

## 친환경 농법에 따른 논 잡초발생 차이와 벼 수량에 끼치는 영향

조광민<sup>1</sup>, 이상복<sup>1</sup>, 김 선<sup>1</sup>, 안설화<sup>2</sup>, 전재철<sup>3\*</sup>

## Weed Occurrence and Rice Yield as Affected by Environment Friendly Farming Methods

Kwang-Min Cho<sup>1</sup>, Sang-Bok Lee<sup>1</sup>, Sun Kim<sup>1</sup>, Xue-Hua An<sup>2</sup> and Jae-Chul Chun<sup>3\*</sup>

**ABSTRACT** To suggest the weed management technique for environment friendly rice cultivation, we investigated occurrence patterns of weeds, the actual condition of weed management, and rice yield at the environment friendly agricultural complex located in Honam and Chungnam regions. The practical performance of weed management was relatively satisfactory in decreasing order of agricultural technique with golden-apple-snail (GAS) > agricultural technique with duck (Duck) > agricultural technique with rice bran (RB) > agricultural technique with soft-shelled turtle (ST). In the rice fields employed by agricultural technique with GAS, the dominant weeds were *Echinochloa crus-galli*, *Ludwigia prostrata*, *Monochoria vaginalis*, *Sagittaria trifolia*, and *Aneilema keisak*. However, *E. crus-galli*, *M. vaginalis*, *L. prostrata*, *Aeschynomene indica* and *Bidens frondosa* were found as dominant weeds at the fields using the Duck and *E. crus-galli*, *M. vaginalis*, *L. prostrata*, *Polygonum hydropiper* and *Eleocharis kuroguwai* at the fields using RB. In comparison of rice yield (5.2 MT ha<sup>-1</sup>) obtained from the conventional cultivation using herbicides, about 93% was reached by Duck, about 91% by GAS, about 92% by RB, and about 78% by ST. When rice qualities obtained from environment friendly rice cultivation were compared with those from the conventional cultivation, the producing rates of perfect kernel, immature kernel, immature opaque kernel, cracked rice, and damaged kernel were lower in the former cultivation, whereas contents of protein, amylose, and fatty acid were similar in the two cultivation methods. The

<sup>1</sup> 농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부, 570-080 전라북도 익산시 오산로 67(Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea).

<sup>2</sup> 중국 절강성농업과학원(Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou, China).

<sup>3</sup> 전북대학교 생물환경화학과, 561-756 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14(Department of Bioenvironmental Chemistry, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea).

\*\* 조광민과 이상복은 제1저자로서 동일하게 기여하였음.

\* 연락처자(Corresponding author) : Phone) +82-63-270-2548, Fax) +82-63-270-2550, E-mail) jcchun@chonbuk.ac.kr

(Received September 4, 2011; Revised September 9, 2011; Accepted September 19, 2011)

problems found in the environment friendly agriculture were poor plowing and harrowing, careless irrigation management, and geological poor condition as cultivation area with cold water. These have caused severe infestation of weeds, frequent incident of disease and insect pest, and rice lodging. This resulted in reduction of rice yield as high as about 32 to 79% as compared with the conventional cultivation using herbicides.

**Key words:** environment friendly rice farming; paddy field; rice culture; weed survey.

## 서 언

우리나라의 농업은 그동안 식량증산에 초점이 맞추어짐으로서 화학비료와 농약을 과다 사용하거나, 농업 환경에서 축산분뇨 등의 과다발생으로 생태계의 파괴와 수질오염 및 농산물의 농약잔류 문제 등이 유발되는 수준에 이르러 지속 가능한 농업생산이 위협을 받게 되었다(Han 등 2000; Han 등 2002). 이러한 상황에서 우리의 농업을 지속적으로 발전시켜 나가기 위하여 농업과 환경을 조화시켜 농업생산의 경제성 확보와 환경보전 및 농산물의 안전성 등을 동시에 추구하는 농업으로 환경농업육성법이 제정되었다. 이러한 친환경 농업을 실천하고자 정부는 1995년부터 2007년까지 2,824억원을 투입하여 879개소의 친환경농업지구를 조성하였다(농림수산식품부 2007). 정부 발표에 따르면 친환경농업 실천 기반 구축 및 확산에 기여한 결과 친환경농산물의 생산비중이 전체농산물 생산량 대비 2010년 현재 약 12.2%까지 끌어 올리게 되었다(농림수산식품부 2011).

친환경농업에 있어서 중요한 것은 적지선정과 그 선정된 환경 내에서 가장 적절한 농업의 적용 및 이를 통한 적절한 작물 및 관리체계를 채택하여 최적의 농업으로 수행해야 한다는 점이다. 이러한 시스템을 바탕으로 지력증진을 위한 적절한 토양 비옥도 관리, 병해충 및 잡초방제 기술의 적용 그리고 조성된 시스템의 유지를 통한 효율적 수행이 이루어져야 성공적인 친환경 농업을 달성할 수 있다(최 등 2002). 특히 논 농업에 있어서 친환경농법의 가장 어려운 점은 친환경 안전농산물 재배지에서 제초제 사용 금지로 인하여 야기되는 잡초에 의한 수량 감소가 매우 크다는 것을 들 수 있다. 지금까지 친환경 잡초관리 연구는 작물의 경합력을 증대시키면서 더불어 잡초의 경합력은 떨어뜨리는 방법을 택하여 왔다. 즉, 잡초에 대한 경합력이 큰

작물을 선택함에 있어, 품종 간 특성으로는 만생종보다는 조생종(구 등 2000)이, 분얼성으로는 소얼성 보다는 다얼성 품종(Kim 등 1982)이 경합에 유리하며, 이앙 시기로는 조식보다는 만식(National Institute of Agricultural Science and Technology, 2000) 조건이, 재식 밀도로는 소식보다 밀식이, 그리고 직파재배보다는 이식재배에서 잡초와의 경합이 유리한 것으로 나타나고 있다. 또한 경운 조건보다는 무경운(Pyon 등 1997) 조건이, 무비보다는 시비를 하는 것이 작물의 생육을 왕성하게 하여 경합력을 높이는 방법으로 알려져 있다. 더욱이 답전윤환, 이모작, 피복재배는 잡초의 발아나 생육을 억제시키므로 잡초의 경합을 줄일 수 있다고 보고된 바 있다(Ku 등 2001).

최근에는 민간농법으로 친환경 농업에 있어서 잡초제어에 쟁겨, 오리 및 왕우렁이 등을 주로 사용하고 있는데 이들 중 쟁겨농법의 잡초제어 기작은 차광효과로 광발아 잡초의 발아를 억제하고, 환원상태의 유지로 용존산소부족에 의한 잡초종자의 발아를 억제하며, 분해과정 중 유기산이 생성되고 생성된 유기산이 잡초발아 및 생육을 저해하는 물질로 작용하게 되는 것으로 알려져 있다(Kim 등 2001; An 등 2007). 또한 오리를 이용한 잡초제어 방법은 생장중인 잡초를 섭식하며 짓밟고 몸통으로 논바닥을 문질러 매몰시키며 부리나 물갈퀴로 할퀴어 뜨게 하거나 표면수를 탁하게 하여 잡초발생을 억제한다(Kang 등 1995). 이와 더불어 왕우렁이농법은 수면아래에서 발아하는 잡초를 먹어치워 잡초를 방제하는 매우 효과적인 방법이지만, 남부지방에서는 왕우렁이가 월동이 가능해지면서 문제가 되기도 한다(Kim 등 2007). 그러나 이들 농법은 벼농사에 활용 시 사용방법을 제대로 지켜야 잡초방제 효과를 높일 수가 있고, 실제 친환경 농업지구에서는 일손 부족으로 균평작업이나 물관리의 소홀로 기대할 만한 효과를 거두지 못하는 농가들도 있다.

이에 따라 본 연구에서는 호남지역에 위치한 친환경 농업단지에서 적용하고 있는 다양한 친환경 농법에 따른 잡초발생 양상과 이러한 조건 하에서의 벼 수량성을 검토하여 친환경 벼 재배를 위한 효과적인 잡초관리 방법을 제시하고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 조사지역

본 연구는 2006년부터 2007년까지 2년에 걸쳐 전남, 전북 및 충남지역에 위치한 친환경 농업단지 벼 재배 농가를 대상으로 잡초 발생 현황 및 관리실태를 조사하고, 이를 인접 제초제 처리 재배(이하 관행재배) 지역에서의 잡초 발생 결과와 비교하였다. 즉, 오리농법은 전남 광천 홍농지구 등 2개 단지의 152ha, 왕우렁이 농법은 전북 김제 새만금농산지구 등 8개 단지의 644.7ha, 쌀겨농법은 충남 논산 연산지구 등 2개 단지 75ha, 그리고 자라농법은 전북 부안 줄포지구 1.5ha로, 총 13개 지구 871.7ha를 대상으로 조사하였다(표 1). 친환경 농업단지별 조사지점은 각 지구별로 친환경 농법 지속 연수 3년차 이하, 그리고 4년차 이상 각각 5필지씩 대표적인 10필지를 선정하였고 10필지 미만지구

인 나주 신평지구와 부안 줄포지구는 각 필지 전체를 조사 대상으로 하였다. 그리고 자라농법은 3년차 이하이었기 때문에 지속연수 조사에서는 제외하였다. 이들 선정지역에 대하여 잡초조사, 쌀 수량 및 품질 등을 조사하였다. 한편, 잡초관리가 소홀한 지역에 대해서는 균평작업 불균일로 오리, 왕우렁이 또는 쌀겨 등이 접하지 않은 곳이거나, 관수 불량 등 잡초다발 지역으로 오리농법 고산 지구 등 7개 지점, 왕우렁이 12개 지점, 쌀겨농법 7개 지점, 자라농법 5개 지점을 대상으로 잡초발생량을 조사하였다. 또한 이들 지역에서 잡초방입, 담수소홀, 냉수재배, 병해충 방치, 도복 등으로 구분하여 수량을 조사하였다.

#### 잡초발생조사

잡초발생 조사 시기는 6월 하순부터 7월 초순에 1차 조사를 하였고, 잡초관리상태가 부실한 지역에 한하여 7월 하순부터 2차 조사를 실시하였다. 조사는 각각의 친환경 농법별로 동일 포장 내에서 방제가 잘 이루어진 구역과 방제가 불량한 구역을 구분하였다. 그 밖에 논토양 물 관리, 병해충 발생 여부 등을 이앙 직후부터 수확기까지 수시로 달관 조사 하였다. 잡초조사는 조사 대상 구역 당 비교적 잡초발생이 균일한 곳을 골라 1m<sup>2</sup>의 방형구를 이용하여 3반복 표본 추출하였으며,

Table 1. Environment friendly rice farming areas and the soil textures employed for this study.

Weeding method <sup>1)</sup>		Agricultural district	Area(ha)	Soil texture
Duck	Chungnam	Kwangchun Hongdong District	42	silt loam
	Chonbuk	Wanju Kosan District	110	loam
	Chungnam	Seochun Maseo District	5.1	silt loam
	Chonbuk	Wanju Kosan District	110	loam
GAS		Kimje Samankum Nongsan	82	silt loam
		Jangsung Anpyung District	113	loam
	Chonnam	Bosung Sagok District	10.8	loam
		Muan Mongtan District	200	silt loam
		Youngkwang Backsu District	120	silt loam
		Naju Shinkwang District	3.8	sandy loam
RB	Chungnam	Nonsan Yeonsan District	17	loam
	Chonbuk	Buan Julpo District	58	silt loam
ST	Chonbuk	Buan Julpo District	1.5	silt loam

<sup>1)</sup>GAS : Golden-apple-snail, RB : Rice bran, ST : Soft-shelled turtle.

1m<sup>2</sup>의 방형구 안에 발생한 전 종류의 잡초발생 본수 및 생체중을 토대로 우점도 등을 아래와 같이 산출하였다(RDA 2005).

절대발생밀도 = 해당초종의 실제 발생본수 / 합계  
 상대발생밀도 = (해당초종의 발생본수 / 모든 초종의 발생본수) × 100  
 절대발생빈도 = (해당 초종이 발생된 quadrat 수 / sampling quadrat 합계) × 100  
 상대발생빈도 = (해당초종의 발생빈도 / 모든 초종의 절대발생빈도 합계) × 100  
 중요도 = 상대발생밀도 + 상대발생빈도  
 우점도 = 중요도 / 2

**쌀 수량 및 미질조사**

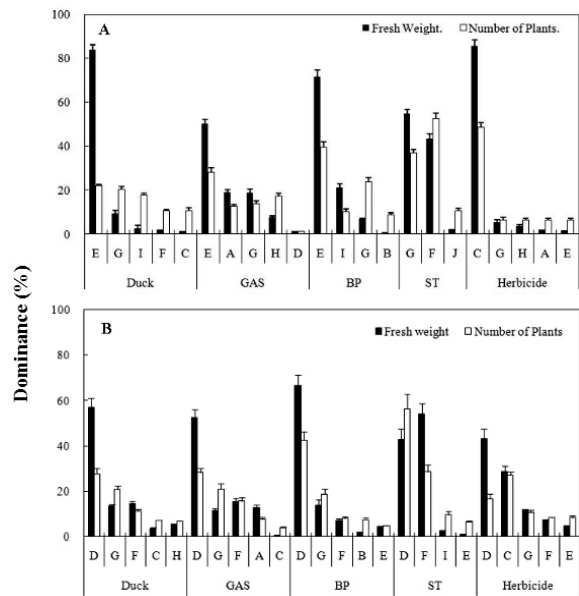
친환경농법별 쌀 수량은 잡초발생 조사 포장에서 생산된 쌀을 수확하여 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준(RDA 2003)에 준하여 조사하였다. 현미의 외관 품위는 미질판정기(RN-500, Kett, Japan)로 분석하였고, 단백질과 아밀로스 등은 성분측정기(AN-700, Kett, Japan)로 분석하였다.

**결과 및 고찰**

**친환경 농법별 잡초발생 양상**

호남 및 충남 일부 지역의 벼 재배에서 적용하고 있는 친환경 농법은 오리농법, 왕우렁이 농법, 쌀겨농법 및 자라농법 등으로 이들 중 왕우렁이 농업이 타 농법에 비하여 가장 넓은 면적에서 적용되고 있다(표 1). 지역별로 친환경 농법의 적용에 있어 특이성은 나타나지 않았다. 그리고 이들 지역의 토성은 주로 양토 및 미사질양토이었으나 나주 신평지구만이 유일하게 사양토이었다.

친환경 농법을 적용한 지역에서의 년차별 잡초 발생은 적용 농법에 따라서 또 년차에 따라서 다르게 나타나는 양상이었다(그림 1). 즉 친환경 농법별 잡초발생 본수에 따른 우점도는 오리농법을 적용한 지구에서 2006년도에 m<sup>2</sup>당 피 22.1%, 여뀌바늘 20.2%, 벼풀 17.9%, 올방개와 사마귀풀이 10.6%의 순으로 나타났으나, 2007년도에는 피 27.8%, 물달개비 20.8%, 여뀌



- A : *Aeschynomene indica*
- B : *Amblygonum orientale*
- C : *Aneilema keisak*
- D : *Bidens frondosa*
- E : *Echinochloa crus-galli*
- F : *Eleocharis kuroguwai*
- G : *Ludwigia prostrata*
- H : *Monochoria vaginalis*
- I : *Sagittaria trifolia*
- J : *Zizania latifolia*

**Fig. 1.** Percent weed occurrence under different environment friendly agricultural cultivations determined in 2006 (A) and 2007 (B).

바늘 11.2%, 사마귀풀 7.1%, 벼풀 6.6%의 순으로 나타났다. 왕우렁이농법에서는 2006년도에 피 27.9%, 물달개비 17.3%, 여뀌바늘 13.6%, 자귀풀 12.6%, 미국가막사리 3.05으로, 2007년에는 피 28.2%, 물달개비 20.9%, 여뀌바늘 15.7%, 자귀풀 7.6%, 사마귀풀 3.6%의 순으로 나타났다. 또한 쌀겨농법은 2006년도에는 피 39.4%, 여뀌바늘 23.9%, 올방개 9.9%, 여뀌 8.5%, 2007년에는 피 42.5%, 물달개비 18.7%, 여뀌바늘 7.9%, 여뀌 7.4%, 올방개 4.6%의 순으로 나타났다. 그리고 자라농법에서는 피, 여뀌바늘, 줄풀, 올방개 순으로 나타났다. 이와 같이 조사년도에 따른 친환경농법별 잡초 우점화 양상이 다르게 나타난 것은 벼 이앙기 등 재배양식이 농가에 따라 해마다 약간씩 다르게 적용되고 있고, 또한 논토양 환경과 잡초관리 상태에서도 차이가 있었기 때문으로 생각된다. 이상의 결과에 따르면 오리농법을 비롯한 이들 친환경 농법에 따른 벼 재배 시 잡초 발생은 피, 여뀌바늘, 물달개비, 사마귀풀, 올방개, 벼풀 등이 주로 우점되어 있었는데, 이

**Table 2.** Occurrence of weed species due to different environment friendly farming methods.

Weeding method <sup>1)</sup>	Emerged weed	Population (ea/m <sup>2</sup> )	Fresh weight (g/m <sup>2</sup> )	Absolute Frequency
Duck	<i>Sagittaria trifolia</i>	0.6	1.28	20
	<i>Monochoria vaginalis</i>	0.32	1.43	20
	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0.26	13.10	20
	<i>Ludwigia prostrata</i>	0.24	1.18	20
	<i>Aneilema keisak</i>	0.13	0.47	20
GAS	<i>Monochoria vaginalis</i>	0.08	3.01	18.1
	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0.04	6.88	18.1
	<i>Bidens frondosa</i>	0.04	2.70	14.2
	<i>Ludwigia prostrata</i>	0.02	3.79	19.5
	<i>Aeschynomene indica</i>	0.02	1.59	11.5
	<i>Aneilema keisak</i>	0.02	0.26	20.5
RB	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0.68	11.7	35
	<i>Monochoria vaginalis</i>	0.66	9.6	20
	<i>Ludwigia prostrata</i>	0.15	1.63	35
	<i>Bidens frondosa</i>	0.05	2.50	20
	<i>Aneilema keisak</i>	0.05	2.30	20
	<i>Eleocharis kuroguwai</i>	0.03	1.48	35
Herbicide	<i>Aneilema keisak</i>	0.04	0.09	100
	<i>Monochoria vaginalis</i>	0.02	0.05	100
	<i>Ludwigia prostrata</i>	0.01	0.04	100
	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0.01	0.03	100
	<i>Eleocharis kuroguwai</i>	0.01	0.02	100

<sup>1)</sup>GAS : Golden-apple-snail, RB : Rice bran.

는 관행 재배와도 크게 다르지 않은 것으로 나타났다. 즉 Lim 등(2005)이 보고한 호남지역 일반농경지에서 우점초종이 물달개비, 올방개, 벼풀, 피, 여뀌바늘, 사마귀풀 등이었다는 결과와도 유사하였다.

친환경 농법별 주요 잡초 발생 경향은 표 2와 같다. 오리농법에서의 주요 발생 초종은 벼풀, 물달개비, 피, 여뀌바늘, 사마귀풀 등으로 각각 m<sup>2</sup> 당 0.6본, 0.32본, 0.26본, 0.24본, 0.13본이었다. 왕우렁이농법에서는 물달개비, 피, 미국가막사리, 여뀌바늘, 자귀풀 사마귀풀 등으로 m<sup>2</sup> 당 각각 0.8본, 0.4본, 0.4본, 0.2본, 0.2본, 0.2본이었으며, 쌀겨농법에서는 피, 물달개비, 여뀌바늘, 미국가막사리, 사마귀풀, 올방개 등으로 m<sup>2</sup> 당 각각 0.68본, 0.66본, 0.15본, 0.5본, 0.5본, 0.3본이었다. 생체중으로는 조사된 모든 농법에서 피가 가장 무거운 6.88~13.10g m<sup>-2</sup>의 범위이었다. 즉, 발생 본수를 기준으로 할 때 이들 농법들은 관행재배에 비해서 잡초 발

생 개체수가 많았으며, 그 양상은 쌀겨농법> 오리농법 > 왕우렁이농법 순으로 감소되는 경향을 보였다.

친환경 농법 적용 농가 중 지속 년수에 따라 구분하여 잡초 발생 차이를 조사한 결과 오리농법을 3년 이내로 적용한 논에서는 피, 벼풀, 여뀌바늘, 올방개 등이 우점하고 있었으나, 4년 이상 적용하는 논에서는 벼풀, 올방개, 사마귀풀 등이 나타나지 않았다. 왕우렁이농법을 3년 이하 재배 논에서는 피, 자귀풀, 여뀌바늘, 가막사리 등이 우점하였으나, 4년 이상 재배 논에서는 자귀풀과 가막사리의 발생이 나타나지 않았다(표 3). 또한 쌀겨농법 3년 이하 적용 시에는 벼풀과 여뀌가 우점하였으나, 4년 이상 적용 논에서는 벼풀과 여뀌가 발생하지 않은 반면에 피와 여뀌바늘의 우점화가 뚜렷하였다. 이상과 같이 친환경 농법의 적용 재배 년차 간 우점종의 변화가 나타난 것은 채택하고 있는 친환경 농법에 따른 물관리 등 잡초관리 상태와 기상, 토

**Table 3.** Percent weed occurrence under the different periods of environment friendly agricultural cultivations.

Weed	Duck		Weed	GAS <sup>1)</sup>		Weed	RB <sup>2)</sup>	
	Below 3-year	Over 4-year		Below 3-year	Over 4-year		Below 3-year	Over 4-year
E <sup>3)</sup>	20.2(82.7) <sup>4)</sup>	19.0( 0.6)	E	22.1(34.4)	36.6(73.5)	J	70.5(98.8)	-
G	17.6( 9.3)	40.5(89.2)	A	21.0(31.8)	-	I	29.5( 1.2)	-
J	19.6( 2.9)	-	G	10.8(26.8)	17.8( 6.9)	E	-	44.7(91.0)
F	11.9( 2.2)	-	C	1.2( 2.2)	0.8( 0.0)	G	-	28.6( 8.5)
B	11.9( 1.5)	-	D	4.7( 1.7)	-	F	-	14.1( 0.2)
H	5.7( 1.1)	40.5(10.2)	I	6.9( 1.1)	0.8( 0.3)	A	-	12.7( 0.2)

<sup>1)</sup>GAS : Golden-apple-snail.<sup>2)</sup>RB : Rice bran.<sup>3)</sup>A : *Aeschynomene indica*F : *Eleocharis kuroguwai*B : *Aneilema keisak*G : *Ludwigia prostrata*C : *Bidens frondosa*H : *Monochoria vaginalis*D : *Bidens tripartita*I : *Persicaria hydropiper*E : *Echinochloa crus-galli*J : *Sagittaria trifoli*<sup>4)</sup>The figures in parenthesis are percent obtained on the basis of fresh weight of weeds.

양조건 등 환경 요인 등의 지속적 변화에 기인한 것으로 생각된다.

친환경 농법을 적용한 동일한 포장내에서 잡초방제가 잘된 지점과 잘 되지 않은 지점에서 잡초 발생을 조

사한 결과 각각의 친환경 농법 적용구 별로 많은 차이를 나타내었다(표 4). 즉 오리농법을 적용한 지역에서의 잡초 발생 양상은 피, 물달개비, 여뀌바늘 등 8종의 초종이 평균 m<sup>2</sup>당 645본, 최고 1,370본, 왕우렁이농법

**Table 4.** Number of weeds left after application of environment friendly agricultural methods in poor weed control paddy.

Weeding method <sup>1)</sup>		Weed emergence (No. of plants/m <sup>2</sup> )									Total
		D <sup>2)</sup>	H	G	B	C	E	I	F	A	
Duck	Poor	450	660	45	15	120	58	10	5	7	1,370
	Sat.	5	15	15	5	6	5	10	5	7	73
	Avg.	163	341	27	11	47	34	10	5	7	645
GAS	Poor	210	220	33	10	56	42	21	-	5	597
	Sat.	15	33	23	5	5	5	21	-	5	112
	Avg.	99	123	29	7	30	24	21	-	5	338
RB	Poor	78	175	45	15	22	25	8	15	-	383
	Sat.	25	120	12	8	12	25	5	4	-	211
	Avg.	43	148	26	12	17	25	7	8	-	286
ST	Avg.	250	5	8	-	12	-	-	8	-	283

<sup>1)</sup>GAS; Golden-apple-snail, RB; Rice bran, ST; Soft-shelled turtle, Poor; Poor weed control, Sat.; Satisfactory weed control, Avg.; Average.<sup>2)</sup>A : *Aeschynomene indica*F : *Eleocharis kuroguwai*B : *Aneilema keisak*G : *Ludwigia prostrata*C : *Bidens frondosa*H : *Monochoria vaginalis*D : *Bidens tripartita*I : *Persicaria hydropiper*E : *Echinochloa crus-galli*J : *Sagittaria trifolia*

**Table 5.** Yield components of rice grown in environment friendly agricultural conditions.

Weeding method <sup>1)</sup>	Number of ear (m <sup>2</sup> )	Number of grain (m <sup>2</sup> )	Percent ripened grain (%)	Thousand grain weight (g)	Yeild (kg/10a) <sup>2)</sup>	Index
Duck	340	32,700	78.7	20.7	482 <sup>ab</sup>	93
GAS	327	31,200	76.4	21.3	470 <sup>ab</sup>	91
RB	298	27,300	82.4	22.8	477 <sup>ab</sup>	92
ST	206	21,900	80.0	19.8	403 <sup>b</sup>	78
Herbicide	337	34,100	80.6	22.5	517 <sup>a</sup>	100

<sup>1)</sup>GAS; Golden-apple-snail, RB; Rice bran, ST; Soft-shelled turtle.

<sup>2)</sup>Duncan's Multiple Range Test at 5%.

적용 지역은 피, 여뀌바늘 등 8종의 초종으로 평균 338본, 최고 597본, 그리고 쌀겨농법 적용 지역 또한 피를 비롯한 8종의 초종으로 평균 286본, 최고 383본이었다. 이와 같은 발생량은 친환경 농법으로 재배한다고 하더라도 실제로는 전혀 오리, 왕우렁이 또는 쌀겨 등이 적용되지 않은 곳이거나, 논토양 불균형, 물관리 불량 등에 따른 잡초관리가 소홀하게 이루어졌기 때문으로 생각된다. Choi 등(1973)에 의하면 토양 중에는 1m<sup>2</sup> 당 500~3,000개 정도의 살아 있는 잡초종자가 있다고 보고한 바 있고, 권 등(1980)도 30,000~40,000개의 잡초가 발생할 가능성이 있음이 시사한 바 있는데, 친환경농업단지의 경우에도 논 잡초관리를 소홀히 할 경우에는 거의 끊임없이 잡초가 발생할 수 있음을 나타낸 결과이다.

**친환경농법별 쌀 수량 및 미질**

친환경 농법 적용에 따른 벼 수량을 잡초조사 지점에서 수확한 벼를 구분하여 조사한 결과 체초체를 이

용한 관행재배의 5.2MT ha<sup>-1</sup> 대비 오리농법에서는 4.8MT ha<sup>-1</sup>으로 93% 수준이었으며, 왕우렁이농법은 470kg/10a으로 91%, 쌀겨농법은 4.7MT ha<sup>-1</sup>으로 92%, 자라농법은 4.0MT ha<sup>-1</sup>으로 73%로서, 전체적으로 화학적 잡초방제법에 비하여 약 7~22% 감소하였다(표 5). 이 중 자라농법에서 수량 감소가 가장 높았던 것은 자라양식을 위하여서는 논을 년중 담수상태로 유지하여야 하기 때문에 벼의 수확기에 벼 도복이 수량 감소의 한 요인으로 작용하였기 때문으로 생각한다.

각 농법별로 수확된 현미의 외관 품위 중 단백질, 아밀로스 및 지방산 함량은 관행재배와 비교하여 큰 차이를 나타내지 않았으나, 완전립율은 오리농법에서 68.3%, 왕우렁이농법에서 74.5%로 관행재배의 79.3%와 비교할 때 약 4.8~11.0% 정도가 낮았다. 또 미성숙립은 관행재배에 비하여 쌀겨농법에서 4.1%로 약간 높았고 오리농법, 왕우렁이농법, 자라농법에서 각각 1.7%, 2.9%, 3.1%로 낮았다(표 6). 사미(死米)의 경우 오리농법과 쌀겨농업에서는 관행재배에 비하여 각각

**Table 6.** Quality of hulled rice obtained from environment friendly agricultural conditions.

Weeding method <sup>1)</sup>	Perfect kernel	Immature kernel	Immature opaque rice kernel	Cracked rice	Damaged kernel	Protein	Amylose	Fatty acid
----- (%) -----								
Duck	68.3	1.7	1.5	17.5	10.5	8.2	19.5	19.5
GAS	74.5	2.9	5.4	4.9	11.7	8.4	19.4	20.1
RB	72.5	4.1	2.8	11.0	9.2	8.1	19.6	20.5
ST	72.1	3.1	3.7	8.2	12.5	8.3	19.7	19.5
Herbicide	79.3	3.8	2.9	5.5	8.5	8.5	19.2	19.8

<sup>1)</sup>GAS; Golden-apple-snail, RB; Rice bran, ST; Soft-shelled turtle.

**Table 7.** Yield components of rice grown under unfavorable conditions of environment friendly agricultural cultivation.

Cultivation condition	No. of ear (m <sup>2</sup> )	No. of grain (m <sup>2</sup> )	Ripened grain (%)	Thousand grain weight (g)	Yield (kg/10a) <sup>1)</sup>	Index
Improper weed control	104	10,400	44.5	17.5	112 <sup>d</sup>	21
Poor irrigated water	257	22,700	55.9	18.1	292 <sup>c</sup>	56
Irrigation with cold water	290	21,100	75.3	18.2	310 <sup>bc</sup>	60
Incidence of disease and insect pests	342	25,500	65.3	18.1	333 <sup>bc</sup>	64
Lodging	306	22,100	60.2	19.9	354 <sup>b</sup>	68
Herbicide use	337	34,100	80.6	22.5	517 <sup>a</sup>	100

<sup>1)</sup>Duncan's Multiple Range Test at 5%.

1.4%, 0.1%로 비슷하였으나, 왕우렁이농법과 자라농법에서는 각각 2.5%, 0.8%가 높게 나타났다. 착색립, 동할미, 피해립 등은 친환경 농법으로 재배한 현미의 품위가 관행재배에 비하여 떨어져서 착색립의 경우 관행재배에서는 나타나지 않았으나 친환경 농법에서 0.4~0.6% 정도 발생되었다. 동할미의 경우 관행재배에 비하여 왕우렁이재배에서는 0.6%가 낮았으나 다른 친환경 농법에서는 2.8%~12.5% 수준으로 증가되어 최대 2.3배의 차이를 보였다. 피해립의 경우 또한 관행재배에 비하여 친환경 농법에서 0.7%~4.0%의 증가되는 경향을 보였다.

친환경 농법 적용 단지 내에는 벼 재배를 위한 모든 환경이 최적으로 유지되지 않는 불량한 재배 환경 즉 제초 불량, 관개 불량, 냉수 관개, 병해충 다발생, 도복 등과 같은 환경이 다양하게 존재하는데, 이러한 불량한 재배 조건 하에서 수확한 벼의 수량 구성요소 및 수

량 수준은 표 7과 같다. 즉 벼 수량은 관행재배의 5.2MT ha<sup>-1</sup>와 비교할 때 제초 불량구에서 21%, 관개 불량 또는 물빠짐이 심한 논에서는 56%, 산골짜기 같은 냉수로 재배하는 지역에서 60%, 그리고 배수가 불량하여 병해충을 방치하거나 도복한 논에서 평균 66% 수준으로 생산되어 관행재배에 비하여 약 32~79% 감소되었다. 또한 수량구성 요소 중 수수, 립수, 등숙율, 천립중, 이삭수만 병해충지역에서 관행처리구보다 많이 측정되었고, 모든 처리구에서 낮았다. 특히 제초 불량으로 인한 잡초 방입지는 관행처리구에 비하여 이삭수와 립수는 약 9~70%, 등숙율은 7~45%가 감소하였다. 천립중의 경우에도 관행처리구에 비하여 13~23%가 낮아 친환경 농법으로 재배되는 지역 중 불량 재배지의 경우 크게 수량이 감소될 수 있음을 보여주고 있다.

친환경 농법을 적용할 경우의 벼 농산물에 대한 경

**Table 8.** Economic analysis on rice production of environment friendly agricultural cultivations.

Cultivation condition <sup>1)</sup>	Yield (kg 10a <sup>-1</sup> )	Gross margin	Operating cost	Economic effect
		(1,000won 10a <sup>-1</sup> )		
Herbicide use	517	1,008	350	658(100)
GAS	470	1,375	406	969(147)
RB	477	1,395	401	994(151)
GAS with improper weed control	112	328	406	-78(-12)
GAS with poor irrigated water	292	854	406	448(68)
GAS with irrigation with cold water	310	906	406	500(76)
GAS with incidence of disease and insect pests	333	974	406	568(86)

<sup>1)</sup>GAS; Golden-apple-snail, RB; Rice bran.



제성 분석을 2008년을 기준(RDA, 2008)으로 실시하였다(표 8). 즉 친환경 농법으로 생산한 벼를 판매할 경우 소득은 관행재배의 658백만  $ha^{-1}$  대비 쌀겨농법은 51%, 왕우렁이농법은 47%가 증대되었으나, 잡초를 방임한 조건에는 -12%로 투자비 회수에도 못 미치는 결과를 보이고 있으며, 관개 불량 조건에서 32%, 냉수 재배에서 24% 그리고 배수 불량 조건에서 14%가 감소되는 손해를 보였다.

이상의 결과에서 본 바와 같이 친환경 벼 재배에 있어서는 적용하는 농법에 따라 잡초 발생 등에서 많은 차이를 나타내고 있을 뿐만 아니라 최종적으로 벼 수량까지 영향을 미치는 결과를 가져 온다. 따라서 친환경 농업의 효율을 높이기 위해서는 효과적인 잡초방제 대책의 수립과 관련된 친환경 농법의 개선이 필요할 것으로 생각된다. 즉 친환경 농법별로 살펴보면 본 조사결과 관리소홀로 인하여 방제가 잘 되지 않은 포장 중 오리농법으로 재배한 동일 논에서도 잡초방제가 상대적으로 잘된지역은  $m^2$ 당 73본으로 가장 적었으나 방제가 잘되지 않은 지역은  $m^2$  당 1,370본으로 약 19배의 잡초발생 차이를 보였다. 이는 오리농법으로 잡초관리를 할 시 이양 전 균형 작업 소홀로 인하여 지대가 높은 지역은 오리의 이동이 제한되어 잡초 발생이 많게 되므로 이양 전 균형 작업 철저히 하여 오리의 행동반경이 자유롭게 유지하여야 효과적인 잡초방제를 기대할 수 있다. 왕우렁이농법 역시 마찬가지로 적지와 부적지 차이가 약 5배의 잡초발생 차이를 보였다. 이는 물 부족 시 적지에는 잡초방제가 잘 되지만 왕우렁이의 이동이 제한되어 잡초섭식후 벼 줄기를 가해하며 부적지에서는 왕우렁이의 이동이 제한되어 잡초가 발생하게 되므로 철저한 물 관리가 필수적이다. 또한 침수가 우려되는 지역에서는 우렁이가 논두렁 밖으로 넘어가는 경향이 있으므로 왕우렁이농법의 적용을 지양해야 한다. 또한 잡초 다발 지역(300본  $m^2$  이상)의 경우에는 투입된 일정량의 왕우렁이 만으로는 만족할 만한 잡초의 섭식이 불가능하였다. 쌀겨농법은 쌀겨로 잡초 억제와 동시에 쌀겨가 토양에 양분공급원으로 사용되기도 하지만, 균형 작업이 소홀할 경우 낮은 곳에서는 벼 뿌리가 고사할 우려가 있고, 높은 곳에서는 잡초 억제 효과를 거의 기대할 수 없기 때문에 철저한 균형 작업이 요구된다. 본 조사 결과 자라농법을 적용한 농가에서는 잡초발생량은 가장 적었으나 벼 수량이 관

행대비 73%정도로 가장 적었다. 자라농법의 경우는 자라 생산의 목적도 있기 때문에 항상 담수상태에서 벼를 재배해야 하므로 도복이나 병해충 발생으로 인하여 수량이 감소된 것으로 생각된다. 따라서 논에서 친환경 농법으로 재배를 할 경우 모든 친환경 잡초방제 방법이 균형작업을 통하여 토양 표면을 일정하게 유지시키는 것이 매우 중요한 것으로 확인 되었다. 잡초 절대 발생수가 많은 포장에서는 두 가지의 혼합방법 즉, 왕우렁이와 쌀겨 혼합농법을 통한 방제가 더 효과적일 것으로 생각된다. 또한 배수관리가 어려운 논이나 냉수재배지에서는 잡초방제가 어려웠으므로 이러한 지역에서 친환경 농법은 배제하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

## 요 약

친환경 벼 재배를 위한 효과적인 잡초관리 방법을 제시하고자 호남 및 충남지역에 위치한 친환경 농업단지에서 있는 농가포장을 대상으로 잡초 발생 양상, 관리 실태 및 쌀 수량 등을 조사하였다. 친환경 농업지역의 잡초방제 관리실태는 왕우렁이농법> 오리농법> 쌀겨농법> 자라농법 순으로 감소하였다. 친환경 농법별 우점 초종은 왕우렁이농법에서 피, 여뀌바늘, 물달개비, 벼풀, 사마귀풀이, 오리농법에서 피, 물달개비, 여뀌바늘, 자귀풀, 미국가막사리가, 쌀겨농법에서 피, 물달개비, 여뀌바늘, 여뀌, 올방개 등이었다. 친환경 농법별 쌀 수량은 제초제 처리 농가( $5.2MT ha^{-1}$ )와 비교하여 오리농법 93%, 왕우렁이농법 91%, 쌀겨농법 92%, 자라농법 78%이었다. 쌀 품위 중 완전립률, 사미, 착색립, 동할미, 피해립 등은 관행재배보다 낮았으며, 단백질, 아밀로스, 지방산은 관행재배와 유사하였다. 친환경 농업지구 관리 문제점은 논토양 정지 불균일, 배수 관리 소홀, 냉수재배지 등 지형적 불리한 조건으로 잡초가 다발하거나 병해충 발생 및 도복 등으로 인하여 수량이 관행재배 대비 약 32~79%가 감소되었다. 따라서 논에서 친환경 농법으로 재배를 할 경우 지형적으로 불리한 지역에서 친환경 농법은 배제되어야 하며 균형작업을 통하여 토양 표면을 일정하게 유지시키는 것이 매우 중요한 것으로 확인 되었다.

## 인용문헌

- An, X. H., S. B. Lee., I. B. Lim., S. Kim., M. Y. Choi and J. D. Kim. 2007. Herbicidal activities of agricultural by-products and native plants on the growth of rice and paddy weeds. Korean J. Weed Sci. 27(3):248-256.
- Choi, H. O., S. B. Ahn and S. N. Kim, 1973. Survey of the distribution and amount of weeds emerged in paddy field in the central part of Korea. J. Agri. Exper. 15(Crop):69-75.
- Han, M. S., K. K. Kang, S. G. Kim, J. H. Kim, M. H. Koh and H. M. Park. 2000. Evaluation of biodiversity in the rice paddy. pp. 128-137.
- Han, M. S., J. D. Shin M. H. Y. E. Na, N. M. Lee, H. M. Park and S. G. Kim. 2002 Change of invertebrate density in the rice paddies fertilizer managements in demonstration villages sustainable agriculture. Korean J. Environ. Agri. 21(2):96-101.
- Kang, Y. S., J. I. Kim and J. H. Park. 1995. Influence of rice-duck farming system on yield and quality of rice. Kor. J. Crop Sci. 40(4):437-443.
- Kim, D. I., S. K. Kim., K. J. choi., B. Y. Kang., J. D. Park., J. J. 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. Kor. J. Appl. Entomol. 46(1):109-115.
- Kim, J. K., S. B. Lee, K. B. Lee, D. B. Lee and J. D. Kim, 2001. Effect of applied amount and time of rice bran on the rice growth condition. Korean J. Environ. Agri. 20(1):15-19.
- Kim, S. C., S. K. Lee and D. S. Kim. 1982. Competition between transplanted lowland rice and weeds as affected by plant spacing and rice cultivar having different eco-geographic race. Korean J. Weed Sci. 2(1):1-6.
- Ku, Y. C., K. Y. Seong, D. Y. Song, S. B. Lee and I. B. Hur. 2000. Herbicidal phytotoxicity of rice cultivars highly adapted in water seeding. Treat. of Crop Res. 1:445-448.
- Ku, Y. C., I. B. Lim, S. D. Kim, S. C. Kim and J. O. Guh. 2001. Current status and research direction of weed science in Korea; weed management strategy for sustainable agriculture. Korean J. Weed Sci. 21(2):191-198.
- Lim, I. B., J. K. Kang and S. Kim. 2005. Weed precision survey in crop fields of Korea. Rural Development Administration. pp. 96-165.
- National Institute of Agricultural Science and Technology. 2000. The safety of pesticides and crop protection. Sangrokso. pp. 1-7.
- Pyon, J. Y., J. O. Ku and Y. C. Ku, 1997. Environment-friendly cultural and mechanical practices for weed management. Korean J. Weed Sci. 17(1):124-134.
- Rural Development Administration. 2003. Standard of research and analysis for agriculture science and technology. 838 p.
- Rural Development Administration. 2005. Weed precision survey in crop fields of Korea. RDA. pp. 96-254.
- 권용웅, 정태진. 1980. 작부체계를 달리해온 인접경지들의 잡초종자 괴립상태 및 잡초발생 잠재력. 서울대학교 농업연구 5(1):169-178.
- 농림수산식품부. 2011. 2011년 농림수산물주요통계. 265 p.
- 농림수산식품부. 2007. 친환경 정책- 친환경농업조정사업.
- 농촌진흥청. 2008. 2007 지역별 농산물 소득자료. pp. 158-263.
- 최두희, 이용환, 김승환, 이상민, 이윤정. 2002. 학술심포지움- 한국유기농업학회 친환경농자재의 관리방안. 농업과학기술원 농업환경부 pp. 89-108.