

과제구분	기본	수행시기		전반기	
중장기 Code		RIMS Code			
연구과제 및 세부과제		연구분야 (Code)	수행 기간	연구실	책임자
친환경 고품질 쌀 생산 기술 개발		환경생태 (ES02)	'06-'08	환경농업연구과	최승출
친환경 쌀 생산단지 환경요인 분석		토양환경 (ES0101)	'06-'08	환경농업연구과	최승출
색인용어	친환경 고품질쌀, 토양중금속, 쌀 안전성, 품질				

ABSTRACT

This study was conducted not only to examine the cultivating condition such as soil heavy metals contents and irrigating water but also to estimate the safety and quality of the rice which produced at five agricultural friendly high quality rice producing complex in Gangwon-do. The heavy metals contents in all of the plot at five agricultural friendly high quality rice producing complex was examined, Cd content was 0.02~0.05 mg/kg and Pb was 4.23~5.83 mg/kg. there was not any plot which is over the soil standard contamination criteria. In case of irrigating water, all of the elements were lower than the standard water quality criteria. it was too clean to use for the agricultural purpose.

The Cd and Pb contents of the rice produced at five agricultural friendly high quality rice producing complex were 0.01~0.03 mg/kg and 0.01~0.06 mg/kg, respectively. therefore it was agree with good hygiene law. The protein content was 4.5~5.0% and amylose content was about 19%. The perfect rice rate was 80~97% and TOYO testy was good as 80~90.

Key Words : soil heavy metals contents, irrigating water, rice quality,

1. 연구목표

쌀농사는 우리 민족문화의 전통을 계승 발전 시켜 온 정신적 지주로서 우리의 삶이고 문화이며 역사이다. 또한 쌀농사는 국민들에게는 식량을 공급하면서 동시에 수자원 보존, 홍수조절, 공기정화, 정서함양 등 다원적 기능을 가지고 있어 그 가치가 더욱 부각되고 있다.

우리나라는 '70년대 이루어 낸 녹색혁명을 통해 식량 자급자족 기반을 구축하였으나 오늘날에는 소비자들로부터 “안전한 고품질 쌀 공급”에 대한 요구와 함께 외국쌀과의 “품질경쟁력”을 동시에 요청받고 있는 어려운 상황이다. 우루과이 라운드(UR) 협정에 의해 정부 보조금을 감축할 수 밖에 없어 2005년도 쌀 수매 정책이 폐지되고 한편 우리나라의 1인당 쌀 소비량은 1997년 102.4kg에서 2007년 76.9kg으로 매년 감소하고 있으나 WTO 쌀 협상에

따라 시장개방 폭이 계속하여 확대되어 연간 쌀 수입량은 2014년까지 408,700톤으로 증가할 예정이며 특히 밥쌀용 쌀이 2005년 수입물량의 10%(23천톤)에서 2014년에는 30%인 123천톤으로 늘어 국내 쌀과의 경쟁이 불가피한 실정이다.(농산물품질관리원, 2007).

그런데 국내산 쌀의 가격이 비싸서 가격 경쟁력이 매우 낮은 실정이며 농업여건 상 생산성 향상을 통한 생산비 절감에는 한계가 있다. 따라서 품질 경쟁력의 확보가 중요하다.

소비자들이 선호하는 친환경 고품질 쌀 생산을 위해서는 재배토양, 재배조건, 품종 및 수확 후 관리기술 등 여러 요소들이 검토되어야 한다. 본 연구는 우리도 친환경 고품질 쌀 생산단지의 토양, 농업용수 등의 환경요인과 재배기술 등을 종합적으로 검토하고 생산된 쌀의 안전성 및 품질특성을 비교분석하여 각 지역에 알맞은 고품질 친환경 쌀 생산을 위한 모델을 제시하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 친환경 고품질쌀 생산단지 환경분석을 위한 시료 채취 시기 및 방법

안전한 고품질 쌀에 대한 소비자의 요구와 함께 수입 개방화에 따라 외국쌀에 품질경쟁력을 확보하기 위하여 우리도에서도 친환경 고품질 생산단지를 조성하여 육묘에서 재배과정 수확 및 수확 후 관리까지 체계적으로 지원 및 기술지도를 하고 있는데 이번 연구에서 조사된 친환경 고품질쌀 생산단지현황은 표 1과 같다.

홍천, 철원, 고성단지는 2005년부터 수입쌀에 대응하는 고품질쌀 생산을 목적으로 정책적으로 추진한 최고쌀(top rice) 단지로 홍천은 2005년, 철원은 2006년, 고성은 2007년에 조성되었고, 횡성단지는 2008년 우리도 자체 사업으로 수행되었으며, 질소질비료 감비와 종합적관리로 완전미율 95%이상, 단백질 6.5%이하의 밥맛이 좋은 고품질 최고쌀(top rice) 생산이 목표이고, 양구 방산 친환경쌀 단지는 오리농업, 우렁이농법, 종이멸칭 등의 기술을 투입으로 제초제를 사용 안 하고 소비자들의 요구에 부응하는 안전농산물 생산이 목표이다.

본 연구에서는 우리도 친환경 고품질쌀 단지의 환경요인을 조사하고자 모든 단지의 농경지 전 필지의 토양을 영농시작전에 채취하여 토양의 중금속 함량을 조사하였고, 각 단지에서 이용하는 농업용수를 이앙기(5월)와 출수기(8월)에 채취하여 농업용수의 수질을 분석하였다.

표 1. 친환경 최고쌀 단지 현황

장소	참여농가 (면적)	품종	재배법	생산목표
철원군 동송읍 장흥리(06-08)	33농가 (60.9ha)	오대	○ 질소질비료 7kg/10a 사용	완전미율 95% 단백질 6.5이하
홍천군 외산포리, 내삼포리(06-08)	90농가 (87.2ha)	수라 대안(08)	○ 질소질비료 7kg/10a 사용	완전미율 95% 단백질 6.5이하
횡성군 공근면 수백, 덕촌리(08)	71농가 (56.6ha)	대안	○ 질소질비료 7kg/10a 기준	완전미율 95% 단백질 6.5이하
고성군 토성면 야촌리(07-08)	53농가 (57ha)	오대	○ 질소질비료 7kg/10a 사용	완전미율 95% 단백질 6.5이하
양구군 방산면 오미리(06-08)	66농가 (70ha)	오대	○ 토양경정에 의한 필지별 시비추천 ○ 오리농법(15ha), 우렁이(55ha) ○ 제초제 미사용	안전농산물생산

나. 토양중금속 및 농업용수 조사

친환경 최고쌀 단지 농경지의 중금속 함량 분석은 농촌진흥청 토양화학분석법(1988, 2000)에 따라 분석하였다. 토양시료를 풍건하여 0.1N HCl로 침출하여 유도플라즈마분광광도기(GBC SDS-270)로 각각 분석하였다. 농업용수 수질은 수질오염공정분석법(1991)에 준하여 분석하였다.

다. 친환경 고품질쌀 안정성 및 품질 조사

친환경 고품질쌀 생산단지에서 생산된 생산물의 안전성 및 품질을 조사하기 위하여 수확기에 각 생산단지에서 생산된 벼를 수거하여 도정 후 쌀에 함유된 중금속 함량은 유도플라즈마분광광도기(GBC SDS-270)로 분석하였고, 쌀 백미품위 및 품질분석은 RN-500(스웨덴) 식미치는 TOYO(미도 메타, 일본)을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 친환경 고품질쌀 단지 농경지 중금속 함량 분포

농경지의 중금속 함량은 농경지 모재 토양의 중금속 자연함유량과 영농활동에 의해 외부에서 투입된 농자재로부터 유래해서 토양에 고정된 경우를 들 수 있다. 이들은 작물에 흡수 이행되어 생산물의 안전성에 영향을 준다. 따라서 도내 5개소의 친환경 고품질쌀 생산단지 농경지 전 필지에 대한 토양 중금속 함량을 조사하여 안전농산물 생산환경을 조사한 결과는 표 2와 같았다. 카드뮴은 단지별로 평균 0.02~0.05 mg/kg, 니켈은 0.10~0.51 mg/kg 아연은 0.51~2.74 mg/kg의 분포로 토양환경보전법의 토양오염 우려기준에 비하여 매우 낮은 수준이었다. 또한 친환경농업육성법에 의하여 전국적으로 조사된 우리나라 논토양 2010지점 평균 중금속 함량인 카드뮴 0.08 mg/kg, 니켈 0.59 mg/kg, 아연 4.33 mg/kg 보다도 우리도 친환경 고품질쌀 생산단지의 중금속 함량 분포가 낮았다.(2003. 농업변동조사사업 보고서)

표 2. 친환경 고품질쌀 단지 농경지 중금속 함량 분포 (단위 : mg/kg)

지역	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	As
철원 (154)	0.03 (0.00-0.06)	0.59 (0.27-0.95)	3.33 (1.09-5.04)	0.10 (0.04-0.29)	5.82 (0.71-8.06)	0.51 (0.17-12.56)	0.12 (0.00-0.33)
홍천 (150)	0.03 (0.00-0.09)	0.18 (0.06-0.39)	1.78 (0.37-5.17)	0.29 (0.10-0.97)	4.23 (1.69-9.99)	1.72 (0.61-11.15)	0.08 (0.01-0.31)
횡성 (189)	0.04 (0.00-0.08)	0.29 (0.14-0.70)	1.65 (0.11-4.78)	0.24 (0.05-0.71)	5.10 (0.79-12.09)	2.38 (0.54-6.49)	0.25 (0.05-0.49)
고성 (58)	0.05 (0.00-0.10)	0.35 (0.11-0.63)	2.71 (0.94-4.36)	0.28 (0.09-0.56)	5.80 (2.97-7.58)	2.01 (0.58-14.53)	0.31 (0.04-0.66)
양구 (70)	0.02 (0.00-0.10)	0.41 (0.12-0.96)	5.09 (0.92-17.71)	0.51 (0.26-0.80)	3.65 (1.37-6.40)	2.74 (0.60-14.23)	0.05 (0.01-0.19)
우려기준	1.5	-	50	40	100	300	6
대책기준	4.0	-	125	100	300	700	15

* 토양환경보전법의 토양오염기준

나. 친환경 고품질쌀 생산단지 사용 농업용수 수질 현황

식생활 수준향상으로 안전하고 맛있는 쌀을 선호하여 쌀 품질에 관심이 높아지는 반면 최근 급속한 산업화와 시설 축산의 발전 등으로 오염물질의 배출량이 증가하여 하천수의 수질이 악화되고 있고 오염된 농업용수를 이용하는 농경지 면적이 증가함에 따라 농작물의 오염여부가 사회문제로 대두되고 있다. 더욱이 관계수를 많이 필요로 하는 수도작에 있어 오염된 관계수를 벼 재배에 이용할 경우 토양오염 및 벼 생육에 피해가 우려되며 실제로 오염된 관계를 이용할 경우 쌀 생산성이 낮아지며, 품질이 저하될 뿐만 아니라 안전성의 문제까지 제기한 보고도 있다(1994, 1980).

우리도 친환경 고품질쌀 생산단지에서 사용하는 관계용수의 수질을 조사하기 위하여 이양기와 등숙기에 각 생산단지에 유입수와 단지에서 배출되는 유출수를 조사한 결과(표 3) pH는 6.5-7.5, SO_4^{2-} 는 평균 1.45-2.63, 염소이온은 평균 3.78-6.57mg/l로 환경정책기본법의 농업용수 수질기준에 비해 매우 낮은 수준이었고, 중금속류는 전혀 검출되지 않았다. 특히 수질 평가의 중요한 기준인 COD_{Mn} 은 0.9-2.3수준으로 수질기준상 1-2급수로 매우 청정하였다.

표 3. 친환경 고품질쌀 생산단지 농업용수 수질 (단위 : mg/l)

구 분	pH	EC (dS/m)	COD_{Mn}	SO_4^{2-}	Cl^-	Cd	Pb	As
철원	6.9 (6.5-7.1)	0.059 (0.035-0.072)	1.3 (1.2-1.3)	2.30 (1.49-4.50)	5.75 (2.91-12.70)	0.000	0.000	0.000
홍천	7.1 (6.8-7.5)	0.110 (0.076-0.158)	1.7 (1.1-2.3)	2.63 (1.77-3.63)	6.07 (5.20-7.56)	0.000	0.000	0.000
횡성	7.1 (6.9-7.5)	0.083 (0.062-0.105)	1.3 (1.0-1.4)	2.21 (1.10-3.70)	6.14 (4.02-8.40)	0.000	0.000	0.000
고성	6.8 (6.6-7.0)	0.061 (0.044-0.081)	1.4 (0.9-1.9)	1.45 (1.07-2.00)	6.57 (4.92-7.99)	0.000	0.000	0.000
양구	6.9 (6.7-7.0)	0.062 (0.048-0.087)	1.2 (1.0-1.4)	1.64 (0.98-2.43)	3.78 (2.24-6.01)	0.000	0.000	0.000
수질기준 ¹⁾	6.0-8.5	<2	<8	<50	<250	<0.01	<0.1	<0.05

※수질기준 : 환경정책기본법 농업용수 수질기준

다 친환경 고품질쌀 안전성

우리도 친환경 고품질쌀 생산단지에서 생산된 쌀의 안전성을 조사하고자 수확기에 각 생산단지 10~20농가에서 수확한 벼를 수거하여 백미로 도정한 후 쌀에 함유된 중금속을 분석한 결과는 표 4와 같다. Codex를 비롯한 세계 각국은 농산물의 안전성을 확보하기 위하여 농산물의 중금속 허용 수준을 설정하고 있고 우리나라도 식품위생법으로 농산물의 중금속 최대 함량 수준을 규정하고 있고, 백미의 경우는 카드뮴과 납의 함량을 0.2mg/kg 이하

로 규정하여 소비자들의 건강을 보호하고 있다. 조사되어진 모든 생단단지에서 추출한 시료를 분석한 결과 카드뮴은 평균 0.01~0.03, 납은 평균 0.01~0.06mg/kg이었고 식품위생법의 허용기준인 카드뮴, 납 2.0mg/kg을 초과하는 시료는 없었다.

표 4. 친환경 고품질쌀의 안전성(중금속 함량) (단위 : mg/kg)

지역	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
철원 (10)	0.01 (0.00-0.07)	0.23 (0.00-0.38)	1.21 (0.98-1.61)	0.24 (0.07-0.41)	0.01 (0.00-0.06)	10.63 (9.16-13.57)
홍천 (20)	0.02 (0.00-0.08)	0.05 (0.00-0.70)	1.45 (1.11-2.60)	0.37 (0.00-0.87)	0.05 (0.00-0.19)	9.79 (8.08-14.90)
횡성 (20)	0.03 (0.00-0.08)	0.14 (0.00-0.89)	1.09 (0.55-1.74)	0.29 (0.00-0.51)	0.04 (0.00-0.17)	9.88 (8.52-11.87)
고성 (20)	0.01 (0.00-0.09)	0.13 (0.00-1.59)	1.56 (0.58-6.12)	0.20 (0.00-0.71)	0.03 (0.00-0.19)	10.66 (9.48-12.13)
양구 (20)	0.02 (0.00-0.11)	0.31 (0.00-3.81)	1.05 (0.80-1.33)	0.33 (0.00-0.81)	0.06 (0.00-0.20)	9.58 (8.64-10.90)
허용기준 [↓]	0.2	-	-	-	0.2	-

↓: 농산물안전성기준(식품위생법 '06. 12. 21) - 쌀

라. 친환경 고품질쌀 품위 및 품질

벼는 일반적으로 시험포장 및 지대에 따라 생육량과 수확량의 변이가 크고(정 등, 1999) 쌀의 완전미율과 단백질 함량 또한 품종과 산지별로 변이가 큰 것으로 보고되고 있다(이 등, 2004; 최 등, 1990).

표 5는 우리도 친환경 고품질쌀 단지에서 생산된 쌀의 품질을 정리한 것으로 쌀의 외관적 품위를 평가하는 완전미율은 평균 80.0~96.3으로 차이가 있었는데 이는 재배 품종에 따라 재배시기와 재배기간이 다르기 때문으로 생각되며, 밥맛에 많은 영향을 주는 단백질 함량은 모든 단지에서 5.0%이하로 우수했으며 이는 질소질비료 감비 효과로 사료된다. 또한 TOYO 식미치는 80~90으로 매우 우수하였다. 따라서 우리도 친환경 최고쌀 단지의 재배환경 즉 재배토양 및 농업용수 수질의 안전성을 확인할 수 있었으며 생산물의 안정성 및 품질이 우수한 것을 확인할 수 있었다.

표 5. 친환경 고품질쌀의 품질

구분	완전미율 (%)	미질(%)		TOYO식미치
		단백질	아밀로스	
철원	80.2	4.6	19.0	80
홍천	96.3	4.9	19.3	90
횡성	96.5	5.0	19.3	88
고성	83.9	4.9	19.1	85
양구	81.5	4.5	19.4	80

4. 적 요

본 연구는 우리도 친환경 고품질쌀 생산단지들의 재배토양 중금속, 농업용수 등 환경요인을 조사하고 또한 생산된 쌀의 안전성 및 품질을 종합적으로 검토하여 우리도 친환경 고품질쌀 생산에 기초자료로 활용하고자 수행 하였으며 그 결과는 다음과 같다

1. 우리도 최고쌀(Top rice)단지와 친환경 쌀 재배단지 5개소 농경지 전 필지의 중금속 함량조사한 결과 카드뮴은 평균 0.02~0.05, 납은 4.23~5.82mg/kg 수준이었고, 토양환경 기본법의 토양오염우려기준을 초과하는 필지는 없었다.
2. 친환경 최고쌀 단지 사용 농업용수 수질은 1~2급수로 청정하였고, 농업용수 수질기준상의 중금속은 검출되지 않았다.
3. 우리도 최고쌀(Top rice)단지와 친환경 쌀 재배단지에서 생산된 쌀의 중금속 함량은 평균 카드뮴 0.01~0.03, 납 0.01~0.06mg/kg이었고 식품위생법의 허용기준을 초과하는 시료는 없었다.
4. 생산된 쌀의 단백질 함량은 4.5~5.0%, 아미로스 함량은 19% 수준이었고, 완전미율은 중만생종이 높은 경향으로 80~97%, TOYO 식미치는 80~90으로 우수하였다.

5. 인용문헌

농산물품질관리원. 2007. 농업통계정보 <http://www.nage.go.kr>
 농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법
 환경부 1991. 수질오염공정시험법
 작물과학원. 2005. 고품질쌀 생산을 위한 재배 및 수확후 관리기술 확립
 농촌진흥청. 2003. 농업환경변동조사보고서
 김중구 등. 1994. 생활하수 관계수가 버 생육 토양화학 및 수질변화에 미치는 경향. 농업과학논문집 36(1) : 253-258
 권순국 등. 1992. 농어촌용수 환경관리에 관한 연구. 농어촌진흥공사보고서 pp. 65
 최해춘 등. 1990. 쌀의 단백질 함량과 아미노산 조성의 품종간 차이와 환경 변이. 한국작물학회지 35(5) : 179-386
 이재홍 등. 2004. 재배지역에 따른 주요 품종의 미질특성 연구. 시험연구보고서. 경기도농업기술원 pp. 63-70
 농촌진흥청. 2005. 수입쌀시장판매에 따른 우리쌀 품질고급화 전략

6. 연구결과 활용 : 친환경 고품질 쌀 생산 단지 기술지원 및 농정시책 홍보자료 제공

7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도
					06-08
책 임 자	강원도농업기술원	농업연구사	최승출	세부과제 총괄	○
공동연구자	강원도농업기술원	농업연구사	안문섭	토양분석	○

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
증장기 Code	F	RIMS Code			
연구과제 및 세부과제		연구분야 (Code)	수행 기간	연구실	책임자
고랭지 경사전 토양유실 저감기술 개발		농업환경 ES0101	'04~'08	환경농업연구과	강안석
1) 녹비작물 휴간 초생재배를 통한 토사유실 저감기술 개발		농업환경 ES0101	'06~'09	환경농업연구과 토양관리연구실	김세원
2) 경사전 작물재배지 물 유출지역 Filter strip 설치효과 구명		"	'07~'08	"	안문섭
3) 고랭지 채소대체 밭작물 입식에 의한 토사유실 저감효과 구명		"	'07~'10	"	김세원
색인용어	고랭지, 경사전, 토사유실, 초생재배, Filter strip, 대체작물				

ABSTRACT

This studies were executed for farmers to conduct soil conservation practically at highland slope. Filter strip methods protecting from the soil loss were examined and obtained results are as follows;

- By covering soil surface with rye was shown more effective for preventing soil loss.
- Filter strip with rye at a width of 1m can be reduced soil loss by 72%.
- At 2 months after sowing with rye, it began wilting due to high temperature during summer.

1. 연구목표

자연식생 상태에서 자연의 힘에 의한 토양의 침식을 지질침식이라고 하는데 지질 침식량은 토양이 생성되는 속도와 비슷하여 자연의 균형을 유지하고 있다. 그러나 주로 인간의 활동 즉 농경활동, 개간, 및 벌목 등으로 인하여 토양의 생성과 침식 사이에 자연적 균형이 깨져 토양의 침식이 급격히 증가하게 되어 토양의 황폐화와 사막화를 가속시키고 있다(정 등, 2002). 토양보전연구는 모형을 이용하여 토양유실을 예측 평가하는 연구와 토양유실 저감기술의 개발로 나누어 볼 수 있다. 모형예측연구는 RUSLE에서 보강된 식생피복인자와 관리인자에 대해 우리나라 조건에 맞는 인자값을 구명하여야 하며 나아가 유거수, 침투수의 산정모형을 개발하고 동반 이동하는 유거, 침투양분의 수지를 분석하여 경사지 밭에서의 양분이동 모형을 개발하는 방향으로 발전하고, 토양유실 저감기술 개발은 농가단위에서 지형 조건과 지역특색에 맞게 적용가능 하도록 필지단위의 실행모델개발 과 필지단위의 보전농법을 확장하여 유역단위로 유실토, 유실양분등 비점오염원을 관리할 수 있는 최적영농관리방안(BMP)을 개발하는 방향으로 발전시켜야 한다(하, 2007). 우리나라 밭 토양의 대부분은 경사지에 분포되어 있으며 여름철 집중되는 강우로 인하여 이 기간동안 심한 침식을 받게 되므로 토양유실과 양분용탈에 의한 작물생산성 및 토양보전에 심각한 문제를 야기하므로