

왕우렁이를 이용한 벼 친환경재배포장에서 벼와 왕우렁이 생장에 대한 중간낙수 효과*

황기철***·안석현***·정남진**

Midsummer Drainage Effects on Rice Growth and Golden Apple Snails in Environment-friendly Rice Cultivation

Hwang, Ki-Cheol·Ahn, Seok-Hyun·Chung, Nam-Jin

This study was performed to examine whether it is possible to promote rice growth by midsummer drainage without damage of golden apple snails in environment-friendly rice farming. The effect of drainage on the life of snails was examined in a greenhouse before the field experiment. Spats (young shells) of snails survived 100% at 12 days after drainage, and 93.3% at 15 days after drainage. The mid-sized shells survived 100% at 9 days, 93.3% at 12 days, and 86.6% at 15 days after drainage. In the field experiment, 10-days drainage did not affect the snail population and there was no significant difference of weeding activity of snails between the midsummer drainage treatment and the continuous submerged treatment. The plant height and the effective tiller number in the midsummer drainage treatment were higher than those of the continuous submerged treatment. The rice yield of midsummer drainage plot was 511kg/10a, which was 66kg/10a higher than 445kg/10a of continuous submerged plot. In conclusion, midsummer drainage could increase rice growth and yield without damage of golden apple snails in the environment-friendly rice farming.

Key words : *rice, environment-friendly farming, midsummer drainage, golden apple snail*

* 본 연구의 포장실험 작업과 벼 생육조사에 참여해주시신 전북농업마이스터대학 친환경수도작반 임종립 회장님 등 1기 졸업생 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

** Corresponding author, 전북대학교 농업생명과학대학 작물생명과학과(E-mail : njchung@jbnu.ac.kr)

*** 전북대학교 농업생명과학대학 작물생명과학과

I. 서 론

우리나라의 벼 재배양식은 경제적, 환경적 영향에 의해 변화되어 왔다. 1970년대에는 절대적으로 부족한 식량 증산을 위한 농법으로 비료, 농약과 같은 화학물질의 투입이 과도한 시기였으나, 1990년대 이후 환경보존 및 지속적 농업이 강조되면서 농업 생산성 향상과 생태계 보존을 동시에 추구하는 재배방법이 각광을 받고 있다(Koo et al., 2002).

벼 친환경재배 시 잡초 및 병해충 방제 작업은 필수적으로 수반되어야 하나, 실제로 친환경농업 실천농가의 가장 큰 어려움은 병해충과 잡초방제인 것으로 나타나고 있다(Kim et al., 2007). 벼 친환경재배 농가는 잡초 관리를 위하여 오리, 왕우렁이, 긴꼬리 투구새우, 쌀겨 등의 다양한 생물 및 유기자원을 활용하여 왔으나, 최근에는 대부분의 벼 친환경 재배농가에서 왕우렁이 농법을 이용하고 있다(Jeonnam Agricultural Research & Extension Service, 2009). 우리나라 벼농사에 이용되고 있는 왕우렁이는 1983년 동남아시아에서 식용으로 도입된 것으로 추정되며 1990년대 초부터 제초효과가 매우 탁월한 섭식 습성을 관찰한 농가에 의해 벼농사에 이용되기 시작하였다(Lee et al., 2002).

왕우렁이를 이용한 제초의 장점은 방사시기에 관계없이 물달개비, 방동사니 같은 잡초의 방제에 우수한 효과가 있고, 물이 차 있는 곳은 어디나 제초효과가 뛰어나며, 작기가 끝난 이후에는 우렁이가 땅속으로 파고 들어가 유기질 비료 역할을 한다는 것이다(Yoon and Moon, 2006). 특히, 왕우렁이의 제초효과는 95% 이상으로 매우 높기 때문에 친환경 재배 농가에서 그 사용 면적이 꾸준히 증가하고 있다(Kim, 1998; Moon et al., 1998; Chung et al., 1999).

한편, 왕우렁이는 물속이나 수면에 있는 먹이를 먹기 때문에 물의 깊이가 낮거나 논이 마르면 먹이 활동을 할 수 없다(National Institute of Agricultural Science and Technology, 2005). 따라서 왕우렁이를 이용한 벼 친환경 재배 시에는 중간낙수를 하지 않고 담수상태를 유지하도록 권장하고 있다. 그러나, 벼 재배 시에 중간낙수는 토양 속 유기물의 분해를 촉진하고 무효분열을 억제하며, 뿌리 성장을 촉진하고 활력을 높여주어 생육후기에 벼 뿌리의 노화방지 및 도복저항성 증대 등(Choi et al., 1995) 그 역할이 매우 크다.

따라서, 본 연구에서는 왕우렁이를 이용한 벼 친환경 재배시 왕우렁이의 제초 활동을 위하여 논을 담수상태로 유지하는 것이 관행농법이지만, 왕우렁이에 피해가 되지 않으면서 중간낙수에 의하여 벼 생육을 촉진하는 것이 가능한지 검토하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

벼 품종은 신동진벼로 보급종을 김제시농업기술센터에서 분양받아 사용하였으며, 왕우렁이는 치패(부화한지 30~40일 정도 자란 것으로 2,000개/kg 정도)와 중패(부화후 60~90일 정도 자란 것으로 250개/kg 정도)를 왕우렁이 사육농가로부터 구입하여 사용하였다.

2. 포트시험에서의 낙수기간에 따른 왕우렁이 생존율

왕우렁이 생존율은 와그너포트(1/5000a)에 논 흙과 물을 채우고 썬레질하여 3일간 균한 후에 담수상태로 포트당 10마리씩 왕우렁이를 방사하였다. 왕우렁이는 치패와 중패를 각각 3반복으로 낙수기간을 0일, 1일, 6일, 7일, 12일, 15일로 처리하였다. 낙수처리기간이 종료 되는 시기에 왕우렁이 생존률을 조사하였고, 상층부 3cm의 토양을 채취하여 수분함량(건토 중량법)을 측정하였다.

3. 포장실험

본 시험은 전북대학교 백구실험농장에서 실시하였다. 실험포장(1,890m²)을 세로로 6등분 하여 3개의 집구를 만들고 집구 내에서 관행재배시험구와 낙수재배시험구를 난괴법으로 배열하였다. 벼는 30일 동안 육묘하여 30×15cm 간격으로 기계이앙하였다. 논에 시비한 유기질 비료는 친환경 유기복합비료(질소 4%, 인산 1.5%, 가리 2.5%, 유기물 70% 함유된 식물성 유박퇴비)를 썬레질 전 15일에 기비로 10a 당 4.3kg, 출수 전 40일에 추비로 10a당 3.3kg을 사용하였다.

왕우렁이는 중패를 이앙 직후 10a 당 5kg을 방사하고, 시험구의 주위를 1m 높이로 1.5mm 망을 이용하여 울타리를 설치하였다. 중간낙수는 7월 5일부터 7월 14일까지 10일간 실시하였으며 이 기간 중 강우는 없었다. 포장에서 중간낙수가 왕우렁이의 생존에 미치는 영향을 알아보기 위하여 중간낙수 후 담수상태에서 패사한 왕우렁이 수를 조사하였고, 중간낙수 전후로 잡초발생량을 조사하였다.

중간낙수가 벼 생육 및 수량에 미치는 영향을 검토하기 위하여 초장, 분얼수를 분얼기 및 출수기에 조사하였으며, 벼 수량 조사는 시험구 당 100주를 수확하여 정조종과 수분함량을 측정하여 수분함량 15%로 보정하였다. 수량구성요소는 처리당 9반복 18주씩 예취하여 주당수수, 수당 총립수, 비립수를 조사하여 임실율(%)을 계산하였다. 현미천립중은 제현 후 완전립 1,000개의 현미를 선별하여 3반복으로 측정하여 평균값으로 계산하였다.

4. 통계 분석

본 연구에서 얻어낸 데이터는 SAS 통계 패키지(Ver. 9.2)를 이용하여, t-분석과 Duncan의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test, DMRT)을 통해 평균값을 5% 유의수준에서 비교하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 포트시험에서의 낙수기간에 따른 왕우렁이 생존율

낙수처리기간별 토양수분함량과 왕우렁이의 생존율은 Fig. 1과 같다. 낙수기간이 길어질수록 토양 수분함량은 감소하여 6일차에 39.1%, 9일차에 31.9%, 12일차에 26.8%, 15일차에 21.8%를 나타내었다. 낙수 처리 후 9일까지 치패와 중패 모두 100%의 생존율을 보였고, 낙수 후 12일에 치패는 100%, 중패는 93.3% 생존율을 보였다. 낙수 후 15일에는 치패는 93.3%, 중패는 83.3%의 생존율을 보였다. 낙수 처리된 토양에서 왕우렁이는 모두 흙 안으로 파고들어가는 반응을 보였으며, 이상의 결과로 보면 중간낙수 기간을 10일 정도 했을 경우 토양수분 부족에 의한 왕우렁이의 치사는 거의 없을 것으로 판단된다.

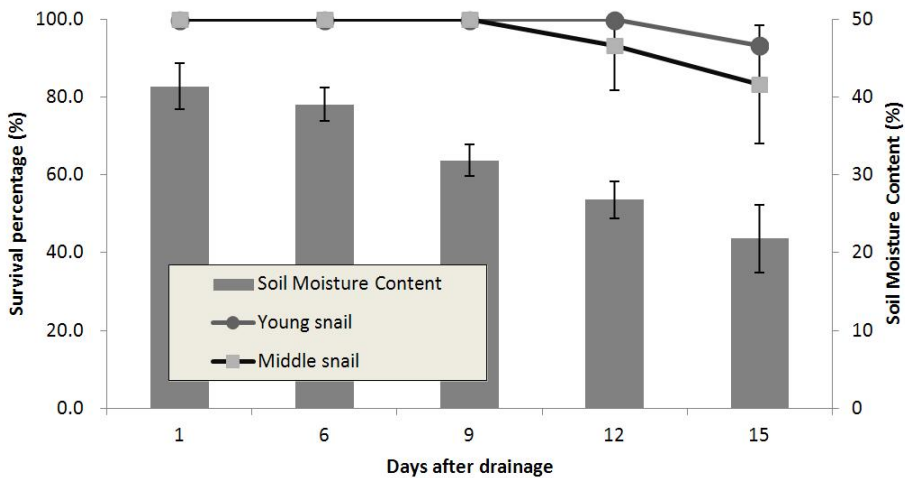


Fig. 1. Survival percentage of golden apple snails and soil moisture content depending on days after drainage

2. 벼 친환경재배포장에서 중간낙수 효과

온실실험에서 예측되었던 바와 같이 포장실험에서 10일간의 중간낙수에 의한 토양 건조에 의하여 치사한 왕우렁이는 발견할 수 없었다. 2013년 전북대학교 벼 재배 실험포장이 있는 백구지역에 낙수기간 동안 강우가 없었던 것을 감안하면 10일간의 중간낙수는 왕우렁이의 먹이 활동에는 영향을 줄 수 있으나 생존에는 전혀 문제가 없을 것으로 생각된다.

중간낙수가 왕우렁이를 이용한 벼 친환경재배포장에서 잡초발생에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 중간낙수 전에 시험구에 발생한 잡초는 피(*Echinochloa crus-galli*)였으며, 상시담수구에서 6.3개/시험구(315m²), 중간낙수구에서 5.0개/시험구(315m²)가 발생하였다. 시험구에 발생한 피는 중간낙수 전에 손으로 모두 제초하였다. 중간낙수 후 출수기(8월 16일)에 잡초 발생량 조사결과, 자귀풀(*Aeschynomene indica*)이 발생된 것이 관찰되었으며, 상시담수구는 0.3개/시험구(315m²), 중간낙수구는 1.0개/시험구(315m²)로 처리간 잡초발생량의 차이는 없었다. 이상의 결과로 볼 때, 10일간의 낙수기간은 왕우렁이의 생존이나 잡초발생량에 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

Table 1. Comparison of weeds occurrence between conventional farming and midsummer drainage in environment-friendly cultivation by use of golden apple snail

Water management	Weeds occurrence (plants/plot)	
	Before the midsummer drainage	After the midsummer drainage
Continuos flooding	6.3 a*	0.3 a
Midsummer drainage	5.0 a	1.0 a

* Different small letters in each column are significantly different at $\alpha=0.05$ by t-test.

왕우렁이를 이용한 친환경 농업에서 왕우렁이의 제초효과는 95% 이상으로 매우 높은 것으로 보고되고 있다(Kim, 1998; Moon et al., 1998; Chung et al., 1999). 왕우렁이 투입시기 및 투입량은 이앙 후 9~10일 사이에 6.2kg 10a⁻¹이라고 하였으며 이앙 후 7일에 투입할 경우 제초효과는 98%이나 15일에 투입시 70%로 낮아지며 적정 투입량은 5kg 10a⁻¹라고 하였다(Park et al., 2001).

벼 친환경재배 시 물관리 방법에 따른 출수기와 수확기의 벼 생육은 Table 2와 같다. 출수기는 상시담수구와 중간낙수구 모두 8월 16일이었으며, 초장은 100cm 정도로 상시담수구와 중간낙수구 간에 차이가 없었으나 주당 분얼수는 상시담수구가 7.7개, 중간낙수구가 10.4개로 중간낙수구가 상시담수구보다 유의하게 높게 나타났다.

벼 수확기(10월 8일)의 생육을 보면, 간장은 상시담수구가 72.2cm, 중간낙수구가 81.8cm

로 중간낙수구가 유의하게 컸으며, 수장은 처리 간 차이는 나타나지 않았다. 주당 이삭수는 출수기 분얼수와 동일한 경향으로 중간낙수구가 유의하게 많게 나타났다.

Table 2. Growth characteristics of rice at heading and ripening stage in environment-friendly cultivation by use of golden apple snail

Water management	Heading date	Heading stage		Harvesting stage		
		plant height (cm)	tiller number per hill	Stem height (cm)	Panicle length (cm)	Panicle number per hill
Continuous flooding	16 Aug.	100.2 a*	7.7 b	72.2 b	20.2 a	7.8 b
Midsummer drainage	16 Aug.	99.7 a	10.4 a	81.8 a	19.6 a	10.1 a

* Different small letters in each column are significantly different at $\alpha=0.05$ by t-test.

벼 포장의 상시답수구와 중간낙수구의 수량 구성요소와 수량은 Table 3에서 보는 바와 같다. 임실율과 친립중은 중간낙수구와 상시답수구 간 차이가 없었으나 주당 이삭수는 중간낙수구에서 유의하게 높았으며, 반면 수당립수는 감소한 것으로 나타났다. 수량은 중간낙수구가 511.3kg/10a로 상시답수구의 445.4kg/10a보다 14.8% 높게 나타났다.

Table 3. Rice yield and its components in environment-friendly cultivation by use of golden apple snail

Management method	No. of panicle /hill	No. of spikelets /Panicle	Fertility (%)	1,000 grain weight(g)	Rice yield (kg/10a)
Continuous flooding	9.1 *b	110.9 a	91.1 a	25.5 a	445.4 b
Midsummer drainage	11.6 a	99.4 b	90.5 a	25.7 a	511.3 a

* Different small letters in each column are significantly different at $\alpha=0.05$ by t-test.

본 연구에서 출수 전 42일에 10일간의 낙수처리에 의하여 주당이삭수가 증가되었고 이것의 영향으로 수량이 증수되었다. 벼 재배에서 낙수처리에 대한 다른 연구자들의 보고를 보면, Paik et al.(1997)은 중간낙수가 벼의 출수기에는 영향을 주지 않았으나 토양경도와 뿌리량을 증가시킨다고 하였고, Lee et al.(1991)은 낙수에 의하여 10cm 이하의 심토층의 뿌리 분포 비율이 높아졌다고 하였다. 또한, Paik et al.(1997)은 낙수처리는 등숙비율과 현미친립중을 증가시키고, 이로 인하여 쌀수량을 증가시킨다고 하였다. 수량구성요소는 기상환경에

의하여 크게 좌우되고 또한 한 개의 구성요소가 커지거나 작아지면 다른 구성요소가 상대적으로 작아지거나 커지는 보상 효과가 있기 때문에 중간낙수 처리에 의한 수량구성요소의 변화는 연구자들 마다 상이한 결과를 보이거나 중간낙수에 의하여 생육이 촉진하고 수량이 증수되는 것은 공통적인 결과이다.

결론적으로, 왕우렁이를 이용한 벼 친환경재배 시 중간낙수에 의하여 왕우렁이와 잡초방제에 문제없이 벼 생육과 수량을 증대시킬 수 있었다.

IV. 적 요

본 연구에서는 왕우렁이를 이용한 벼 친환경 재배시 왕우렁이에 피해가 되지 않으면서 중간낙수에 의하여 벼 생육을 촉진하는 것이 가능한지 검토하고자 수행하였다. 낙수기간에 따른 토양수분함량과 왕우렁이의 생존율을 온실에서 포트실험을 통하여 조사한 결과, 토양수분함량은 낙수 후 6일에 39.1%, 9일에 31.9%, 12일에 26.8%, 15일에 21.8%로 감소되었고, 왕우렁이는 치패의 경우 낙수 처리 후 12일까지, 중패는 낙수 처리 후 9일까지 100%의 생존율을 보였고, 낙수 후 15일에는 치패는 93.3%, 중패는 83.3%의 생존율을 보였다. 잡초발생량은 상시담수구와 중간낙수구간에 차이가 없었으며, 중간낙수에 의하여 주당 수수가 증가하여 중간낙수구의 쌀 수량은 511kg/10a로 상시담수구의 쌀수량 445kg/10a보다 66kg/10a 증가한 결과를 보였다.

[논문접수일 : 2013. 7. 15. 논문수정일 : 2013. 8. 6. 최종논문접수일 : 2013. 8. 8.]

Reference

1. Choi, D. H., Y. H. Lee, S. H. Kim, S. M. Lee, and Y. J. Lee. 2002. Scientific Symposium-Korean Society of Organic Agriculture-Environment- friendly material management system. National Academy of Agricultural Science, Department of Agricultural Environment. pp. 89-108.
2. Choi, M. G., B. T. Jun, and S. H. Park. 1990. Cultural practices for improving grain quality of rice in southern plain area. Korean J. Crop Sci. 35(6): 487-491.
3. Choi, M. G., S. S. Kim, S. Y. Lee, and S. Y. Cho. 1995. The Effect of Midsummer Drainage on Growth and Lodging in Rice Cultivation by Direct Seeding on Dry Paddy. The

- Journal of the Korean Society of Crop Science. 40(5): 574-579.
4. Chung, S. J., H. S. Park, J. S. Oh, S. G. Choi, and B. C. Choi. 1999. Studies on the Ecology and Ingestion of *Ampullarius Insularus* for Weeding of Paddy Rice. Journal of Korean Society of Organic Agriculture. 7(2): 169-178.
 5. Ham, J. G. and A. S. Lee. 2006. Establishment of Midsummer Drainage Time by Type of Rice Paddy for Production of High Quality Rice. Test and Research Report of Gangwondo Agricultural Research and Extension Services.
 6. Jeonnam Agricultural Research & Exhibition Services. 2010. Manual for Organic Rice Farming. pp. 73-97.
 7. Jeonnam Agricultural Research & Extension Service. 2009 A first Step to Organic Rice Farming. p. 115.
 8. Kim, D. I., S. G. Kim, G. J. Choi, B. Y. Kang, J. D. Park, Jeong-Joon Kim, D. R. Choi, and H. M. Park. 2007. Occurrence and Damage of Golden Apple Snail (*Pomacea canaliculata*: Ampullariidae) in Jeonnam Province of South Korea. Journal of Korean Society of Applied Entomology 46(1): 109-115.
 9. Kim, H. D. 1998. Weed Control Effect by Input of Golden Apple Snails. Korean Society of Organic Agriculture Symposium for the 1sthalfoftheyear. pp. 83-90.
 10. Kim, S. S., N, H. Paik, S. Y. Lee, J. H. Kim, and D. S. Cho. 1995. The Effect of Midsummer Drainage and Treatment of Growth Regulator on Growth and Lodging in Rice Cultivation by Puddled-Solid Drill Seeding.
 11. Koo, Y. C., D. Y. Song, G. Y. Sung, and J. H. Park. 2002. Research Reports: Changes of Weed Bio - Diversity in Rice cultivation System. Journal of The Korean Society of Weed Science. 22(3): 254-258.
 12. Lee, J. H., D. S. Kim, and G.H. Lee. 1968. Midsummer Drainage Test for Prevention of Lodging. Youngshi Annual Report. pp. 369-374.
 13. Lee, M. H., Y. J. Oh, and R. K. Park. 1991. Lodging mechanism and reducing damage of rice plant. Korean J. Crop Sci.(meteorological disaster II): 383-393.
 14. Lee, S. B., M. H. Koh, Y. E. Ra, and J. H. Kim. 2002. Physiological and Ecological Characteristics of the Apple Snails. Journal of The Korean Society of Environmental Agriculture. 21(1): 50-56.
 15. National Institute of Agricultural Science and Technology. 2005. A guidebook to Organic Rice Farming. pp. 274-283.
 16. Paik, N. H., S. S. Kim, H. G. Park, H. T. Shin, S. Y. Cho, and S. R. Lee. 1997. The Effect of Number of Midsummer Drainage in Growth and Lodging in Direct Seeding of Rice on

- Flooded Paddy Surface. Korean Journal of Crop Science. Vol. 42 No.6 pp. 722-728.
17. Park, J. S., S. Y. Lee, and C. G. Kang. 2001. Technological and Economic Analysis of Environment-friendly Rice Farming – focused on Farming Method using Ducks and Golden Apple Snails. Journal of Korean Society of Organic Agriculture. 9(2): 69-81.
 18. Suh, H. R., C. H. Choi, G. W. Lee, G. B. Lee, and T. W. Noh. 2010. A Study on the Ecology of the Golden Apple Snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in Chungnam and Jeonbuk Province of Korea. The Journal of Korean Society of Environment and Ecology. 24(6): 772-780.
 19. Yoon, S. P. and Y. J. Moon. 2006. A Study on Artificial Proliferation of *Triops longicaudus* classified into Endangered Species Class II through Ecological Application and its Utilization. The 52nd National Science Exhibition, Introduction of Exhibits. p. 53.