생리·생태학적 특성을 이해하여 작물피해를 예방하여야 한다.

생리·생태학적 특성

가. 국내 서식 종(種) 및 번식특성



국내에 서식하고 있는 왕우렁이 종(species)은 형태학적 특성과 분자생물학적으로 분류 동정한 결과 1종으로 일본, 타이완, 필리핀에 서식하고 있는 종과 동일한 *Pomacea canaliculata* Lamarck로 확인(국립농업과학원, 이상범)되었다. 이 왕우렁이는 수중의 산소가 부족하면 호흡관을 수면위로 내밀거나 개체가 물위로 떠올라 폐호흡을 하는 특징을 가지고 있다.

왕우렁이의 먹이원은 각종 수초, 논잡초, 농작물(벼, 배추, 토마토, 무, 콩잎 등) 및 수중의 어류와 동물사체를 섭식하는 잡식성이다. 먹이습성은 주로 수면에 접하거나 물속에 있는 식물체를 치설로 잘라서 먹고 산다.

번식은 자웅이체로서 교미에 의하여 수정되어 해질녘부터 밤사이에 식물체의 줄기나

수로 벽면에 0.3m~2m내외의 수면높이에 산란한다. 번식이 가능한 왕우렁이 크기는 최소 각고 2.40cm 이상이 되어야 한다. 산란되는 알의 크기와 수는 성체의 연령 및 영양 상태에 따라 달라지지만 1회에 산란되는 알의 평균 개수는 350~1,200개, 난과 크기는 1.8cm x 4.3cm x 0.94cm, 알의 직경 2.47mm, 알 무게는 12.78mg, 부화새끼 크기는 1.69mm x 2.15mm, 새끼무게는 3.32mg이다. 알을 산란하는데 소요되는 시간은 약 1시간에서 4시간 30분이다. 성숙단계별 알의 색 변화는 산란직후 연질의 우유빛 연분홍에서 시간이 경과됨에 따라 경화되어 중기에는 선홍색, 부화 직전에는 흐린 연보라색으로 변화되며 1~2주가 경과되면 부화되어 어린새끼는 3개월 정도가 되면 성체 왕우렁이(20~30g)가 된다. 이들의 서식지 수질특성은 알칼리성을 선호하고, 염분 농도가 높은 담수는 물론 오염된 수질 조건에서도 광범위하게 잘 적응한다. 왕우렁이의 수명은 영양 상태가 양호할 경우 평균 2~6년 동안 산다.

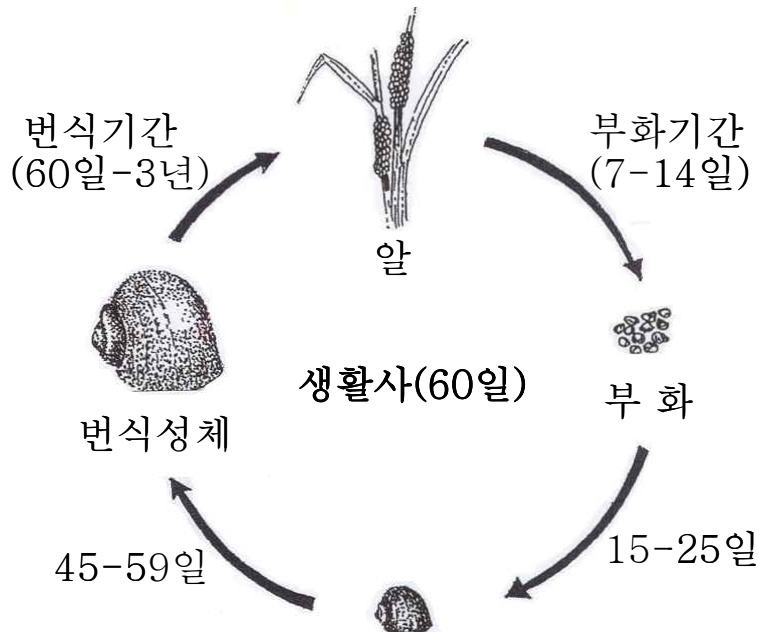


그림 1. 왕우렁이의 생활사 모식도

나. 월동지역 및 서식밀도

왕우렁이가 홍수에 의한 양식장의 범람과 붕괴, 노지양식장의 배수 및 논잡초 제거를 위한 왕우렁이 입식 등에 의하여 국내 자연생태계에 확산되고 있다.

원산지가 열대지방인 왕우렁이는 수온이 18°C이하에서는 활동이 매우 약화되고 24°C이상에서 활동성이 높아진다. 생존 하한선은 0°C에서 35일, -3°C에서 3일, -6°C에서 1일 내외로 보고되었다. 이와같은 왕우렁이의 생존한계 온도는 국내의 겨울철 기온 특성상 월동이 불가능할 것으로 보이지만 국내도입 20여년이 지난 현재 자연생태계에 적응되어

해남, 강진, 경주 등 남부지방에서 월동이 되고 있으며, 12월까지는 김포, 양평, 원주, 횡성, 평창, 철원을 비롯한 전국 어디에서나 생존되고 있다. 따라서 왕우렁이에 관한 지속적인 관찰과 연구가 요구된다.

논 잡초 방제기술

왕우렁이는 수면과 수면아래 있는 잡초, 수초는 물론 벼까지 섭식한다. 이런 먹이 습성을 이용하여 화학합성농약을 사용하지 않는 친환경농업은 물론이고, 관행농업의 벼논에서 잡초 방제에 왕우렁이를 활용하고 있는 실정이다. 그러나 친환경 생물자원으로 효과적으로 잘 활용하려면 다음 사항에 주의하여야 한다.

가. 논외 준비작업

왕우렁이는 수면과 수면 아래에 있는 식물들을 먹기 때문에 논외 정지작업은 균일하게 하여 깊은 곳이 없도록 하고, 가능한 물을 얇게 하여 이앙하여야 물속에 모가 잠기지 않아 벼 피해 없이 잡초를 성공적으로 제거할 수 있다.

왕우렁이 이동거리는 물이 있거나 습한 곳에서는 상당히 멀리 이동한다. 특히 수면위로 떠오른 왕우렁이는 흐르는 물의 흐름에 따라 아주 멀리 이동한다.

따라서 왕우렁이의 전파되는 것을 차단하기 위해서는 논두렁과 배수로에 구멍이 조밀한 망으로 울타리를 설치하여 자연생태계내 확산을 억제시켜야 한다.

나. 제초효과 및 관리요령

(1) 투입시기

왕우렁이 농법의 성공은 좋은 종자우렁이를 구입하는데 달려 있다. 종자우렁이를 구입할 때는 2개월 정도 자라서 산란을 시작하기 전 10~15g정도의 중소형 크기인 것이 좋다. 또한 껍질이 윤기가 나고 건강한 것으로 구입하여 논에 넣어야 왕성하게 잡초를 섭식하고, 산란하여 투입 초기 밀도 밀도를 유지하여 제초효과를 높여준다. 왕우렁이는 토종우렁이와 달리 온도가 높아야 활동을 잘할 수 있기 때문이다.

벼 이앙이 끝나면 준비된 왕우렁이를 넣어주는 시기는 표 1에서 보는바와 같이 늦어도 이앙후 7일내에 투입하여야만 효과적이지만 씨레질을 기준으로 7일 이내에 투입하는 것이 가장 효과적으로 잡초방제를 기대할 수 있다. 그러나 이앙 직후에 넣어도 제초효과는 높으나 이앙묘에 피해가 발생할 수 있다. 이앙직후 모는 착근하지 않은 상태로 물속에 잠겨 있거나 수면에 얹어 처져있기 때문에 왕우렁이의 피해를 받기 쉽기 때문이다.

표 1. 왕우렁이 투입 시기별 제초효과

(g/m² 건조중)

구 분	왕우렁이 투입시기			
	무처리	이양직후	이양 7일	이양 15일
잡초발생량	64.8	2.6	0.9	19.8
제초효과(%)	0	96.0	98.6	69.4

* 방사량 : 5kg/10a, 조사시기 : 이양후 35일

왕우렁이 투입하는 시기가 늦어지면 발아한 잡초가 자라서 수면위로 올라오게 오거나 발생량이 많아져 왕우렁이가 잡초를 먹을 수 없게 되어 제초효과는 매우 떨어지게 된다. 따라서 벼에 피해가 없고 제초효과를 높일 수 있는 시기는 이양 5일 또는 썩레질을 기점으로 하여 7일 이내에 왕우렁이를 넣어야 벼는 잡초방제 효과를 거둘 수 있게 된다.

(2) 입식량과 제초효과

왕우렁이의 투입량은 10a의 논에 5kg을 넣어 주는 것이 가장 효과적(표 2)이다. 왕우렁이를 논에 넣어 주는 양이 많아지면 초기에 먹이가 부족 하여 벼를 가해하거나 세력이 약화되어 산란에 의한 어린 왕우렁이의 증식밀도를 확보하기 어려워 잡초방제 효과가 낮아질 수 있다. 이양 15일후에 10kg을 넣은 것과 이양 7일후에 5kg을 넣은 것의 제초효과를 비교한 결과 왕우렁이의 입식을 배량으로 증가시켜도 투입시기를 놓치게 되면 제초효과가 떨어진다는 것을 알 수 있다. 따라서 투입적기(썩레질 기점 7일 이내)에 적정량(5kg/10a)를 넣는 것이 제초효과를 높일 수 있는 방법이다.

표 2. 왕우렁이 투입량별 제초효과

(g/m² 건조중)

구 분	대조구	투입량(10a)			
		5kg		10kg	
투입시기(이양후)	-	7일	15일	7일	15일
잡초 발생량*	64.8	0.9	19.8	1.2	17.8
제초효과(%)	0	98.6	70.0	98.2	72.5

* 잡초 발생량(건물중) : g/m² ** 조사시기 : 이양 35일후

논 잡초 초종별 제초효과는 이앙후 7일에 5kg의 왕우렁이를 넣어준 곳에서는 다년생이나 1년생 초종 모두 방제효과가 우수하여 98.6%의 제초효과가 있었다. 그러나 이앙초기와 중기에 제초제를 각 1회씩 2회 살포한 곳의 제초효과는 왕우렁이 농법보다 낮은 91.3%(표 3)이었다.

표 3. 논잡초 제초효과(이앙 35일후) (g/m² 건조중)

구 분		무제초	제초제 처리*	왕우렁이 투입
1년생	밭뚝외풀	0.5	-	0.3
	여 귀	5.6	0.7	0.1
	마 디 꽃	0.6	-	0.2
	물달개비	2.6	0.	-
	방동사니	2.7	1.3	-
	사마귀풀	7.2	-	-
	피	4.1	-	0.3
다년생	올 방 개	21.7	1.3	-
	올 미	19.8	2.9	-
잡초 발생량 합계		64.8	6.5	0.9
제초효과(%)		-	91.3	98.6

* 제초제 처리: 이앙초기(론스타), 이앙중기(노난매), 처리량 : 3kg/10a

또한 논 잡초가 지속적으로 발아하여 올라온다 하더라도 계속적으로 먹어 치우기 때문에 왕우렁이가 생존하는 한 제초효과는 지속적이라고 볼 수 있다. 그러나 작물(벼)에도 피해가 발생되고 있으며, 가장 치명적인 크기는 각고 30mm에서 40mm(탁구공 크기) 정도이므로 각별히 물관리를 잘 하여 벼 피해에 주의가 요구된다.

(3) 입식후 관리

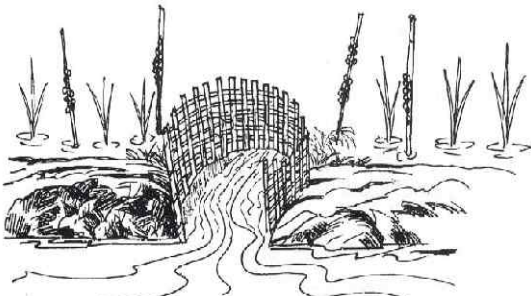
논잡초를 방제하기 위하여 왕우렁이를 입식한 논은 일반논 관리와는 달리 다음 사항에 유의하여야 한다. 종자우렁이를 넣은 논에는 제초제를 비롯한 살충.살균제의 입제 농약을 사용해서는 안되며 잎과 줄기에 살포하는 희석제의 농약도 생육초기에는 살포하지 않는 것이 좋다. 특히 살충제의 사용은 제한하는 것이 좋다.

① 물 관리

왕우렁이는 물속이나 수면에 있는 먹이를 먹기 때문에 물의 깊이가 낮거나 논이 마르면 왕우렁이의 몸체가 드러나고 먹이가 수면위로 드러나게 되어 먹이를 먹을 수 없게 된다. 따라서 발육이 나빠지고 산란도 불량하며 심하면 종자우렁이가 굶어죽는 일이 있어 어린 왕우렁이가 증식되지 않아 제초에 필요한 초기밀도 확보가 불가능하다. 따라서 왕우렁이를 넣은 논은 물 관리는 어린묘가 물속에 잠기지 않을 정도로 수위를 조절해야 한다. 그러나 논둑으로 물이 넘치면 왕우렁이가 이동하여 인근의 이앙초기 논이나 담수 직파를 한 논에 피해를 줄 수 있으므로 논둑으로 물이 넘치지 않도록 관리해야 한다. 왕우렁이는 농약성분이 함유된 물속에서는 살수 없기 때문에 논에 관수하는 물은 농약에 오염되지 않은 물을 관수하여야 한다. 특히 농약을 살포한 인근 논 배수로에서 흘러나온 물이나 논둑을 넘친 물이 유입되지 않도록 각별히 주의해야 한다.

② 자연생태계 전파 억제

왕우렁이는 배다리로 지면을 스치듯 움직이며, 하나의 필지내에 먹이를 찾아 자유롭게 이동한다. 수면위로 떠오른 왕우렁이는 물의 흐르는 속도와 물길에 따라 빠른 시간에 아주 멀리 이동한다.



왕우렁이의 이동을 막기 위한 철망

따라서 부화된 새끼와 성체가 탈출되는 것을 방지하기 위하여 관개용수 유입구와 배출구에 철망이나 대나무로 엮은 망을 설치하여 왕우렁이가 밖으로 이동하지 못하도록 철저히 관리하여 한다. 특히 인근에 이앙초기 논이나 벼 담수 직파재배 논이 산재하고 있다면 관리를 더욱 더 철저히 해야 한다.

③ 조류에 의한 왕우렁이 피해방지

왕우렁이를 넣어준 논에는 백로와 같은 조류가 도래하여 입식된 성체를 잡아먹기 때문에 새 그물망이나 방지테이프를 쳐서 조류피해가 없도록 해야 한다. 우리와는 반대로 열대



오리와 인력에 의한 왕우렁이 제거

지방에서는 벼 피해가 심각하여 메기나 오리 등의 자연생태계내 생물들을 이용하거나 또는 인력으로 왕우렁이 제거에 많은 노력을 기울이고 있다.

왕우렁이 농법의 기대효과

① 환경보전에 기여

왕우렁이농법에 대한 환경평가를 위하여 관행농법에서 사용되는 제초제를 이앙초기와 중기에 2회 살포한 논에서 물벼룩의 밀도를 조사하여 상호 비교하였다. 표 4의 시험 결과 제초제를 2회 살포한 논에서는 5mℓ당 물벼룩의 개체수가 1.5마리 관찰되었으나 왕우렁이 농법을 실천한 논에서는 3.5마리로 2배 이상 많았다.

표 4. 왕우렁이농법을 실시한 논의 물벼룩 밀도

구 분	관행(제초제2회)	왕우렁이농법
물벼룩 밀도(마리/5mℓ)	1.5	3.5

* 조사시기: 이앙 60일후

② 농가 소득증대에 기여

왕우렁이농법의 쌀 생산량 시험결과 10a당 527kg(1996년)으로 관행농법의 538kg에 비하여 2.3%정도 감수하였다. 이것은 왕우렁이 농법에서는 비료와 제초제뿐만 아니라 병해충방제에 필요한 각종 농약을 살포하지 않은 결과로 판단된다. 그러나 제초비용과 경영비의 감소로 인하여 소득은 오히려 관행농법에 비해 2.1%정도 증가하였다.

표 5. 왕우렁이농법의 수량과 경제성

(천원/10a)

구 분	수 량 (kg/10a)	제 초 비 용		조수입	경영비	소 득	
		재료비	노력비			소득액	지수(%)
왕우렁이 농 법	527	25	1.6	9.0	38	582	102
관행농법	530	40	8.8	930	360	570	100

왕우렁이에 대한 유의사항

① 월동 및 피해가능성

왕우렁이농법에 사용한 왕우렁이는 열대성 연체동물이다. 생육에 적당한 물의 온도는 17~25℃이고 생존 가능한 한계저온은 2℃일뿐 아니라 토종우렁이와는 달리 겨울잠을 자지 않고 먹이를 계속해서 먹어야만 생존할 수 있고 물의 온도가 생존 가능한 온도라고

하더라도 먹이가 없으면 굶어 죽게 된다. 따라서 남해 일부지역에서 월동 가능성을 배제할 수는 없으나 월동후 벼에 피해를 줄만한 밀도가 형성될 것인가는 지속적인 검토가 필요하다. 그러나 일본의 경우 벼에 대한 피해보고가 있는 후 피해 한계선이 계속 북상하고 있는 것으로 알려져 관심있게 관찰할 필요가 있다.

② 국내 환경 적응성

일부 연구가들의 토종왕우렁이와 교잡한 새로운 변이종이 출현하여 국내환경에 적응하면 작물에 피해가 발생할 수 있다는 우려는 토종 우렁이는 새끼를 낳은 태생인데 비하여 왕우렁이는 알을 낳는 난태생으로 교잡자체가 불가능하여 교잡에 의한 변이종의 출현은 어려울 것이라고 판단된다. 그러나 해남, 고흥, 강진 등 따뜻한 남부지역에서는 왕우렁이 성체가 수로와 물웅덩이에서 월동하고 있으므로 직파재배시 잡초방제용 월동 왕우렁이에 의한 주의가 요구된다.

이상의 내용을 요약하면 왕우렁이농법은 먹이습성을 이용하여 논농사에서 농약에 의한 토양과 수질오염 방지 및 소비자들의 불신을 해소하고, 제초제를 대용할 수 있으므로 자연생태계 오염을 억제하는 효과를 기대할 수 있다.

그러나 왕우렁이의 왕성한 식물체 먹이습성은 논 잡초는 물론이지만 잡초가 적은 이앙 초기에 어린 벼를 가해하기 때문에 입식량, 물관리 등에 주의해야 한다. 또한 국내에서



2000년에 해남지방에서 월동되기 시작하여 현재에는 해남, 강진, 고흥 등 남부지역의 각지로 월동지역이 확대되고 있고, 2003년부터 월동된 왕우렁이에 의한 벼 피해가 해남과 강진에서 발생하였다.

2004년 5월 FAO자료에 의하면 왕우렁이에 의한 연간 경제적 손실이 필리핀의 경우 벼 피해 금액이 약 1억

달러에 달하며, 미국의 경우 왕우렁이 방제에 소요된 금액이 100억 달러 등 세계적인 왕우렁이에 의한 농업적 손실액이 55억 달러에서 248억 달러에 이른다고 보고하였다.

국내에서 활용하고 있는 왕우렁이농법은 제초제를 대체할 수 있는 훌륭한 생물자원이지만 왕우렁이 이용과 관리방법, 생리·생태적 특성에 관한 연구가 이루어지지 않으면 열대지방에서의 문제가 지구의 온난화현상으로 인하여 우리의 문제가 될 것이라는 점에 안일하게 대처해서는 안 될 것이다. 아울러 토종 생물이 아닌 외래 생물의 도입과 이용에는 항상 정책 입안자나 허가자, 연구자, 이용자 모두 신중한 검토 후 활용하는 것이 무엇보다도 중요하다고 하겠다.

참고문헌

- Dancel KT and RC Joshi. 2000. "Golden menace" in Ifugao rice terraces. SEAFDEC Asian Agriculture 22(1) : 31~33.
- Dela Cruz MS and RC Joshi. 2001. Re-evaluation of the bioefficiency of commercial molluscicide formulations on the golden apple snail *Pomacea canaliculata*. Philipp. Agric. (In press).
- Dela Cruz MS, RC Joshi, and EC Martin. 2000. Potential effects of commercial molluscicides used in controlling golden apple snails on the native snail *Vivipara costata* (Quoy and Gaimard). Philipp. Ent. 14(2) : 149~157
- Dela Cruz MS, RC Joshi, and AR Martin. 2001. Basal application of fertilizer reduces golden apple snail population. IRRN. (In press)
- Department of Agriculture and Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1989. A primer on integrated golden management. 26 pp.
- Joshi RC, MS Dela Cruz, GP Banawa, J Modesto, and ER Tiongco. 2000. Golden apples snail and management. In: Highland rice production in the Philippine Cordillera. central Cordillera Agriculture Programme(CECAP), Banaue, Ifugao and Philippine Rice Research Institute (PhilRice), Maligaya, Munoz, Nueva Ecija. 155~157
- Joshi RC, MS Dela Cruz, AR Martin, JC Cabbigat, RF Bahatan, AD Bahatan, J Choy-Awon, NP Chilagan, and AB Cayong. 2001. Current status of golden apples snail in the Ifugao Rice Terraces, Philippines. Journal of Sustainable Agriculture, USA. (In press)
- Morallo-Rejesus B, AS Sayaboc, and RC Joshi. 1998. The distribution and control of the introduced golden snail (*Pomacea* sp.) in the Philippines. Paper presented at the symposium on introduction of germplasm and plant quarantine procedures. Jalan Ampang, Kuala Lumpur, Malaysia. 26 pp.
- Revilla, IM. 1989. State of golden Kuhol infestation in selected rice farming villages of Nueva Ecija. Paper presented during the Workshop on golden kuhol Management in the Philippines held at PhilRice Maligaya, Munoz, Nueva Ecija.

75 pp.

- Tanzo IR, RC Joshi, and GH Baker. 2000. Farmers' assessment of golden apples snail management options promoted in the strategic extension campaign, Philippines. Poster presented at the Molluscs 2000 conference, Sydney, Australia.
- 박형만, 이상범, 이건휘, 김현주, 김도익. 2007. 왕우렁이 생태 및 방제체계 연구. 국립농업과학원
- 이상범, 김진호, 나영은, 고문환. 2000. 우렁이 생태에 관한 연구. 국립농업과학원
- 이상범, 고문환, 나영은, 김진호. 2002. 왕우렁이(apple snails)의 생리·생태적 특성에 관한 연구. 한국환경농학회지 21(1): 50~56
- 이상범, 이강효, 김진호, 박형만, 김승환, 이상계, 최두희. 2004. 중부지역 왕우렁이 월동실태 및 생리·생태학적 특성 연구. 국립농업과학원