

대호간척지의 환경농업 추진현황과 발전방향

채제천

단국대학교 생명자원과학부

Present Status and Future Prospect of Environment Agriculture in Daeho Reclaimed Saline Area

Je-Cheon Chae

Professor, School of Bio-Resources Science, Dankook University, Cheonan
330-714, Korea

(Phone)+82-41-550-3621 (E-mail)chaejc@anseo.dankook.ac.kr

Abstract : Environment agriculture carried out from 1999 in Daeho reclaimed saline area, located in central east coast of Choongnam Korea, resulted in dramatic reduction of amount of nitrogen fertilizer and application times and amount of pesticides. The ecological status of Daeho reclaimed saline area was considered to still very sound from the results of ecological survey on flora and fauna. However, it was desirable to adapt precision agriculture for production of high eating quality of rice and preservation of Daeho ecosystem. Especially, precise application of nitrogen and phosphorus fertilizer was recommendable for prevention of water pollution in environment rice cultivation by duck or mud snail or crab. The bioefficacy of *Scirpus maritimus* and *Echinochloa crus-galli* in paddy field of environment rice cultivation by duck or mud snail or crab in Daeho reclaimed saline area was revealed very low. Therefore, it was concluded that the pre-measures of reduction of natural weed population were necessary for successful environment agriculture. The most desirable and ideal environmentally sound agriculture in Daeho reclaimed saline area was performance of crop rotation, introduction of legume crops and green manure crops, and also, simultaneous management of crop production and animal husbandry for smooth flow of energy cycle within the closed Daeho ecosystem.

서 언

우리나라에서 1만ha 이상의 대규모 간척지구는 완공된 것이 서산지구, 대호지구 외에 삼교천지구, 평택지구, 미호천지구, 금강지구, 영산강지구 등이 있으며 시공중

인 지구는 새만금지구를 비롯하여 금강Ⅱ지구, 영산강Ⅱ지구, 영산강Ⅲ지구 등이 있다. 간척사업의 결과 농지가 확대되어 식량 공급을 늘리고 용수원을 확보하였으며, 급증하는 산업용 토지 수요를 어느 정도 충족시킬 수 있었다. 또 간척토목공사는 우리나라 경제발전의 견인차 역할을 하기도 하였다. 그러나 최근 수질오염과 환경파괴에 대한 우려가 높아지면서 간척사업의 긍정적 측면이 퇴색되고 있다. 일각에서는 간척사업의 불필요론이 제기되기도 한다. 여기에다 최근의 지속적인 쌀 풍년과 소비 감소 및 재고의 증가는 간척에 의한 농지확대의 당위성에 의문을 제기하는 빌미가 되고 있다.

근년의 쌀 풍년은 기상의 호조에 힘입은 바 크나 전반적인 농업기술 발전의 결과이다. 그러나 지나치게 다수확 위주로 품종을 개량하고 재배기술을 과다 투입한 결과는, 쌀의 품질을 현저히 떨어뜨렸고 환경에 대한 부하를 가중시켰으며 생산비 상승을 초래하여 국제경쟁력을 약화시켰다. 2004년 쌀시장 개방 재협상을 앞두고 우리 쌀산업의 경쟁력 강화가 초미의 관심사인 바, 여러 문제를 해결하는 방안으로 다수확 위주의 쌀생산에서 고품질·환경친화적인 생산으로 나아가지 않으면 안된다는 인식이 급속히 확산되고 있다.

이러한 시점에서 우리 농업의 경쟁력 강화를 위한 생산성의 제고와, 환경과 조화를 이루며 생태계를 보전·발전시킬 수 있는 토지 이용 방안 모색을 목적으로 1999년부터 환경농업시범지구를 운영하고 있는 대호간척지의 현황과 성과를 점검하고 개선점을 논의함은 우리나라 대규모 쌀생산의 방향을 정립하는데 의미가 크다고 사료된다.

대호환경농업시범지구의 개요

1. 사업 경과

대호대단위농업종합개발사업은 1979년 착공되어 공유수면 7,595ha를 매립하였다. 1985년 9월 방조제 준공과 함께 간척농지 3,904ha를 조성하였다. 1995년부터 농업기반공사는 567ha를 5개 농민단체에 임대하여 벼 기계화영농시범단지를 운영하였다. 1998년부터 2000년 3월까지 UNDP 친환경농업 기술협력사업이 진행되었다. 그 결과를 토대로 1999년부터 현재까지 대호친환경농업시범지구를 운영하고 있으며 아울러 친환경 간척지 이용모델을 연구 개발하고 있다. 친환경농업구역을 직영하거나 농민단체에 임대하여 환경농업시범지구를 운영하고 있다.

2. 사업 목적

환경과 농업이 조화를 이루는 친환경농업시범지구를 운영함으로써 간척지의 친환경적 활용방안을 제시하고, 친환경농업기술의 개발·보급 시범을 보이며, 도시민

에게는 환경·자연·농업체협의 기회를 제공하는 것이 목적이다.

3. 친환경농업사업 주요 내용

친환경농업 시범포(오리농법, 참게농법, 미꾸라지농법, 돈분액비사용 등)와 친환경농업시범마을(50ha) 등 2001년에 800ha의 친환경농업사업을 운영중이며 지구 전체에 대하여 IPNM사업을 실시하고 있다. 장기적으로 대호간척농지 5-3공구 전체인 1,200ha를 친환경농업지구로 육성할 계획이다. 이미 “대호환경쌀”과 “대호오리쌀”을 브랜드화 시켰다. 2001년 5월 10일에는 농산물품질관리원으로부터 저농약 품질인증을 받았다.

이 밖에 겨울철 푸른들 가꾸기 사업을 실시중이고 도시민·청소년 대상 농업, 농촌 체험학습을 실시하고 있으며 친환경 간척지 이용을 위한 기술협력 및 개발사업을 추진중이다.

4. 대호간척지의 자연환경

해발표고는 -1.75부터 1.0m이다. 지질은 대부분 규암, 편암 및 편마암의 호층대이며 일부지역은 혼성편마암과 변성석회암으로 구성되어 있다. 토양은 광활토, 백수토, 염포토, 만경토 등 4개통이며 토성은 교로리 일부의 사질토를 제외하면 대부분 양질사토, 사질양토 및 미사질양토이다.

대호환경농업시범사업의 현황과 성과

대호환경농업사업중 친환경농업시범포와 친환경농업시범마을 운영을 중심으로 현황과 성과를 알아보면 다음과 같다.

1. 환경농업시범사업

가. 사업 내용 및 처리

대호환경농업사업지구에서 1999년부터 2001년까지 3개년간 실시중인 환경농업시범사업의 내용은 표 1과 같다.

오리농법과 미네랄사용은 3년간 시행되고 있으며, 우렁이, 참게, 미꾸라지농법과 IPNM사용 효과는 2년간 검토되었다. 2001년에는 처음으로 키토산, 목초액의 사용 효과가 검토되고 있다. 오리농법은 33.3/10a마리의 오리를 방사하고, 우렁이농법은 6kg/10a를, 참게농법구는 20kg/10a의 어린 참게를, 미꾸라지농법은 200kg/10a의 치어를 방사하는 것이다. 미네랄사용은 P, K, Ca, Mg, Na, Al, Zn, Mn, Fe, Cu, Ni, Co, Mo, Se, Si, Ge, Li, V, W, Ba, Ti, Rd 등 22종류의 미네랄을 함유한 액상제제를 첨가해 주는 것이다.

재배한 벼 품종은 1999년은 동진벼, 2000년은 동안벼, 2001년에는 일미벼와 대산벼가 주이었다. 5월말에서 6월초순에 이양하며 m²당 23~26주, 포기당 4~5묘를 재식한다.

표 1. 대호환경농업시범사업의 처리구 내용

1999년 처리구	2000년 처리구	2001년 처리구
오리농법	오리농법	오리농법
미네랄시용	미네랄시용	미네랄시용
우렁이농법	-	우렁이농법
-	참개농법	참개농법
-	미꾸라지농법	미꾸라지농법
-	IPNM1	IPNM1
-	IPNM2	IPNM2
-	돈분액비시용	-
-	-	키토산시용
-	-	목초액시용
관행재배법	관행재배	관행재배

나. 시범사업의 결과 및 성과

(1) 벼 생육 및 수량

대호환경농업시범지구에서 환경농법 처리에 따른 벼 수량은 표 2와 같다. 특별한 경우를 제외하면 1999년, 2000년 모두 관행농법의 수량이 가장 많았다. 오리, 우렁이, 참개, 미꾸라지농법은 전반적으로 수량이 낮았고 미네랄시용, 돈분액비시용, IPNM시용도 벼 수량이 낮았다.

표 2. 환경농법에 따른 벼의 출수기와 수량

처리구	1999년			2000년			2001년	
	출수기	정조수량 (kg/10a)	수량 지수	출수기	정조수량 (kg/10a)	수량 지수	출수기	수량 (kg/10a)
오리 농법	8월28일	647	88	8월26일	432	114	8월26일	조사중
우렁이 농법	8월26일	544	74	-	-	-	8월27일	"
참개농법	-	-	-	9월 6일	167	44	8월31일	"
미꾸라지농	-	-	-	9월 3일	332	88	8월27일	"
IPNM1	-	-	-	8월15일	-	-	8월27일	"
IPNM2	-	-	-	8월27일	336	89	8월27일	"
미네랄시용	8월26일	550	75	8월25일	313	83	8월27일	"
돈분액비	-	-	-	8월27일	203	54	-	-
관행재배법	8월26일	738	100	8월25일	378	100	8월27일	"

2000년에 대호환경농업지구의 벼 수량이 전반적으로 낮았던 것은 6월부터 8월중

순까지의 강우량이 평년 대비 338mm나 부족하였고 따라서 심한 염해가 발생하였으며, 일조시수는 전년 대비 9.6%가 부족하여 벼가 정상적으로 생육하지 못하였다. 또 9월중순에는 낮 13시~16시 사이에 강우 없이 습도가 32~51%로 낮은 심한 건조풍의 피해로 벼알이 발육 정지되어 수확량이 크게 감소하였다. 한편 강풍의 영향으로 바닷물의 염분이 날아와 벼의 퇴색 및 고사 피해를 주는 조해의 영향도 있었다.

2000년 벼 생육기간 중 논물 염농도는 표 3과 같다. 4월의 염농도는 0.08%로 다소 높기는 해도 벼 생육에 지장을 초래할 정도는 아니었으나 5월에는 0.15%를 나타내었다. 분얼기인 6월초~7월중순에는 0.25%, 유수형성기~출수기인 7월하~8월중순에는 무려 0.30%로 높아졌고 8월하순에도 0.25%를 나타내었다. 강우량이 많았던 8월하순 이후 9월초~10월중순 사이에도 논물의 염농도는 0.15%로 벼 생육에 지장이 있을 정도로 높은 농도이었다.

표 3. 2000년 벼 생육기간 중 논물 염농도 (당진군농업기술센터)

측정시기	벼 생육시기	논물 염농도(%)	유수지 염농도(%)
4월	묘대기	0.08	-
5월초~하순	이앙~활착기	0.15	0.37
6월초~7월중순	분얼기	0.25	-
7월하~8월중순	유수형성~수잉기	0.30	0.35
8월하순	출수기	0.25	-
9월초~10월중순	성숙기	0.15	-

* 논물 염농도는 친환경시범마을 392번지 논 필지내 배출구쪽 염도임

* 유수지 염농도는 농어촌연구원 자료임

(2) 잡초발생

대호환경농업구역에서 오리, 우렁이, 참게 및 미꾸라지농법 등 환경농법에 따른 잡초발생은 표 4, 표 5 및 표 6과 같다.

1999년 제초제를 처리한 관행농법구에서는 잡초발생이 거의 없었으나 오리농법 및 우렁이농법에서는 매자기의 발생이 많았고 피도 발생하였으며 논바닥에는 쇠털풀이 밀생하였다(표 4). 따라서 부분적으로 인력에 의한 손제초를 하지 않으면 안 되었다.

2000년의 잡초 조사에서도(표 5) 매자기의 발생이 극심하였으며 참게과 미꾸라지 투입은 제초에 별 효과가 없었고 오리투입도 제초효과가 그다지 크지 않았다. 2001년의 조사에서도(표 6) 참게와 미꾸라지 투입은 제초에 별 효과가 없었고 오리구에서는 다소의 제초효과가 인정되었다.

표 4. 1999년 환경농법시범구의 논 잡초발생 (최고분얼기, 1999. 7. 20)

처 리 구	매자기(개체수/m ²)	피(개체수/m ²)	쇠털골
오리농법	28	2	다수 발생
우렁이농법	95	4	다수 발생
미네랄시용	4	0	
관행농법(제초제 시용)	0	0	

표 5. 2000년 환경농업시범구의 논 잡초 발생

처리	매자기		피	
	분얼초기	분얼성기	분얼초기	분얼성기
오리농법	+	+	+	+
참개농법	-	+++	-	+
미꾸라지농법	-	+++	-	++
IPNM1	+	+++	+	+
IPNM2	+	+	+	+
미네랄시용	++	+++	+	+
돈분액비시용	++	+	+	+
관행재배	+	+++	+	+

- 없음 + 조금 발생 ++ 많이 발생 +++ 매우 많이 발생

표 6. 2001년 환경농업시범구의 논 잡초 발생

처리내용	매자기		피		이끼류	
	분얼성기	최고분얼기	분얼성기	최고분얼기	분얼성기	최고분얼기
오리농법	+	+	-	++	-	-
우렁이농법	+++++	+++++	++	+++	-	+++
참개농법	+++	+++	++	+++	-	++
미꾸라지농법	++	+++	++	+++	-	++
IPNM(1)	++	+	-	+	-	-
IPNM(2)	++	+	-	+	-	+++
미네랄시용	+	+	-	+	-	++++
키토산시용	+	+	-	+	-	+++
목초액시용	+	+	-	+	-	+++
관행재배	-	+	-	++	-	-

- 없음, + 극히조금발생, ++ 조금발생, +++ 상당량발생, ++++ 많이발생, +++++ 극히많이발생

오리 방사에 의한 논잡초방제율은 65~98%로 보고되고 있고 왕우렁이를 5~10kg/10a방사할 때의 잡초방제 효과는 이앙 직후 방사시는 96%, 이앙후 7일째 방사시는 98%, 이앙후 15일째 방사시는 70% 정도의 방제율을 나타낸다고 하는데 (박 등, 1998; 김 등, 1994, 문 등, 1998) 대호환경농업지구에서는 제초효과가 크게

나타나지 않았다.

(3) 시비량 및 시비시기

환경농업시범지구의 시비시기 및 시비량은 표 7과 같다. 관행재배구의 N-P-K 시비량은 1999년에 30-3~7-7~11kg/10a으로 상당히 많았으나 2000년에는 14.4-8.1-4.5kg/10a로 특히 질소 시비량이 크게 감소하였다.

오리농법의 N-P-K 시비량은 1999년은 22.3-5.8-13.3kg/10a이었으나 2000년에는 12.3-5.1-10.5kg/10a으로, 2001년에는 10.0-4.0-2.0kg/10a으로 역시 질소시비가 크게 감소되었다. 우렁이농법에서는 전혀 시비를 하지 않았는데 따라서 벼의 생육도 부진하였다. 참깨농법구와 미꾸라지농법에서는 기비만을 N-P-K=4.0-4.0-2.0kg/10a 사용하였고 추비는 주지 않았다.

표 7. 대호환경농업시범지구의 시비시기 및 시비량 (성분량, kg/10a)

처 리	N				P (기비)	K		
	기비	분얼비	수비	계		기비	수비	계
(1999년)								
오리농법	7.1	9.0	7.5	22.3	5.8	5.8	7.5	13.3
우렁이농법	-	-	-	-	-	-	-	-
미네랄시용	8.3	11.3	-	19.6	3.6	-	-	-
관행재배	9~13	16~19	3~4	30.0	3~7	7.5	3~4	7~11
(2000년)								
오리농법	6.3	4.0	2.0	12.3	5.1	5.1	5.4	10.5
참깨농법	4.2	-	-	4.2	3.4	3.4	-	3.4
미꾸라지농법	4.2	-	-	4.2	3.4	3.4	-	3.4
IPNM1	4.5	2.4	3.6	10.5	8.1	0.9	3.6	4.5
IPNM2	3.0	3.2	3.8	10.0	5.4	0.6	3.8	4.4
미네랄시용	4.5	2.4	2.4	9.3	8.1	0.9	-	0.9
돈분액비	1.1	4.8	4.3	10.2	0.2	0.7	4.3	5.0
관행재배	6.8	4.0	3.6	14.4	8.1	0.9	3.6	4.5
(2001년)								
오리농법	4.0	4.0	2.0	10.0	4.0	2.0	-	2.0
우렁이농법	4.0	-	-	4.0	4.0	2.0	-	2.0
참깨농법	4.0	-	-	4.0	4.0	2.0	-	2.0
미꾸라지농법	4.0	-	-	4.0	4.0	2.0	-	2.0
IPNM1	4.0	3.6	9.4	17.0	5.5	1.0	5.8	6.8
IPNM2	4.0	3.6	9.4	17.0	5.5	1.0	5.8	6.8
미네랄시용	5.0	5.0	2.0	17.0	5.0	3.0	1.0	4.0
관행재배	7.0	3.6	9.4	20.0	8.0	1.0	4.0	5.0

2000년에 IPNM1구는 N-P-K를 복합비료-유안-NK비료로 10.5-8.1-4.5kg/10a 시

용하고, IPNM2구는 복합비료-유안-NK비료로 10-5.4-4.4kg/10a 사용하며, 미네랄구는 복합비료-요소-NK비료로 9.3-8.1-0.9kg/10a 사용하는 것이었다. 돈분액비구는 N-P-K를 10.2-0.2-5kg/10a 사용하되 기비는 전량 돈분액비로 사용하고 분얼비는 요소로, 수비는 요소와 NK비료로 사용하였다. 기비로 준 돈분액비는 유효성분이 전질소 0.6%, P₂O₅ 0.1%, K₂O 0.39%이었는데 180 ℓ/10a를 사용하였다. 따라서 돈분액비로 준 기비량은 성분량으로 질소는 1.1kg/10a에 해당하였고 인산은 0.2kg/10a, 칼리는 0.7kg/10a에 해당하였다.

(4) 병충해방제

환경농업시범지구의 1999년 병충해 방제는 관행재배에서는 살충,살균제를 6회나 살포하였다. 그러나 오리농법에서는 충억제용으로 키토산 500배액 1회만을 엽면살포하고 어떠한 살충,살균제도 사용하지 않았다. 나머지 환경농업구역에서는 굴파리용 스미치온과, 물바구미용 에카록스입제 살충제를 2회 살포하였다. 한편 오리 및 우렁이농법에는 제초제를 사용하지 않았으나 나머지 처리구에서는 제초제를 이앙초기 및 중기에 2회 살포하였다.

2000년에는 오리, 참깨 및 미꾸라지농법에서는 별도의 병충해 방제를 하지 않았으며 기타 처리구는 제초제를 1회, 살충·살균제를 평균 2회 살포하였다. 2001년에는 오리, 우렁이, 참깨 및 미꾸라지농법에서는 별도의 방제를 하지 않았고 1~2회의 손제초만 하였다. 기타 처리구는 제초제를 1회, 살충·살균제를 평균 3~5회 살포하였다.

2. 환경농업구역 운영

대호간척지에서는 1999년부터 50ha의 친환경농업시범마을을 조성하고 IPNM 등 친환경농업을 3년째 실시중이다. 친환경 작부체계 이행을 위한 이모작을 위하여 벼는 조생종을 많이 심도록 권장하였다. 1999년 재배 품종은 조생종으로 철원벼(35%), 신양벼(20%)를, 만생종으로 금남벼(33%), 동안벼(12%)를 심었다. 2000년 재배 품종은 조생종으로 대진벼(36.3%), 신양벼(3.9%)를, 만생종으로 동안벼(24.2%)와 대산벼(24.2%)를 재식하였다.

한편 195ha의 자체운영친환경농업구역에 재배한 벼 품종은 1999년은 조생종으로 철원벼(38.2%), 상주벼(4.4%)를, 중만생종으로 금남벼(32.4%), 동안벼(10.1%), 주안벼(9.5%), 기타(5.4%)를 심었다. 2000년에는 조생종으로 그루벼(31.7%)를, 중생종으로 주안벼(9.3%), 동안벼(30.6%), 대산벼(17.4%), 계화벼(2.6%), 기타(8.4%) 등을 심었다.

친환경농업시범마을의 제초제 사용은 표 8과 같이 연3회 살포하였다. 이앙전에

비선택성 제초제를 살포한 후 이양후 초기 및 중기제초제를 살포하였다. 병충해 방제는 표 9과 같이 연2회 실시하였다. 1차방제는 벼물바구미와 벼잎굴파리방제를 목표로, 제2차방제는 벼잎굴파리, 잎도열병, 목도열병, 이화명충1화기 방제를 목표로 살포하되 정밀예찰을 통한 필지별 방제로 농약사용량을 줄였다.

표 8. 대호 친환경농업시범마을의 제초제 사용

회수	종류	시기	제초제명
1차	비선택성	이양전 24~20일	크라신
2차	토양,경엽처리	이양후 3~10일	마세트입제, 크닐손
3차	경엽처리	이양후 46~60일	밧사그란, 슈퍼유나니, 만냥

표 9. 대호 친환경농업시범마을의 병충해 방제

회수	종류	시기	제초제명
1차	살균+살충제	이양후 13~20일	이끼탄, 다코닐, 리바이짓드
2차	살균+살충제	이양후 50~65일	후치왕유제, 런너, 비피, 안빌, 멸사리왕

친환경농업시범마을 토양의 화학적 특성 변화는 표 10과 같다. 1999년에 비해 2000년에는 유기물 및 유효인산 함량이 증가하는 등 토양이 다소 비옥해져 가고 있다.

표 10. 친환경농업시범마을 토양의 화학적 특성

연도	pH	유기물 (%)	유효인산 (mg/kg)	K Ca Mg (cm/kg)			염기치 환용량 (mg/kg)	유효규산 (mg/kg)	염농도
				K	Ca	Mg			
1999	7.0	0.4	14	0.71	2.1	0.8	8	160	0.41
2000	6.8	1.1	18	1.20	2.8	3.3	8.6	160	0.40
적정치	6.0~6.5	2.5~3.0	80~120	0.25~0.30	5.0~6.0	1.5~2.0	15	130~180	<4

3. 환경농업사업이 생태계에 미치는 영향

가. 관개수질 환경

(1) 전질소 제거율

환경농법 실시가 논 관개수중의 전질소 제거에 미친 영향은 표 11, 표 12 및 표 13과 같다. 오리농법은 1999년 과다한 질소시비량의 영향으로 최고분얼기에도 질소 제거기 이루어지지 못하였으며(표 10) 염해로 생육이 극도로 부진했던 2000년 분얼성기 조사에서도 유입수보다 유출수의 전질소 농도가 231배나 높아 오히려 수질을 크게 악화시켰다(표 11).

한편 오리구의 전질소 제거율을 2001년에 논 위치별로 조사한 결과 오리사 부근

의 전질소 제거율은 0%이었으나 논 중간부에서는 65%, 배수구에서는 40%로 오리가 밀집되어 있는 곳일수록 전질소 제거율이 낮았다.

1999년 오리농법에서 최고분얼기에 전질소 제거가 관찰되지 않았던 것은 질소 감비 수준이 25%에 불과하여, 통상 오리 투입시의 질소 감비율인 50~70% 보다 적어서 상대적 질소 과다에 의한 영향으로 해석되었다.

우렁이, 참깨, 미꾸라지농법은 기상이 정상인 해에는 상당한 전질소 제거가 관찰되어 논에서의 질소 정화기능이 상당함이 인정되었다.

표 11. 1999년도 환경농법에 의한 논 관개수중 전질소 제거율(%)

처 리 구	최고분얼기(99.7.20)	수잉기(99.8.10)	성숙중기(99.9.8)
오리농법	0	74	51
우렁이농법	87	98	45
미네랄 시용구	70	92	40
관행농법	64	94	35

표 12. 2000년도 환경농법에 의한 논 관개수중 전질소 제거율(%)

○ 분얼성기 (6월24일)

'처리내용	유입수농도 (ug-N/L)	유출수농도 (ug-N/L)	제거율(%)
오리농법	3.4	785.0	-22919
참깨농법	13.2	13.9	-5
미꾸라지농법	26.5	14.5	45
IPNM1	1.5	449.5	-29668
IPNM2	49.9	4.4	91
미네랄시용	21.4	440.2	-1958
돈분액비시용	55.2	748.0	-1256
관행재배	12.7	17.1	-34

○ 최고분얼기 (7월27일)

처리내용	유입수농도 (ug-N/L)	유출수농도 (ug-N/L)	제거율(%)
오리농법	72.9	5.6	92
참깨농법	2.1	2.4	-14
미꾸라지농법	88.3	1.5	98
IPNM1	4.3	5.8	-34
IPNM2	293.2	70.7	76
미네랄시용	94.7	510	-438
돈분액비시용	26.8	43.4	-62
관행재배	11.2	0.5	95

표 13. 2001년 환경농법에 의한 논 관개수중 질소 제거율(%) (분얼성기)

처리내용	유입농도(mg/L)	유출농도(mg/L)	제거율(%)
오리농법(오리사)	11.50	11.50	0.0
오리농법(중간부)	11.50	4.01	65.1
오리농법(배수)	11.50	6.96	39.5
우렁이농법	11.50	5.45	52.6
참깨농법	11.50	4.43	61.5
미꾸라지농법	11.50	5.08	55.8
IPNM(1)	11.50	4.13	64.1
IPNM(2)	11.50	5.09	55.7
미네랄사용	11.50	3.88	66.3
키토산사용	11.50	4.29	62.7
목초액사용	11.50	4.68	59.3
관행재배	11.50	6.02	47.7

관행재배구의 경우 1999년에는 질소시비량이 과다하여 질소 제거율은 최고분얼기에 64%에 불과하였고 수잉기에 이르러서야 94%의 제거율을 나타내었다. 2000년에는 염해로 인한 벼 생육부진으로 분얼성기에는 질소 제거 효과가 없었으나 최고분얼기에는 95%에 달했으며 2001년 분얼성기에도 47.7%의 제거율을 나타내었다.

논에서의 질소정화는 벼에 의한 흡수 이용, 토양의 탈질, 조류에 의한 질소 고정 등이 있는데 일반 논외의 경우 질소 정화율은 벼 생육 초기에는 25~40%, 출수기에는 90% 이상에도 달하는 것으로 보고되어 있다(유, 1998). 기상이 정상이었던 1999년과 2001년의 대호환경농업시범지구의 질소정화율은 이러한 기존의 보고보다 높아서 환경친화적인 영농이 이루어지고 있다고 판단되었다.

(2) 인 제거율

환경농법이 논 관개수중의 인산성 인 농도에 미친 영향은 표 14, 표 15 및 표 16과 같다. 1999년 오리농법에서는 최고분얼기에 99.4%, 수잉기 84.5%, 성숙기 90% 이상 등 전 생육기간 동안 인 제거율이 매우 높았다(표 14). 그러나 염해로 인한 벼 생육 저해가 있었던 2000년에는 오리구, 돈분액비구, IPNM2사용, 관행재배구에서 인 제거효과가 전혀 없었고(표 15) 2001년 조사에서도 인 제거율이 낮았다(표 16). 특히 2001년에는 모든 환경농법구에서 인 제거효과가 나타나지 않았다(표 16).

3년간의 성적을 종합해 볼 때 대호간척지에서 환경농업에 따른 인 제거율은 전반적으로 그다지 높지 않은 것으로 판단되었다. 이는 대호지구의 수질 부영양화와 관련하여 각별한 주의가 필요한 점이라 생각되었다.

표 14. 1999년 환경농법에 의한 논 관개수중 인 제거율(%)

○ 최고분얼기 조사 (99. 7. 20)

처 리 구	유입수농도($\mu\text{g-P/L}$)	유출수농도($\mu\text{g-P/L}$)	제거율 (%)
오리농법	302.2	1.7	99.4
우렁이농법	0	1.0	0
미네랄시용	0	0	0
관행재배	3.4	2.0	41.2

○ 수잉기 조사 (99. 8. 10)

처 리 구	유입수농도($\mu\text{g-P/L}$)	유출수농도($\mu\text{g-P/L}$)	제거율 (%)
오리농법	58.8	9.1	84.5
우렁이농법	15.3	33.8	0
미네랄시용	9.3	9.3	0
관행재배	12.0	7.1	40.8

○ 성숙 중기 조사 (99. 9. 8)

처 리 구	유입수농도($\mu\text{g-P/L}$)	유출수농도($\mu\text{g-P/L}$)	제거율 (%)
오리농법	40.6	3.3	91.9
우렁이농법	4.1	10.1	0
미네랄시용	3.4	6.6	0
관행재배	5.1	8.1	0

표 15. 2000년 환경농법에 의한 논 관개수중 인 제거율(%)

○ 분얼성기 (6월24일)

처리내용	유입수농도($\mu\text{g-P/L}$)	유출수농도($\mu\text{g-P/L}$)	제거율 (%)
오리농법	0.9	2.2	-143.0
참깨농법	0.8	0.4	44.8
미꾸라지농법	0.1	0.0	100.0
IPNM1	0.1	0.1	0.0
IPNM2	0.3	0.8	-143.0
미네랄시용	0.2	0.0	100.0
돈분액비시용	0.3	1.5	-365.0
관행재배	6.9	17.6	-156.0

○ 최고분얼기 (7월27일)

처리내용	유입수농도($\mu\text{g-P/L}$)	유출수농도($\mu\text{g-P/L}$)	제거율 (%)
오리농법	0.0	11.8	-100.0
참깨농법	1.5	2.0	-30.0
미꾸라지농법	0.0	1.1	-100.0
IPNM1	1.0	1.3	-22.0
IPNM2	2.1	5.4	-158.0
미네랄시용	1.0	1.6	-56.0
돈분액비시용	1.7	3.0	-75.0
관행재배	1.4	5.2	-281.0

표 16. 2001년 환경농법에 의한 논 관개수중 인 제거율(%)

처리내용	유입농도(mg/L)	유출농도(mg/L)	제거율(%)
오리농법(오리사)	0.008	2.123	-26437.5
오리농법(중간부)	0.008	0.099	-1137.5
오리농법(배수)	0.008	0.014	-75.0
우렁이농법	0.008	0.016	-100.0
참깨농법	0.008	0.011	-37.5
미꾸라지농법	0.008	0.032	-300.0
IPNM(1)	0.008	0.013	-62.5
IPNM(2)	0.008	0.013	-62.5
미네랄시용	0.008	0.032	-300.0
키토산시용	0.008	0.039	-387.5
목초액시용	0.008	1.969	-24512.5
관행재배	0.008	2.365	-29462.5

나. 식물상

대호간척지구는 자연적인 탈염으로 염생식물 군락은 일반 중성식물군락으로 대체되어 가고 있으며 유수지 식생은 정수식물인 갈대 군락과 침수식물인 이삭물수세미 군락으로 대별되어가고 있다. 1999년의 조사 결과와 비교하면 특히 2000년에 갈대 군락의 면적이 대단히 증가하였으며 침수식물의 분포 지역이 농지의 제방으로부터 멀리 이동하였다. 그리고 염생식물 군락은 갈대 군락으로 변화였다.

대호환경농업지구 유수지 내 수변부 식물종은 1999년 UNDP조사에서 16종이 확인되었고, 2000년 조사에서도 동일한 16종이 확인되었다. 또한 지구내 돌산과 그 주변 식물종은 1999년 UNDP조사에서 32과, 113종, 17변종으로 총 130종류가 기록되었고 2000년 조사에서는 38과, 115종, 14변종, 1품종으로 총 133종류가 확인되었다. 이러한 결과는 조사지역의 차이 및 동정상의 혼동을 고려하면 거의 동일한 것으로 볼 수 있어, 짧은 기간 동안이기는 하나 영농에 따른 식생변화는 없었다고 볼 수 있다.

다. 동물상

(1) 저서성 무척추동물

대호간척지구에서 저서성 무척추동물은 돌산 주변 웅덩이를 중심으로 살아가기에 매우 적합한 환경을 이루고 있어 종 다양성이 높게 나타났다. 1999년에는 3문 총 8강 15목 44과 77종이 조사되었고, 2000년 조사에서는 3문 8강 22목 43과 81종이 확인되었다. 연체동물문 종 수가 크게 감소하고 대신 절지동물문의 종 수가 증가하고 있음이 특징적이었다. 보호종인 물장군, 물자라, 장구애비 등이 서식하고 있다. 저서성 무척추동물 서식으로 보아 지구내 생태계는 매우 건강함을 알 수 있다.

(2) 육상곤충

돌산 습지 생태지역에서는 잠자리류, 사마귀류, 나비류를 비롯한 다양한 곤충상이 나타났고 논 부근에서는 주로 메뚜기류가, 유수지 부근에서는 수서곤충의 성충들을 중심으로 하는 종이, 그리고 유수지 부근 독길에서는 메뚜기류, 나비류, 딱정벌레류가 나타났다. 물자라는 돌산 웅덩이에서만 확인되었고 장구애비류와 게아재비류도 높은 밀도로 서식함이 확인되었다.

(3) 어류

대호지 담수어류는 1999년에 12종이, 2000년에 9종이 확인되었다. 1999년의 우점어류는 호수에서는 참붕어, 수로에서는 왜물개이었다. 출현하는 어류상으로 보면 대호간척지는 갯벌 간척사업 이후 염분의 감소와 담수의 대량 유입으로 거의 대부분 지역이 담수화 되었다고 보여진다. 기수구역이나 갯벌 부근 수중에서 서식하고 있는 어류는 망둥어류, 송어류 그리고 농어류가 대부분이고 일부 담수에서도 적응하는 황복이나 뱀장어류들이 서식하기도 하였다.

유수습지에서는 환경 변화에 잘 적응하는 붕어, 참붕어, 미꾸라지 등이 관찰되었다. 농경지 부근의 수로에서는 논가와 주변 수도에서 전형적으로 나타나는 송사리와 붕어가 출현하였다. 수로에서는 망둥어과의 종이 간헐적으로 관찰되었으며 붕어, 참붕어의 서식도 확인되었다. 돌산 주변의 웅덩이와 저습지 논에서 보호종인 금개구리의 서식이 확인되었다.

(4) 조류상

대호간척지구 전체에서 1999년 UNDP조사에서는 텃새 15종, 여름새 23종, 겨울새 23종, 통과새 3종 등 총 64종의 조류가 관찰되었으며, 2000년 6월부터 2001년 4월 까지의 조사에서는 총 70종이 관찰되었다. 2000년의 우점종은 청둥오리, 흰뺨검둥오리, 제비, 왜가리, 팽이갈매기, 개개비, 중대백로이었다.

관찰된 천연기념물은 1999년에는 큰고니, 잿빛개구리매, 황조롱이, 검은머리물떼새 등 4종뿐이었으나 2000년에는 큰고니(제201호), 저어새(제205호), 매(제323호), 참매(제323호), 잿빛개구리매(제323호), 황조롱이(제323호), 검은머리물떼새(제326호) 등 7종이 관찰되었다. 조류의 서식 상태로 볼 때 대호간척지구의 환경은 매우 건강한 것으로 판단되었다.

대호환경농업사업의 문제점과 개선방안

1. 쌀생산

대호환경농업사업지구의 친환경농업구역과 관행재배구역의 쌀수량과 순수의 등

은 표 17과 같다. 관행재배구역의 수량은 정곡으로 1999년이 533kg/10a, 가뭄에 의한 염해가 컸던 2000년에 348kg/10a이었다. 한편 환경농업구역의 쌀수량은 1999년이 457kg/10a, 2000년이 335kg/10a이었다. 친환경농업구역의 쌀수량은 관행재배구역에 비하여 1999년은 14%, 2000년은 4%정도 적었다.

표 17. 친환경농업구역의 쌀수량

연도	친환경농업구역			관행재배구역		
	조곡수량 (kg/10a)	순수익 (천원/10a)	생산비/ 생산액(%)	조곡수량 (kg/10a)	순수익 (천원/10a)	생산비/ 생산액(%)
1999	617(정곡 457)	268	68.5	702(정곡 533)	362	62.5
2000	452(정곡 335)	-19	103.3	470(정곡 348)	143	97.8

대호환경농업사업지구의 1999년 관행재배구역 쌀수량 533kg/10a은 같은해 당진군 평균수량 579kg/10a에 비하여 92%에 달하는 상당한 수량인데, 이를 위하여 질소 30kg/10a이 시비되었다. 쌀 과잉재고 시대에 고품질을 지향하고 환경친화적 영농을 목표로 하는 관점에서는 다소 부담스러운 수량 수준이라 사료된다.

한편 벼품종은 이모작을 위하여 조생종이 다수 도입되었고 주로 다수확 위주로 선정되었는데 앞으로 간척지의 고품질미를 브랜드화 하기 위하여는 양식미의 증만생종을 선택하고, 등숙기에 질소가 공급되어 단백질 함량을 높임으로서 식미가 저하되지 않도록 하는 시비기술을 적용하고, 출수후 50일 내외에 수확될 수 있도록 작업시스템을 연구하여야 하겠다. 간척지 고품질미의 성가를 유지하려면 기존의 석문농협 RPC 이용은 부적절하며 별도의 RPC를 자체 운영할 필요가 있다고 사료되었다.

대호간척지지구와 같은 대규모 도작경영에서는 친환경농업이 정착되는 시점에는 생산비절감을 위한 경영시스템 개발에 주력하여야 하겠다.

2. 잡초방제

오리농법, 우렁이농법, 참게농법 및 미꾸라지농법 등은 동물 투입에 의해 제초효과를 얻을 목적으로 행하는 것이다. 그러나 대호간척지에서 동물 투입에 의한 환경농업은 매자기와 피의 방제에 효과적이지 못하였다. 따라서 부득이 인력 손제초를 하지 않으면 안되었다.

대호환경농업시범지구의 오리농법에서 잡초방제가가 낮았던 것은 논 관개수 깊이가 오리가 헤엄쳐 다닐수 있는 7cm 보다도 낮은 1~5cm로 낮게 유지되는 등 오리가 논을 헤집고 다닐수 있는 조건이 마련되지 못하여 나타난 결과로 생각된다.

한편 우렁이농법구에서 잡초방제가가 낮았던 것은 우렁이 방사시기가 다소 늦는 등 관리가 적절치 못하였고 그 외에 많은 철새와 동물들에 의한 포식도 한 원인이 되는 것으로 생각되었다. 간척지는 잡초나 해충 분포, 토성 및 관개수 특성 등이 일반 논과 다르므로 오리나 우렁이 방사 효과도 일반 논과 다를 수 있을 것으로 사료되었다.

대규모 벼농사 또는 환경농업에서의 벼농사 성패는 잡초방제에 달려 있다고 해도 과언이 아니다. 또 우리나라에서 무농약 또는 저농약재배의 품질 인증 조건은 제초제 사용의 전면 금지이기 때문에 잡초방제는 더욱 중요하다. 잡초는 한번 발생하면 막대한 양의 종자가 생산되어 토중에 매몰되며 한번 매토된 잡초종자는 수십 년 이상의 장기간에 걸쳐 휴면하면서 조건이 충족되면 발아하는 특성을 갖는다. 따라서 친환경농업이 성공하기 위하여는 사전에 매토 잡초종자의 밀도를 낮추어 놓는 경종조치가 반드시 필요할 것으로 생각되었다.

3. 시비

대호환경농업지구에서 환경농업을 실천한 결과 시비량은 상당히 감소되었다. 친환경농업시범마을을 예로 보면(표 18) 질소 시비량은 1998년 36.1kg/10a에서 1999년에는 21.8kg/10a으로 크게 감소하였다. 2000년에는 염해에 따른 벼 생육 부진의 영향이 있기는 하나 질소시비량이 다시 16.6kg/10a으로 감소하였다. 칼리 시비량은 1998년 대비 2000년에 29%가 감소하였다. 그러나 같은 기간 인산시비량은 62% 증가한 8.3kg/10a을 시비하여 균형시비가 이루어졌다고 볼 수 있다. 그러나 논 관개수중 인 제거율이 낮고 유입수보다 유출수의 인 농도가 높음을 볼 때 인산시비량이 적정했는지에 대하여는 면밀한 검토가 필요하다고 생각되었다.

표 18. 친환경농업시범마을의 시비량 변화(성분량 kg/10a)
(복비 21-17-17, BB비료 13-23-8, NK비료 18-0-15 사용)

연도	N							P (기비)	K			
	기비	1차분 얼비	2차분 얼비	1차 수비	2차 수비	실비	계		기비	수비	실비	계
1998	6.3	11.5	11.5	4.5	-	2.3	36.1	5.1	5.1	4.5	-	9.6
1999	6.0	4.7	4.8	4.5	1.8	-	21.8	9.4	1.4	2.2	-	3.6
2000	4.7	4.0	3.2	4.7	-	-	16.6	8.3	2.9	-	3.9	6.8
시비절 감율(%)							-54	+62				-29

대호환경농업시범지구의 분시비율은 기비-분얼비-수비-실비가 43-57-10-0 또는

30-63-13-0 등으로 기비 중심이다. 실비를 사용하지 않는 것은 쌀 식미를 위하여 매우 다행스러운 시비법이라 사료된다. 그런데 현대 서산간척지는 1986년 시험영농 이래 10년차 시비량이 N-P-K=17.5-4-6kg/10a이며 분시율은 질소는 기비-분얼비-수비-실비를 8-32-45-15로, 칼리는 기비-수비-실비를 60-20-20으로 사용하는 등 추비 중심으로 사용하고 있어 대호간척지와 대조적이었다.

오리농법은 정밀시비를 하지 않을 경우 질소 과잉의 우려가 매우 높으며 질소 과잉은 수질환경에 부하를 주고 등숙기에 쌀의 단백질 함량을 높여서 식미를 저하시킬 가능성이 크다.

5. 환경농업의 발전방향

대호환경농업사업구역에서 추진중인 친환경농업은 1999년 시행 첫해에는 여러가지 미숙한 점이 없지 않았으나 2년, 3년째에는 상당히 개선, 발전되었다. 그러나 아직도 논토양 분석과 쌀 목표수량에 근거한 양분 수지의 고려가 불충분한 상태에서 실시되고 있는 것으로 보인다. 오리, 참깨 및 미꾸라지 투입의 경우도 구체적인 목표 설정이 불충분하고 실행계획도 치밀하지 못한 감이 있다. 이들 동물의 투입이 적정 쌀 수량 확보를 전제로 하는지, 고품질 쌀생산을 목표로 하는지, 아니면 단지 제조효과를 얻거나, 제조제, 농약, 비료 등 자재 투입의 절감만을 목표로 하는지에 대한 방향 설정이 명확하지 못하다. 예로서 오리 투입은 지나친 질소 공급을 유발하였고 돈분액비사용은 질소 투입량이 적정 쌀 수량을 확보하기에 부족하였다고 판단되었다.

기상 및 토양조건이 특이한 대호간척농지에서 환경친화적인 벼농사가 성공되기 위하여는 보다 철저한 작물양분종합관리 또는 정밀농업 기법을 도입할 필요가 있다고 사료되었다.

한편 대호환경농업사업에서 사용하고 있는 환경농법의 용어 선정도 다소 무리가 있어 보인다. 오리농법이라 함은 엄밀하게 말해서 오리에 의해 제조효과를 얻자는 「오리제조법」의 개념이지 오리농법으로 보기는 어렵기 때문이다. 농법이란 과정에서 시비, 병충해 방제, 수확에 이르는 전 과정이 기존의 농법과 구별될 때 명명할 수 있기 때문이다.

한편 적절하게 설계된 환경농업이라 하더라도 그것이 잘 지켜지고 있는지에 대한 신뢰가 부족하였다. 왜냐하면 임대농의 경우 이를 강제할 여건과 수단이 마련되어 있지 못하며, 일부이기는 해도 유수지 주변에 불법경작이 존재하고 있기 때문이다.

앞으로 대호환경농업이 의미있게 성공하기 위하여는 지구 내에서 경종과 축산이 아울러 영위되는 유축복합영농의 형태로 발전되어야 한다. 진정한 환경농업은 경종

과 축산이 한 지구 단위에서 영위되어 환경친화적으로 재배된 사료를 먹고 환경축산이 행해지고, 축산을 영위하는 가운데서 발생한 분뇨로 작물을 재배하는 형태로 에너지가 순환되어야 하기 때문이다. 또한 계획적인 작부체계 하에서 윤작, 녹비작물의 재배, 두과작물의 재배가 이루어져 토양비옥도가 유지 증진되지 않으면 안된다. 병충해와 잡초를 방제하는 수단으로도 윤작이 필요하다.

결 론

1999년부터 실시된 대호환경농업사업의 결과 그 이전까지 과다하던 질소 시비량이 친환경농업 3년만에 크게 감소하였다. 병충해 방제 약제의 사용횟수도 크게 감소하였다. 대호간척지구의 식물상, 동물상 및 조류 생태조사 결과를 보아도 환경친화적 영농은 아직까지 주변생태계에 부정적 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 서식하는 조류의 종수는 오히려 증가하고 있다.

그러나 고품질쌀 생산을 위하여, 그리고 주변 생태계 보존을 위하여 시비량을 보다 최적화 하는 정밀농업으로 나아가되 수질오염 방지 차원에서 인산 사용량의 적정화에 보다 유의하여야 할 것으로 사료되었다. 특히 오리, 우렁이, 참게 및 미꾸라지 투입에 의한 관개수 오염을 방지하려면 벼의 목표수량과 생육상태, 투입되는 동물의 양을 고려하여 시비량과 시기를 보다 정밀하게 조절하여야 할 것으로 생각되었다.

대호지구에서 오리, 우렁이, 참게 및 미꾸라지를 투입한 환경농업구에서는 매자기와 피의 제초효과가 나타나지 않았다. 제초제에 의존하지 않는 환경농업이 성공하기 위하여는 사전에 잡초의 밀도를 줄이는 경종노력이 필수적으로 있어야 할 것이라 판단되었다.

장기적 관점에서 대호환경농업지구에서의 친환경농업 방향은 경종과 축산이 지구내에서 함께 영위되어 유기농법적으로 재배된 사료로 축산을 행하고, 축산에서 발생하는 분뇨를 원료로 한 유기질비료로 작물을 재배하는 형태로 발전되어야 한다. 그리고 윤작, 녹비작물 및 두과작물 재배로 토양비옥도가 유지되어야 한다. 그리고 향후 간척지를 포함하여 대규모 농지를 개발할 때에는 친환경영농의 성과를 종합적으로 평가하기 위하여 영농효과 이외에도 토양, 수질, 식물 및 동물생태계에 대한 모니터링이 지속적으로 이루어져야 하겠다.

참 고 문 헌

UNDP, 서울대, 과기부, 농림부, 환경부, 농기반공사. 2000. 대호간척지내 농지와 농업자원에 대한 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발 모델. UNDP-Assisted

Project ROK/98/006.

- 강양순, 김정일, 박정화. 1995. 벼 논오리 방사가 쌀 수량 및 품질에 미치는 영향. 한국작물학회지 40(4) : 437-443.
- 구자옥, 변종영, 전재철. 1995. 잡초방제학. 향문사.
- 권용웅. 1998. 유기농업을 위한 잡초방제기술의 현재와 미래. 한국유기농업학회 '98 상반기 심포지엄 자료. pp.101-121.
- 권태진, 김연중, 오세익. 1999. 환경친화적 벼농사의 적정 시비 수준과 정책방향.
- 김희동, 박중수, 방관호, 조영철, 박경열, 권규철, 노영덕. 1994. 벼논 오리 사육방법에 따른 벼 생육 및 수량 반응. 한국작물학회지 39(4): 339~347.
- 농업기반공사. 1999. 대호환경농업시범지구, 환경농업시범단지 '98 운영결과보고서.
- 농업기반공사. 2000. 대호환경농업시범지구, 환경농업시범단지 '99년 운영실적 및 2000년 운영계획.
- 농업기반공사. 2001. 대호환경농업시범지구, 환경농업시범단지 2000년 운영실적보고서.
- 당진군농업기술센터. 2000. 2000년도 기상자료.
- 대호환경사업소. 2000. 10. 수확량 감소 생육시기별 세부내역, 대호담수호 염도 측정 결과 및 대호담수호 내수위 기록표.
- 박광호, 주형로, 김종숙, 고일웅. 1998. 오리농법에 의한 친환경 쌀생산기술. 한국쌀연구회 심포지엄 “환경친화형 쌀산업의 발전방향”. 한쌀회 총서 제6권 : 175-204.
- 손상목, 임경수, 김영호. 2001. 오리제초 수도작에 있어서 벼 생육과 수량, 경제성 및 환경친화성 평가. 한국유기농업학회 2001년 상반기 심포지엄 발표자료-친환경 농산물의 생산단지 조성 및 시장수요 확대 방안.
- 유인수. 1998. 환경부하 경감을 위한 논토양의 시비관리. 한국쌀연구회 심포지엄 “환경친화형 쌀산업의 발전방향”. 한쌀회 총서 제6권 : 89-120.
- 윤석용. 1997. 서산 간척지 벼 재배현황과 대단위 영농사례. 한국형 쌀농사의 규모화와 합리적 영농. 한쌀회 총서 제4권 : 203-245.
- 채제천, 강양순, 이영호, 남중현. 1999. 식량 안정생산기술의 전망. 식량위기-우리의 나아갈 길-. 한국육종학회, 작물학회, 토양비료학회 공동심포지엄 발표자료.
- 채제천, 손상목, 안태영, 민병미, 이경숙. 2000. 대호환경농업시범지구 친환경농업 시행 효과 및 생태계 변화 조사 연구. 농업기반공사.
- 채제천, 안태영. 1999. 대호환경농업시범지구내 환경농법효과 분석보고서. 농업기반공사 대호환경농업사업소.