한국환경농학회지 제22권 제4호 (2003)
Korean Journal of Environmental Agriculture Vol. 22, No. 4, pp. 273-277

벼 생육 및 수질에 대한 대체농자재의 영향

문영훈* · 최정식 · 엄미정 · 한성수[1)]
전북농업기술원, [1)]원광대학교 생명자원과학대학
(2003년 10월 31일 접수, 2003년 12월 11일 수리)

Effects of the Application of Alternative Agricultural Materials on the Growth of Rice and Water Quality in Paddy Field

Young-hun Moon*, Joung-Sik Choi, Mi-Jeong Uhm and Seong-Soo Han[1)] (Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 570-140, Korea, [1)] College of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea)

ABSTRACT : The aim of this study was to apply the new agricultural technique developed for three years('96 ~'98) by demonstration at an model farm of environmental agriculture located in Bangsan-ri, Dagang-myun, Namwon-city. Rice growth of environmental farming plot, which supplied with oil cake and compost fermented with chicken manure was reduced compared to that of conventional farming plot, which supplied with chemical fertilizers. Weed control by using of *Ampullarius insularus* in the rice paddy field was effective compared to that of control, which treated with chemical herbicide twice. The yield of rice was decreased of 3~5% in both environmental and eclectic farming polt compared to that of conventional farming plot. The water quality of environmental not and eclectic farming plot were good compared to conventional farming plot. Density of water flea was high in environmental and eclectic farming plot compared to that of the conventional farming plot.

Key words: Organic agricultural materials, environmental farming, conventional farming, biological control agent.

서 론

지금까지 우리나라의 농업정책은 주곡의 자급달성이라는 명제 아래 다수성 품종육종, 조기 이앙 그리고 비료, 농약, 농기계와 같은 농자재를 집약적으로 투입하여 수량과 소득을 높이는데 주력하였다. 그 결과 과다한 농약과 비료사용은 먹거리에 대한 소비자의 불신과 대기, 토양, 수질의 오염, 생태계의 파괴 등 환경에 부담을 가중시키는 요인으로 작용하게 되어 농업의 많은 공익적 기능에도 불구하고 지구 환경을 파괴하는 한 요인으로 지목되면서 농업생산에 여러 가지 어려운 문제들이 파생되고 있다.

특히 WTO가 지구환경의 지속적인 보전을 위하여 환경에 부담을 주는 농업생산을 규제하기 위하여 Green Round를 준비하고 있으며 한국환경보호협의회의 환경선언문, 헌장, 협약문을 보면 OECD에서도 농업환경 지표개발에 착수한 실정이어서 머지않아 환경농업을 실행하지 않고서는 여러 가지 규제에 직면할 수밖에 없다[1,2].

그러나 우리의 실정은 아직도 농산물의 대량 생산만을 생각한 결과 비료의 과다사용, 무분별한 농약의 남용으로 농업환경 파괴가 심각한 지경에 이르고 있으며 최근 환경농업에 관심 있는 단체나 농가 사이에서는 다양한 유기농법들이 시행되고 있으나 무수한 유기농자재들이 범람 유통되고 있어 또 다른 문제점이 야기되고 있는 실정이다[3].

따라서 이러한 문제점을 해결하고 올바른 친환경농업을 육성하기 위해서 '96~'98년 3년간 수행하였던 결과를 1999년에 직접 농업현장에서 농민들에게 실증하여 보임으로써 개발기술의 파급효과를 증대시키기 위하여 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

시험포장 및 경종개요

본 시험은 벼 재배시 농약과 화학비료 대체자재의 효과를 확인하기 위하여 환경농업 시범마을로 선정된 남원시 대강면 방산리 청정지역내에서 수행하였다. 일미벼를 1999년 5월 29

*연락저자:
Tel: +82-63-839-0387 Fax: +82-63-839-0399
E-mail: younghunmoon@hanmail.net

일에 구당면적 100 m^2에 재식거리 35 cm × 15 cm로 기계이앙하였다.

일반관행으로 시비량과 시비방법은 중산간부 시비기준인 질소 110 kg/ha, 인산 64 kg/ha, 칼리 78 kg/ha 수준으로 화학비료를 5월 25일 정지작업전 시비량의 60%를 전층시비하고 6월 12일에 분얼비(20%)와 7월 10일에 수비(20%)로 분시하였다.

환경농업과 절충농업은 농촌진흥청의 식량작물재배기술에 준한 토양 유기물 함량 3.5% 미만의 유기물 시용량을 합하여 계분발효퇴비 40,000 kg/ha를 경운전 살포하고 분얼비와 수비는 발효깻묵을 300 kg/ha씩 2회 표면살포하였다. 본 시험에 사용된 계분발효퇴비의 화학성은 다음 Table 1과 같다.

병해충 방제

일반관행농업 시험구의 병해충 방제를 위한 잎도열병과 저온성해충은 6월 4일에 베나솔입제와 카보입제를 각각 40 kg/ha, 잎집무늬마름병은 7월 22일과 8월 19일에 펜시쿠론수화제 1,000배액을 살포하였다. 목도열병은 7월 22일과 8월 19일에 트리졸수화제 2,000배액을 살포하였으며, 이화명충, 혹명나방은 8월 19일에 다수진입제 40 kg/ha, 벼멸구는 7월 21일, 8월 19일에 부로피수화제 1,000배액을 살포하였다. 환경농업 시험구의 병해충 방제는 6월 4일과 16일, 7월 14일, 8월 19일에 목초액 100배액을 4회 살포하였으며, 절충형농업 시험구는 문고병 방제를 위하여 7월 22일과 8월 19일에 각각 펜시쿠론수화제 1,000배액을 살포 하였고 기타 병해충 방제는 환경농업 시험구와 동일한 시기에 목초액 100배액을 살포하였다.

병해충방제 효과는 9월 8일에 각각 시험구에서 20주를 대상으로 이삭도열병은 이병수율, 잎집무늬마름병은 이병경률과 수직진전도, 이화명충은 피해경률, 혹명나방은 피해엽률로 농촌진흥청의 시험연구 조사기준에 준하였다. 병해충방제를 위해서 사용된 목초액은 저장기간 6개월이 경과된 참나무 목초액을 한국유기농업협회에서 분양 받았다. 성분은 Table 2와 같이 pH가 3.0으로 강산성이었으며, 무기물은 Fe 21.8 mg/kg, K 21.0 mg/kg, Ca 8.0 mg/kg을 함유하고 있었다.

Table 1. The physico chemical properties of the compost fermented with chicke manure

pH	EC	T-N	OM	P_2O_5	NH_4-N	NO_3-N	K	Ca	Mg
(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(g/kg)	------- mg/kg -------			---- $cmol^+$/kg ----		
9.0	3.26	41	37	2,052	133	14.6	21.8	12.7	8.4

Table 2. The physico chemical properties used in experiment wood vinegar

pH	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Na
(1:5)	---------- mg/kg ----------						
3.0	21.0	8.0	0.0	0.0	21.8	0.0	0.0

생육 및 수량

생육조사는 각 시험구당 20주를 대상으로 6월 30일과 8월 10에 초장, 경수, 건물중을 2회 조사하였고 수량 및 수량구성요소는 수확기에 시험구당 20주를 선정하여 농촌진흥청 시험연구 조사기준[5]에 준하여 조사하였다.

잡초 방제

일반관행농업 시험구의 잡초방제는 6월 1일에 옥사존유제를, 6월 21일에는 피라조설푸론에칠 · 모리네이트입제를 30 kg/ha씩 살포하여 방제하였으며, 환경농업과 절충형농업 시험구는 왕우렁이(*Ampullarius insularus*)를 6월 5일(이앙 7일후)에 50 kg/ha을 시험구 전면에 방사하였다. 잡초 방제 효과는 왕우렁이 입식 35일 후인 7월 1일에 각 시험구당 1 m^2내의 잡초를 채취하여 음건시킨 후 건물중을 조사하였다.

수질 및 수서 생물

수질은 생육초기 6월 30일과 생육후기 9월 10일에 논 물을 채취하여 수질오염공정법[6]의 분석방법에 준하여 COD, NH_4-N, NO_3-N, SO_4^{2-}, Cl^-를 조사하였으며, 물벼룩 밀도는 8월 10일, 9월 10일에 1 L씩 채취하여 시계접시상에 1 mL의 논물을 점적한 후 실체현미경 10배율로 5반복하여 실측하고 1 L당 마리수로 환산하였다.

결과 및 고찰

토양 화학성

시험전 · 후 포장의 토양 화학성을 분석[8]한 결과(Table 3) 시험전 대비 시험후의 토양화학성은 P_2O_5 함량이 시험구간 차이 없이 전 시험구에서 증가하였으며, OM 함량은 일반관행농업시험구에서는 감소한 반면, 환경농업 시험구와 절충농업 시험구에서는 증가하였고, 기타 성분의 함량은 비슷한 경향을 보였다.

이러한 경향은 일반관행농업 시험구는 화학비료를 시용한 반면 환경농업과 절충농업 시험구는 계분발효퇴비를 시용한 결과로 판단된다. Hong[9]과 Oh 등[10]은 수도작에 있어서 유기물 시용은 토양 중의 질소, 인산, 기타 성분의 이용률을 높이는 효과가 있다고 하였으며, 또한 부식의 함량을 높이는 효과

Table 3. The chemical properties of soils depending on the farming types

Division	Farming types	EC	OM	K	Ca	Mg	P_2O_5	SiO_2
		(dS/m)	(g/kg)	-- $cmol^+$/kg --			mg/kg	
Before farming	Environmental	0.03	15	0.14	4.5	0.9	129	98
	Eclectic	0.03	17	0.23	4.3	0.8	134	102
	Conventional	0.02	18	0.21	4.5	0.8	178	116
After farming	Environmental	0.04	16	0.24	3.9	0.7	156	92
	Eclectic	0.04	19	0.28	4.2	0.7	230	98
	Conventional	0.05	15	0.32	4.5	0.9	380	114

가 있다고 하였는데 이러한 결과는 본 시험과 일치하는 경향이었다.

벼 생육

각 시험구의 벼 생육을 6월 30일과 8월 10일 2회 조사 비교하였던 결과, 계분발효퇴비를 시용한 환경농업 시험구와 절충농업 시험구의 생육이 화학비료를 시용한 일반관행 시험구에 비하여 생육이 저조한 경향이었다. 특히 8월 10일의 초장, 경수, 건물중의 차이는 6월 30일에 비하여 더 많은 차이를 나타냈다(Table 4).

이러한 생육이 저조한 경향은 환경농업과 절충농업 시험구에 시용한 계분발효퇴비의 비효가 점진적이고 지속적으로 발현된 결과로 생각된다. 반면 화학비료를 시용한 일반관행농업 시험구는 비효발현이 속효성일 뿐만 아니라 1차(6월 12일), 2차(7월 10일) 추비시용 효과에 따른 결과로 판단된다. 따라서 추후 유기질비료 시용에 따른 후기 생육불량에 대한 추비시용 방법이 검토되어야 할 것으로 생각된다.

수량구성요소 및 수량

환경농업 기술을 보급하기 위해서 수행한 시험결과를 평가하고자 수량구성요소 및 수량을 조사하였다(Table 5). 수량은 일반농가관행 시험구의 5,190 kg/ha에 비하여 환경농업 시험구는 5% 감소한 4,960 kg/ha이었고 절충형농업 시험구는 3% 감소한 5,060 kg/ha이었다. 수량구성요소는 환경농업 시험구, 절충형농업 시험구가 일반관행농업 시험구에 비하여 저조하였으며 그 중에서도 잎집무늬마름병의 피해가 심하였던 환경농업 시험구가 가장 미약하였다.

이는 일반관행농업 시험구는 작물의 생육단계에 따라 시비적기에 속효성인 화학비료를 시용하였고 잎집무늬마름병을 적기에 방제함으로써 생육과 수량이 양호하였다. 반면 지효성 유기질비료인 계분 발효퇴비와 깻묵을 시용하고 농약을 목초액으로 대체한 환경농업과 절충형농업 시험구는 생육이 저조하였고(Table 4), 잎집무늬마름병 피해에 의한 엽초고사(Table 7)로 광합성량이 부족하여 수량구성요소가 저조하여 3~5%의 수량이 감소한 것으로 판단된다. 이러한 경향은 Moon 등[11]의 연구결과에서도 확인할 수 있었다. 따라서 환경농업 기술을 정립하기 위해서는 화학비료를 대체할 수 있는 양질의 유기질 비료 개발과 시용 방법에 대한 연구검토가 이루어져야 한다고 생각한다.

Table 4. The growth of rice depending on the farming types

Farming types	Jun. 30			Aug. 10		
	Plant height (cm)	Tillers (No./hill)	Dry weight (g/hill)	Plant height (cm)	Tillers (No./hill)	Dry weight (g/hill)
Environmental	35	16	4.2	76	14	24.3
Eclectic	37	16	4.6	81	15	25.1
Conventional	39	17	5.1	90	21	28.3

Table 5. The yield and yield components of rice depending on the farming types

Farming types	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles /hill	No. of grains /panicle	Ripened grain ratio (%)	1,000 grains weight (g)	Yield (kg/ha)
Environmental	75	17	16	61	87	22.3	4,960b*
Eclectic	76	17	17	63	89	23.7	5,060b
Conventional	79	18	17	65	91	23.9	5,190a

*DMRT(P>0.05).

잡초방제 효과

일반관행농업 시험구 잡초방제를 위하여 6월 1일에 옥시존유제와 6월 21일에 피라조설푸론에칠·모리네이트입제를 2회 살포하였던 결과(Table 6), 다년생 잡초인 올방개, 올미를 비롯한 1년생 잡초인 여뀌, 물달개비, 방동사니 등의 총 건조중량이 6.5 g/m^{2}이었으나 왕우렁이를 입식한 환경농업 시험구는 1.1 g/m^2, 절충농업 시험구는 0.8 g/m^{2}으로 제초제 2회 살포한 것보다 잡초방제 효과가 높았다. 특히, 올방개, 올미와 같은 다년생 잡초에 대한 방제효과가 우수하였다. 따라서 제초제를 처리한 것보다 왕우렁이를 입식하는 것이 월등한 제초효과를 보였으며, 또한 농약 사용 횟수와 량을 줄일 수 있어 환경오염방지와 농약비를 절감할 수 있고 나아가서 소비자들에게 안전한 농산물을 공급할 수 있으리라 생각된다.

이러한 결과는 Jeong[12]과 Moon 등[11]의 시험에서도 확인할 수 있었으며, 大矢[13]는 왕우렁이 먹이습성을 이용한 잡초의 생물적 방제가 가능하다고 하였다. 그러나 近藤[14]은 일본 내에서 월동 후 왕우렁이 밀도가 높아짐에 따라 담수재배 작물에 피해가 발생하고 있다고 보고한 바 있어 국내에서도 월동 가능성과 작물에 대한 피해가능성에 대한 지속적인 연구검토가 있어야 할 것으로 본다.

Table 6. The amounts of weed occurrence depending on the farming types

Weeds	Farming types		
	Environmental	Eclectic	Conventional
	g, D.W/m^2		
Total	1.1	0.8	6.5
Eleocharis kurouwai	0	0	1.3
Sagitteria pygmaea	0.1	0	2.9
Persicaria hydropiper	0	0	0.7
Monochoria vaginails	0.1	0	0.3
Cyperus amuricus	0	0	1.3
Echirochloa crusgalli	0.6	0.3	0
Lindernia procumbens	0.2	0.3	0
Rotala indica	0.1	0.2	0

병해충 방제효과

대상 병해충에 대한 적용약제를 방제적기에 살포한 일반관행농업 시험구와 목초액을 4회 살포한 환경농업 시험구, 목초액 4회 살포와 잎집무늬마름병 방제적기에 적용약제를 2회 살포한 절충형농업 시험구의 병해충 발생정도를 9월 8일 조사한 결과(Table 7), 이삭도열병, 이화명나방, 흑명나방의 발생은 모든 시험구에서 수량에 별다른 영향을 미치지 않았으나 잎집무늬마름병은 환경농업 시험구가 일반관행농업, 절충형농업 시험구에 비하여 월등히 발생이 높았으며, 환경농업 시험구의 수량 감소에 지대한 영향을 미친 것으로 생각된다.

이러한 결과는 대부분의 병해충이 고온다습 조건에서 다발생하는 경향으로 당년의 기상조건과 밀접한 관계가 있어 연차간 병해충 발생정도의 차이가 컸다. 그러나 잎집무늬마름병은 매년 7월 하순 이후 고온다습한 기상과 벼 생육이 무성하여 포기내 습도가 항상 90%이상으로 유지됨에 따라 매년 다 발생하기 때문에 피해가 많은 것으로 생각된다. 또한 잎집무늬마름병은 약액이 병무늬에 직접 닿아야 방제효과가 나타나는 병으로 방제에 어려움이 따랐다. 본 시험의 결과에서도 잎집무늬마름병의 발생정도는 적용농약을 2회 살포한 일반관행농업과 절충형농업 시험구 대비 환경농업 시험구의 발생이 월등히 높았다. 이는 목초액이 잎집무늬마름병에 대하여 방제효과가 없다는 것을 알 수 있게 하는 결과이며, 이러한 결과는 Moon 등[11]의 포장시험 · 실내검정 결과로도 확인되었다. 따라서 안전한 환경농업 기술을 보급하기 위해서는 병해충 방생을 경감시킬 수 있고 방제할 수 있는 환경농자재와 재배기술의 개발이 시급한 실정이다.

수질 및 수서 생물

각 시험구의 처리가 농업환경에 미치는 영향을 평가하기 위하여 수질과 물벼룩의 밀도를 조사하였다. 수질은 조사시기별로 생육초기(6월 30일)에 비하여 생육후기(9월 10일)의 COD, NH_4-N, Cl의 농도가 높았던 반면 NO_3-N, SO_4^{2-}의 농도는 낮은 경향이었다(Table 8). 이는 생육초기(6월 30일)의 기상과 수온이 생육후기(9월 10일)보다 높아 수중과 토양중의 미생물 활동이 활발하고 식물체의 대사작용이 왕성하였던 결과로 판단된다. 시험구간 농도의 차이는 COD, NO_3-N, SO_4^{2-}, Cl가 일반관행농업 시험구 > 절충형농업 시험구 > 환경농업 시험구 순으로 NH_4-N는 환경농업 시험구 > 절충형농업 시험구 > 일반관행농업 시험구 순으로 높았다.

한편, 물벼룩의 밀도는 6월 30일에 환경농업 시험구 800 마리/L, 절충형농업 시험구 400 마리/L, 일반관행농업 시험구 400 마리/L이었으며, 9월 10일에는 환경농업 시험구 1,000 마리/L로 20% 증가하였고 절충형농업 시험구는 400 마리/L로 증감이 없는 동일한 밀도였으며 일반관행농업 시험구는 200 마리/L로 50% 감소하였다. 시험구간 밀도 차이는 환경농업 시험구 > 절충형농업 시험구 > 일반관행농업 시험구 순으로 환경농업 시험구의 밀도가 가장 높았다(Table 9).

이와 같이 일반관행농업 시험구에서 물벼룩의 밀도가 낮은 것은 병해충 방제를 위한 농약을 6월 4일, 16일, 7월 14일, 8월 19일에 4회 살포하였던 결과로 판단된다. 따라서 수질분석과 물벼룩 밀도조사 결과는 화학비료와 농약을 대체하여 유기질비료를 시용하고 목초액을 살포하였던 환경농업 시험구에서 수질과 수서 생물의 보호 효과가 인정된다고 할 수 있으며, 잎집무늬마름병 방제약제를 2회 실시한 절충형농업 시험구에서는 수량과 농업환경의 보호효과를 동시에 얻을 수 있을 것으로 판단되었다. 따라서 농약사용은 농업생태계를 교란시키는 요인이라 할 수 있으며, Yoo 등[15]도 이와 같은 농약사용의 문제점을 제기한 바 있다.

Table 7. The occurrence ratio of disease and pest of rice depending on the three different farming types (unit : %)

Farming types	Diseased panicle of ear blast	Sheath blight		Rice stem borer damaged stem	Grass leaf roller damaged leaf
		Disease stem	Vertical progress		
Environmental	0.75	55.2	62.4	0.08	0.19
Eclectic	0.26	9.2	14.8	0.06	0.13
Conventional	0.02	10.5	11.2	0.01	0.02

Table 8. The water quality depending on the farming types

Date	Farming type	COD	NH_4-N	NO_3-N	SO_4^{2-}	Cl
		mg/L				
Jun. 30	Environmental	0.11	0.19	0.16	17.6	0.21
	Eclectic	0.23	0.12	0.32	26.8	0.38
	Conventional	0.27	0.10	0.42	29.6	1.25
Sep. 10	Environmental	0.17	0.28	0.12	12.4	0.35
	Eclectic	0.26	0.23	0.22	15.7	1.29
	Conventional	0.29	0.20	0.30	22.1	1.42

요 약

본 시험은 환경농업기술을 직접 농가에 파급시킬 목적으로 3년간('96~'98)수행하였던 연구결과를 토대로 1999년에 환경농업 시범마을인 남원시 대강면 방산리의 일반농가포장에서 수행한 결과이다. 계분 발효퇴비와 깻묵을 시용한 환경농업과 절충형농업 시험구의 벼 생육은 화학비료를 시용한 일반관행농업 시험구에 비하여 저조하였으며, 왕우렁이(*Ampullarius insularus*)를 이용한 잡초방제 효과는 제초제 2회(초 · 중기) 살포 효과보다 우수하였다. 목초액의 병해충 방제효과는

Table 9. The number of water flea depending on the farming types

Farming types	Number of water flea(no./L)	
	Jun. 30	Sep. 10
Environmental	800	1,000
Eclectic	400	400
Conventional	400	200

저조하였고, 또한 환경농업과 절충형농업 시험구의 정조수량은 일반관행농업 시험구에 비하여 3~5% 감소 되였다. 수질은 환경농업과 절충형농업 시험구가 일반관행농업 시험구에 비하여 COD, NO_3-N, SO_4^{2-}, Cl^-등이 낮았으며, 물벼룩의 밀도는 높았다.

참 고 문 헌

1. Korea Conference for Environmental Protection (1996) Complete book of environment I, p.184-326.
2. Korea Conference for Environmental Protection (1996) Complete book of environment II, p.9-44.
3. Kim, H. G. (1994) Situation of korean organic farming and research of its development. *Research Report of Agricultural Science Institute*, p.85-92.
4. Rural Development Administration (1999) Cultivation technique of food crop, p.53-63.
5. Rural Development Administration (1995) Standard of investigation for agricultural research.
6. Ministry of Environment (1991) Standard methods for the examination of water quality.
7. Rural Development Administration (1997) Physiological theory and experiment in cultivation of crop, p.570-635.
8. Rural Development Administration (1988) Method of soil chemical analysis.
9. Hong, J. W. (1993) Symposium on soil management for environment-conservational agriculture, *J. Korean Soc. Soil. Sci. Fert.* p.31-67.
10. Oh, W. G. (1978) Effect of organic materials on physicochemical properties in paddy soil, *Research Report of Rural Development Administration*, 9, 175-208.
11. Moon, Y. H., Choi, J. S., Han, S. G. and Uhm, M. J. (1998) Establishment of organic agriculture and effect of organic materials in rice, *Research report of Jellabuk-do Agricultural Reserch and Extension Service*, p.557-581.
12. Jeong, S. J. (1999) Feeding characteristics and control of paddy weed by *Ampullarius Insularus*, *Korean J. Org. Agr.* 7, 169-176.
13. 大矢愼吾 (1987) 北部九州におけるスクミリンゴガイの越冬, 日本應用動物昆蟲學會誌, 33, 211-216.
14. 近藤 章 (1989) ヘイケタル幼蟲によるスクミリンゴガイの捕食について, 日本應用動物 昆 蟲學會誌, 33, 211-216.
15. Yoo, J. K., Choi, B. R. and Joe, J. R. (1993) Effect of insecticide on natural enemy of rice pest, *Research Report of Agricultural Chemicals Research Institute*, p.190-196.