

ALC 축분 발효퇴비 시용 및 논오리 사육이 벼 수량 및 미질에 미치는 영향

김현호·이주열¹⁾·박기선²⁾
충남농촌진흥원, ¹⁾충남대학교 농과대학 농학과

Effects of Fermented Cattle Manure Compost Incorporated Autoclaved Lightweight Concrete(ALC) Waste and Raising Duck in Rice Paddy Field on Rice Yield and Quality.

Hyun-Ho Kim, Joo-Yeol Lee¹⁾ and Ki-Sun Park²⁾ (Chungnam Provincial Rural Development Administration, Taejon 305-313, Korea ; ¹⁾Department of Agronomy, College of Agriculture, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea)

Abstract : This experiment was conducted to find out the effects of fermented compost using cattle manure and Autoclaved Lightweight Concrete(ALC) waste and duck raising in rice growing paddy fields on growth and quality of rice. By application of fermented compost of cattle manure incorporated ALC waste with amount of 2,000kg/10a, rice yield was reduced 2.9%, and 4.1% in 1,000kg/10a of compost with raising ducks plots as compared with application of standard level of chemical fertilizer.

The ratio of head rice was slightly high in plots of compost application and white-belly kernal rice was reduced by application of 1,500~2,000kg/10a compost. The ratio of Mg/K was the highest in application of 1,000kg compost with raising duck. Efficiency of weed control by raising duck with free herbicides was sufficient and their effects showed no difference between raising duck plots and herbicide plot.

Key words : Rice, Compost, ALC waste, Duck raising, Rice quality

서론

근래에 와서 환경에 대한 국민들의 관심이 고조됨과 더불어 환경보전형 농법의 일환으로서 일부 농가에서 화학비료 대신 유기질 비료 시용 및 논오리, 담수어사육 등의 유기농법을 통해 저공해 농산물을 생산하여 환경보전과 농가소득 증대에도 기여를 하고 있다.

일반적으로 식품가공, 제지, 도축, 파쇄슬러지, ALC 등 각종의 공정 슬러지가 환경문제 대상이 되고 있다. 특히 ALC에 관하여는 외국에서는 오래전부터 레미콘 회수수는 칼리비료나 토양개량제로 이용하고 있으며 일본의 경우 레미콘 회수수나 양회분진을 특수 처리한 칼리비료를 사용하여 6~11%의 벼 증수 효과를 보았고 또한 규산효과도 인정되었다.^{1,2,3,4)}

국내에서도 김 등은 레미콘 슬러지 38.4t/ha 을 논에 시용했을 때 pH상승효과가 크고 현미 수량도 7~15% 증가하여 석회자원과 칼리공급원으로서의 이용가능성이 큼을 보고하였다.²⁾

그러나 국내에서는 ALC를 이용한 퇴비화 및 비료화 연구가 보고된 바 있으나⁵⁾ 아직도 미흡한 실정에 있어 연중 생산되는 막대한 자원을 이용할 수 있다면 생산비 절감과 폐기물의 재활용 및 환경 보전형 농법에 이바지 하는 바 있다고 할 수 있다.

또한 유기농업과 관련되어 논오리, 담수어 사육은 소득증대는 물론 논토양의 유기질 함량을 증가시키고 미질이 개

선되며^{6,7)} 특히 논오리를 사육함으로써 제초제를 사용하지 않고 잡초방제가 가능하다고 보고된 바 있다.^{8,9,10,11)}

우리나라에서의 벼 논 양어는 1989년도에 487농가 95ha 정도로서 주로 미꾸리를 사육하였으나 제초제의 독성으로 그 면적이 확대되지 못하고 있었다. 벼 재배논에서의 양어와 오리사육은 저공해 쌀 생산과 더불어 농가소득원으로서의 관심사가 되었고 면적 또한 확대되어가고 있다.^{9,12,13)}

선진국들은 일찍이 통합폐기물관리(Integrated Solid Waste Management)라는 새로운 개념의 장을 열어 폐기물 관리단지내에서 일관적이고 체계적으로 재활용, 자원화, 퇴비화, 소각, 매립을 유기적으로 관리하고 있다.

따라서 본 연구는 축산폐기물을 무기계 경량기포 콘크리트(ALC 파쇄분 및 폐산성 백토)를 Bulking Agent로 하여 발효시켜 벼 재배논에서 유기질 비료원으로서 효과를 검토하기 위해 수행하였으며 유기농법과 관련하여 논오리 사육을 병행 수행함으로써 벼 수량 및 품질에 미치는 영향을 검토 분석하였다.

재료 및 방법

본 시험은 대전시 유성구 충남대학교 시험포에서 일품벼를 공시하여 ALC 축분발효퇴비를 10a당 1000, 1500, 2000kg 시용구와 표준비(화학비료), 무비와 오리사육구를 두고 ALC 축분 발효퇴비 1,000kg 시용구와 무비구에는 오리를 각각 80마리 방사하여 모두 7개의 처리를 두어 수행하였다.

방사시 청둥오리의 크기는 3주령으로서 평균체중은 약 345g으로 이양후 25일에 논에 방사하였다.

ALC 축분 발효퇴비를 이양전 썬래질 직후 전량기비로 사용 하였고 표준비는 질소, 인산, 칼리를 10a당 성분량으로 각각 12, 7, 8kg로서 질소는 기비로 50%, 분얼비 20%, 수비를 30%로, 인산은 전량을 기비로, 칼리는 기비를 70%, 수비를 30%로 분시하였다.

본 시험에 사용된 ALC 유기질비료의 화학적 성분조성은 Table 1과 같다. 주요 영양공급원인 총질소함량은 3.67%이며 Ca²⁺성분이 비교적 높은 양을 차지하고 있었다.

Table 1. Chemical compositional fraction of ALC compost from livestock wastes Unit(%)

Insoluble Fraction	Soluble Fraction					Moisture	Total
	K ⁺	Ca ⁺⁺	SO ₄ ²⁻	Si ⁺⁺	T-P		
70.6	0.37	5.36	0.46	1.31	0.33	3.67	100.9

오리사료는 양계용 사료(W사 제품)를 시간이나 양에 관계없이 오리가 마음대로 먹을 수 있도록 공급하였고, 논외 주변과 처리구간에는 양계용 철망을 설치하여 시험구를 분획하였으며 논둑 잉여지를 이용 사료급여통과 임시휴식처로 3m²의 스펀지봉을 만들어 이용케하였다.

벼 이양은 5월20일에 25일묘를 재식거리 30×14cm로 기계 이양 하였으며 이양후 12일에 오리를 방사하지 않은 구에 제초제 노난매를 살포하였다.

쌀의 품질조사를 위하여 현미의 품위를 육안으로 조사하였으며 쌀의 이화학적 특성과 식미와 관련된 형질의 변이를 보기 위해 유기성분을 NIR(Near Infra-Red)을 이용하여 지방, 단백질, 아밀로스 등을 분석하였고 활성 및 점도 등과 같은 Amylogram특성을 Stable Microsystem을 이용하여 분석하였다.^{14,15)}

오리 증체량은 방사가 끝난 8월13일에 조사하였고 잡초 발생량은 오리방사후 40일에 잡초건물중을 조사, 잡초방제가를 산출하였다.

결과 및 고찰

시험후 토양의 이화학적 특성

벼논에서 오리사육 및 ALC 축분 발효퇴비를 사용한 결과 시험후 토양의 이화학적 성질은 Table 2와 같다. 각 처리간

Table 2. Chemical Properties of soils in experimental paddy field after experiment

Treatment	Application rates (kg/10a)	Density of duck (head/10a)	pH (1:5)	OM (%)	Ava. P ₂ O ₅ (ppm)	EC (ds/m)	Ex. Cations(cmol/kg)				CEC (cmol/kg)
							K	Ca	Mg	Na	
FCALC ¹⁾	1000	-	6.3	1.23	55.7	0.53	0.25	3.9	0.74	0.68	7.70
FCALC	1500	-	6.2	0.87	59.3	0.50	0.33	3.6	0.82	0.54	8.87
FCALC	2000	-	6.2	1.23	40.3	0.40	0.30	3.9	0.89	0.78	8.00
FCALC/raising duck	1000	80	6.3	1.03	36.0	0.47	0.21	5.3	0.66	0.66	9.30
NF ²⁾ /raising duck	-	80	6.3	1.23	39.7	0.40	0.31	3.9	0.74	0.59	8.73
SF ³⁾	-	-	6.3	1.33	41.7	0.27	0.27	4.9	0.67	0.58	10.1
Control	-	-	6.3	1.03	38.0	0.28	0.27	3.4	0.73	0.58	8.57

1) : Fermented compost with ALC waste

2) : No Fertilizer/raising duck

3) : Standard fertilizer(N - P₂O₅ - K₂O, 12 - 7 - 8kg/10a)

유기물 및 무기성분에 있어서 일정한 경향은 없었는데 본 시험은 1년차 결과로서 추후 퇴비 연용에 의한 지력 및 토양물리성 변이의 연차간 분석이 요구되었다.

ALC 축분 발효퇴비 사용에 따른 벼 생육 및 수량성

ALC폐기물 이용 퇴비와 오리방사에 따른 생육상황과 수량구성요소 및 수량을 보면 Table 3과 같이 ALC이용 퇴비 시용구 및 오리방사 조합 처리구에서 모두 수량이 관행화 학비료 시용보다 낮았으며 ALC 축분발효 퇴비시용량 따라서는 2000kg/10a 수준에서 가장 수량이 높았는데 이는 화학비료 시용구 보다 2.9% 정도 감소된 468kg/10a을 나타냈는데 통계적 유의성은 없었다.

Table 3. Effect of fermented cow manure-ALC Compost on yield and yield components of rice

Treatment	Appli- ication rates (kg/10a)	Density of duck (head /10a)	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles /panicle	No. of spikelet /panicle ratio(%)	Ripend grain (kg/10a)
FCALC ¹⁾	1000	-	84	16	12	76	91
FCALC	1500	-	82	17	12	78	91
FCALC	2000	-	82	18	14	84	91
FCALC/duck	1000	80	82	18	13	76	91
NF ²⁾ /duck	-	80	83	17	12	79	87
standard	-	-	84	18	14	85	91
fertilizer ³⁾	-	-	-	-	-	-	-
Control ⁴⁾	-	-	79	15	10	52	83

1) : Fermented compost with ALC waste

2) : Non Fertilizer

3) : Standard fertilizer(N - P₂O₅ - K₂O, 12 - 7 - 8kg/10a)

4) : Non fertilizer + Non raising duck

* Means within a coulms followed by the same letters are not significantly different at 5% level by Duncan Multiple Range Test(DMRT).

ALC 퇴비시용 1000-1500kg/10a 에서는 화학비료 시용구 보다 낮은 수량을 보였으며 퇴비 1000kg + 오리방사 처리 시 쌀 수량은 462kg/10a 으로서 화학비료 시용구 대비 96% 수준이었다. 또한 퇴비나 화학비료를 전혀 사용하지 않고 오리 80두를 방사처리 하였을 때 10a당 341kg의 수량을 보였고, 비료나 퇴비를 전혀 사용하지 않은 처리에서는 10a당 118kg을 보여 수량이 저조하였는데 이는 단위면적당 수수,

영화수의 감소에 기인된 것으로 생각되며 유기농의 가능성을 시사한 결과로서 생각되었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 ALC 축분 발효퇴비의 적정 사용량은 10a당 2000kg 내외였으며 1000kg 시용시 오리방사와 함께 벼를 재배할 경우 퇴비만을 1000kg 시용한 처리보다 증수효과가 인정되어 앞으로 유기농법 재배기술 차원에서 더욱 검토할 대상이며 ALC 축분발효 퇴비의 작물체내 양분 흡수 및 그 이용률과 적정 사용량에 대해서도 더욱 연구가 요구되었다.

외관상 미질 및 성분함량 변이

ALC 축분 발효퇴비 및 오리방사에 따른 외관상 미질은 Table 4에서 보는 바와 같이 ALC 축분발효 퇴비 및 오리를 방사 처리한 구에서 완전미 비율이 약간 높은 경향으로 92~93%의 완전미 비율을 보였으나 무처리구 83.4%보다 ALC 이용 퇴비 1000kg 시용+오리사육, 유기질 비료 1500, 2000kg 시용한 처리에서 처리간 큰 차이는 없었으며 심복백, 청미, 사미도 같은 경향을 보였는데 이는 ALC 이용 퇴비시용 및 오리방사시 쌀의 품위가 조금은 개선된 것으로 생각된다.

Table 4. Rice quality in aspect of appearance as affected by application fermented compost with ALC waste and raising duck

Treatment	Application rates (kg/10a)	Density of duck (head/10a)	Head rice (%)	Whitebelly keneled rice (%)	Green keneled rice (%)	Imma ture grain (%)	Opaque keneled rice (%)
FCALC ¹⁾	1000	-	90.3	4.3	3.2	1.2	1.2
FCALC	1500	-	93.2	2.6	3.2	0.6	0.4
FCALC	2000	-	92.8	3.2	2.1	1.2	0.7
FCALC/duck	1000	80	92.7	3.5	1.9	1.0	0.9
NF ²⁾ /duck	-	80	90.0	4.2	3.3	1.6	0.9
Standard	-	-	89.8	4.4	3.2	1.9	0.7
fertilizer ³⁾	-	-	-	-	-	-	-
Control ⁴⁾	-	-	83.4	5.2	5.6	3.6	2.2

물리화학적 성분 분석결과 (Table 5) 미질에 영향이 큰 단백질 함량은 모든 처리간 큰 차이 없었으며 표준비 및 무비구에서 낮은 경향을 보였다.

Table 5. Physiochemical properties of milled rice as affected by application fermented compost with ALC waste and raising duck

Treatment	Application rates (kg/10a)	Density of duck (head/10a)	Protein (%)	Fat (%)	Amylose (%)	Mg (ppm)	K (ppm)	Mg/K ratio
FCALC ¹⁾	1000	-	9.87	1.04	19.7	245	1298	0.19
FCALC	1500	-	9.96	1.29	18.9	295	1295	0.23
FCALC	2000	-	9.81	1.58	18.4	287	1175	0.24
FCALC/duck	1000	80	9.96	1.48	19.3	321	1245	0.26
NF ²⁾ /duck	-	80	9.94	1.39	18.3	302	1408	0.21
Standard	-	-	9.64	1.40	18.4	264	1325	0.19
fertilizer ³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-
Control ⁴⁾	-	-	9.72	1.10	18.9	250	1426	0.18

지방함량 및 아밀로스 함량에 있어서도 일정한 경향 없이 차이가 없었다. 미립의 K함량과 Mg함량은 들다 밥맛과 깊

은 상관을 나타내는 성분으로서 Mg함량은 밥맛에 나쁜 방향으로 영향을 미치고 K함량과 Mg/K비는 밥맛에 좋은 방향으로 영향을 한다고 할 수가 있는데¹⁵⁾ 본 시험결과 ALC 이용 퇴비 1000kg + 오리방사구에서 Mg/K비가 0.26으로 가장 높았으며 ALC 폐기물이용 퇴비 1500kg, 2000kg 시용구에서도 0.23~0.24로 높은 경향이였다.

아밀로그래프 특성

아밀로그래프 특성은 쌀가루 또는 쌀 전분의 열에 대한 반응 즉 가열에 의한 호화양상과 호화된 후의 점도 특성을 나타내는 것으로서 유기질 비료 및 오리사육에 따른 미립의 물리성을 분석한 결과 (Table 6) 최고, 최저점도 및 호화 개시온도는 ALC 이용 퇴비 1000kg시용 + 오리 방사, ALC 이용 퇴비를 각각 1500, 2000kg 시용한구에서 높은 경향이였고 반대로 응집성 정도는 약간 낮은 경향을 보였던 바 이는 식미가 좋은 품종은 점성이 높고 응집성이 낮은 경향을 보였다고 보고¹⁶⁾한 결과와도 유사하였다.

Table 6. Amylographic Characteristics of milled rice by application of compost and raising duck

Treatment	Application rates (kg/10a)	Density of duck (head/10a)	Gelatinization temperature (°C)	Peak viscosity (Au)	Minimum viscosity (Au)	Cohesiveness
FCALC ¹⁾	1000	-	61.5	520	400	0.302
FCALC	1500	-	63.0	560	415	0.258
FCALC	2000	-	63.0	575	410	0.278
FCALC/duck	1000	80	63.0	560	435	0.259
NF ²⁾ +duck	-	80	61.5	520	360	0.292
Standard	-	-	61.5	540	400	0.313
fertilizer ³⁾	-	-	-	-	-	-
Control ⁴⁾	-	-	61.5	500	380	0.323

잡초 발생량 비교

오리방사에 따른 잡초 발생량을 오리방사 후 40일에 조사한 결과 Table 7과 같다. 본 시험포 무처리구에서 발생한 주요 초종은 물달개비, 피, 여뀌, 방동사니, 올챙이고랭이로 1년생 3초종, 다년생 2초종이었다.

잡초발생에 있어서는 물달개비가 5㎡당 15.26g, 여뀌가 8.45g, 방동사니가 5.5g등 광엽 잡초인 물달개비가 가장 우점초종이었다.

잡초건물중으로 분석한 잡초방제 효과는 무처리구의 잡초발생이 건물중 36.77g에 비하여 오리 방사구에서 평균 약 2.7g으로서 잡초방제가 92.7%로 매우 높았는데 이는 제초제를 시용한 구에서의 잡초방제가 94%와 거의 대등소이한 결과를 보여 제초제 대신 오리방사에 의한 잡초방제가 가능하였다. 또한 피와 일부 방동사니류의 경우는 오리가 선호하지 않아 방제효과가 저조하였던 것으로 생각된다.

이상의 결과를 감안할 때 오리방사를 통해 유기질 공급 뿐만 아니라 잡초방제 및 제초제에 따른 노동력 및 생산비를 절감할 수 있는 이중 효과가 기대되는 바이다.

오리 생장량

사육된 오리는 청둥오리로 그 순도가 높다고 인정되는 3주령으로 눈에 방사하기전 1마리당 평균무게가 평균 353g이었으며 60일간 사육후 마리당 무게는 1,548g으로 증체량

Table 7. Efficacy of weed control by raising duck in rice growing paddy field

Treatment	Application rates (kg/10a)	Density of duck (head/10a)	Weed species (g/5m ²)					Total	Weed control (%)
			Mv	Sj	Ec	Ca	Ph		
FCALC ¹⁾	1000	-	1.80	0.34	0.35	0.30	0	2.79	92.4
FCALC	1500	-	0.82	0.36	0.42	0.13	0	1.73	95.3
FCALC	2000	-	0.32	0.48	0.76	0.08	0.24	1.88	94.9
FCALC/duck	1000	80	0.50	0.14	1.47	0.82	0	2.93	92.0
NF ²⁾ /duck	-	80	0	0.12	2.15	0.72	0.07	3.06	91.7
standard fertilizer ³⁾	-	-	0.34	0.64	1.14	0.09	0	2.21	94.0
Control ⁴⁾	-	-	15.26	3.25	4.31	5.50	8.45	36.77	-

Mv : *Monochoria vaginalis*(물달개비)

Sj : *Scirpus juncooides*(울챙이 고랭이)

Ec : *Echinochloa crus-galli*(피)

Ca : *Cyperus difformis*(알방동사니)

Ph : *Persicaria hydropiper*(여뀌)

Table 8. Increased weight of stocked duck in rice growing paddy field during 60 days

Treatment	Initial weight (g/head)	Weight at harvesting (g/head)	Increased weight (g/head)
FCALC ¹⁾ /duck	356	1560	1204
NF ²⁾ /duck	348	1490	1142
Mean	353	1548	1195

은 1,159g이었다. 본 시험에서 사육된 오리는 1회 방사로서 60일간 사육하였는데 김등에 의하면 오리를 논에 3회 방사하여 66%의 소득증대 효과를 보았다는 보고¹⁷⁾가 있는데, 앞으로 소득향상 및 유기농업에 의한 양질미 생산촉진에서 유리한 것으로 생각되며 향후 경제분석에 대한 검토가 요구될 것이다.

요 약

축산폐기물을 산업에서 발생하는 무기계 ALC폐기물을 이용하여 발효된 퇴비의 효과를 벼 재배논에서 검토하고 유기농법과 관련하여 논오리 사육에 의한 쌀 품질 및 수량에 미치는 영향을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. ALC이용 축분발효퇴비 10a당 2,000kg 시용하였을 때 쌀 수량은 468kg/10a로서 표준비(화학비료)대비 2.9% 정도 감소되었으며 ALC이용 퇴비 1,000kg + 오리방사 처리구에서도 4.1% 감소된 근소한 수량차이를 보여 신유기질비료로서 그 효과가 인정되었다.
2. 쌀의 품질은 처리가 큰 차이는 없었으나 ALC이용 퇴비 1,500~2,000kg 시용구에서 완전미 비율이 다소 높았고 심복백도 적어 외형미질이 양호하였으며, Mg/K 비율은 ALC이용 퇴비 1,000kg + 오리방사구에서 0.26으로 가장 높았으며 ALC이용 퇴비 1,500~2,000kg시용에서도 0.23~0.24로 높은 경향으로 미질개선 효과가 기대 되었다.
3. 아미로그래프 특성에서도 ALC이용 퇴비 1,000kg + 오리방사, 1,500kg, 2,000kg 시용시 최고, 최저 점도가 높고 응집성이 낮아 미립 물리성이 양호하였다.
4. 오리방사에 의한 잡초방제효과는 93%로서 제초제 처리구와 대동소이하여 제초제를 사용하지 않고 오리사육에 의해 잡초방제가 가능하였으며, 오리수확후 증체량이 마리당 1,159g으로서 유기물공급원 및 잡초방제효과 뿐만 아니라 농가소득원으로서도 그 가치가 있었다.

참 고 문 헌

1. Khookhay, Huat and Ptaw, E.S. (1984) Review of Rice-Fish culture in Southeast Asia, p. 23~34.
2. Kim, S.H., Ha, S.H., Choe, Z.R., Lee, D.H., Lee, E.I., Lee, M.K, Na, Y.K., and Yun E.S. (1995). Effect of residue from remicon on physicochemical properties of paddy soil and rice Growth. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert, 28,(4):327~333.
3. Kim, T.S., Song, K.J., You, J.K., and Han, K.Y. (1975). Study on the utilization of cement kilm dust as soil amendments. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert, 8(2):89~96.
4. Murabi, S.S., and Murata, S.C. (1992). Rice culture using remicon sludge, Introduction of forgein technology(Kumamoto Remicon Co.), p. 39~45.
5. Rho, J.S., Kang, H., Hong, S.S., Lee, S.W., and Lee, B.J. (1994). A study on the compostinng of cow manure using inorganic solid wastes as s bulking agent and carbon source. Korean J. Solid Wastes Engingeering, 11(3):388~397.
6. Kim, B.H., Kim H.D., and Kim, Y.H. (1989). Rice-Fish farming system and future prospect in Korea. Paper presented in Scond Asian Regional Workshop on Rice-Fish Research and Development. Clsu, Philippines. p. 34~46.
7. Kim, K.H., Chae, J.C., Lim, M.S., Cho, S.Y., and Park, R.K. (1988). Research satus and prospects in rice quality. Korean J. Crop Sci. 33(Special review):1~17.
8. Kim, Y.H., Kim, H.D., Kim, B.Y., Lee, W.U., and Ree, D.W. (1990). Studies on the raising four fish species in paddy field with grown rice. Res. Rept. RDA.(Rice), 32(2):49~54.
9. Song, Y.J., Kim, K.T., Ko, B.R., Hwang, C.j., Park, K.H., Choi, B.J. (1991). Studies on the production of loachfry in paddy field. 1. Formative stage of loachfry and increasing of production efficiency. Res. Rept. RDA. 33(1)79~85.
10. Spiller, G. (1985). Rice-cum-fish culture. Environmental aspects of rice and fish production in Asia. F.A.O. office for Asia and Pacific. Bankok. Thailand Report, p. 35 ~49.

11. Lee, S.K., Shin, C.C., and Roh, J.K. (1987). Sensitivity of the three freshwater fish, *Cyprinus carpio*, *Oryzias latipes*(wildtype indigenous to Korea), and *Oryzias latipes*(Japanese killifish) to 30 pesticide formulations. *Korean J. Environ. Agric.* 6(2):66~72.
12. Korean Agriculture and Fisheries Marketing Inst. (1989). *Technology of fish raising and marketing*, p. 13~57.
13. Oh, Y.B., Lee, J.K., Kim, S.S., Lim, M.S., and Park, R.K., (1991). Studies on the rice-fish farming in rice paddy field. 1. Studies on loach culture in rice paddy field. *Res. Rept. RDA.* 33(1):79~85.
14. Kim, K.J., and Kim, K.H. (1987). Study on the physico-chemical properties of rice grains harvested from different regions. *Korean J. Crop Sci.* 32(2):234~242.
15. Swaminathan, M.S. (1987). *Physical Measurements in Flooded Rice Soils*. IRRI, p. 1~15.
16. Kim, Young-Bae. (1989). Variation of grain quality of rice varieties grown at different locations. Relationship between characteristic related to grain quality. *Korean J. Crop Sci.* 35(2):137~145.
17. Kim, H.D., Park, J.S., Bang, K.H., Cho, Y.C., Park, K.Y., Kwon, K.C., and Rhoe, Y.D. (1994). Rice growth and yield response under rice-duck farming system in paddy field. *Korean J. Crop Sci.* 39(4):339~347.