

간척지 논외 부산석고비료 시용효과

손보균* · 이도진¹ · 박범기² · 채광식²

순천대학교 생명환경과학부, ¹순천대학교 농업교육과, ²남해화학

Effects of Phospho-gypsum Fertilizer as Reclamation Material in the Newly Reclaimed Paddy Fields

Bo-Kyoon Sohn,* Do-Jin Lee¹, Bum-Ki Park², and Kwang-Sik Chae²

Division of Environmental and Agricultural Science, Sunchon National University, Suncheon 540-742, Korea

¹Department of Agricultural Education, Sunchon National University, Suncheon 540-742, Korea

²Namhae Chemical Co., Yeosu 555-250, Korea

This study was conducted to evaluate the application effects of phospho-gypsum fertilizer (PGF) as reclamation material in the newly reclaimed paddy fields located in Goheung and Youngam, Jeonnam province in Korea. The PGF used in this experiment was produced by Namhae Chemical Co. as the name of Soil-Saver™. Prior to rice transplanting, the PGF was applied as soil amendment as the amount of 3,000 kg ha⁻¹. The PGF increases rice plant height and number of tiller at the heading stage by 119.9 cm and 9.1, respectively, in Youngam area. The harvest index of brown rice increased up to 5 and 13% more in the PGF applied paddy field from both sites than in the non-application of PGF at paddy field before rice transplanting, and the ripening ratio in increased in both sites to 81 and 90%. Protein content of brown rice was also greater than in the non-application of PGF at the both sites. For the effects of the reclamation by PGF in the paddy field soils, we found that PGF reduced exchangeable Na to 18 and 28% for both sites, respectively, and increased exchangeable Ca and SO₄. And we found relatively higher amounts of K₂O, CaO and MgO in the rice plants from both sites applied with PGF.

Key words : Phospho-gypsum fertilizer (PGF), Soil amendment, Paddy fields, Reclamation material, Brown rice

서 언

인산비료 생산과정에서 만들어지는 부산석고는 연간 150만톤에 달하며, 그 중 120만톤은 석고보드, 시멘트 제조 등에 활용되고 있다. 나머지 30만톤은 매년 적체되어 환경오염원으로 지적을 받아왔으나 (주)남해화학이 2003년 8월 부산석고비료로 등록되어 비료로써 이용이 가능하게 되었다.

간척지 논토양에 석고비료를 사용하면 Ca 성분이 토양교질을 개선하여 토양중 치환성 Na 및 Mg 함량은 줄고 Ca 함량은 증가되어 제염이 촉진된다고 하였으며, Ca 공급에 의한 토양개량과 식물의 필수다량원소인 칼슘과 유황 공급에 탁월한 효과가 있는 것으로 보고되어 있다(Oh, 1990; Oh and Park, 1994). 석회질 비료는 물에 거의 녹지 않아 토양 및 작물에 주는 영향이 매우 작으나 부산석고비료는 석회고토(1.4 mg 100 ml⁻¹ H₂O)에 비하여 용해도가 260 mg 100 ml⁻¹

H₂O로서 약 186배 정도 높아 토양과 작물에 대한 칼슘 공급 능력이 탁월하다. 이와 같이 석고 시용이 필요한 지역은 간척이 오래되지 않아 염분농도가 높은 농경지나 태풍, 해일 등으로 바닷물이 유입된 농경지, 생석회 등 석회질 비료 과다사용으로 알칼리화된 시설재배지, 토양침식이 심한 경사지 밭 및 과수원, 나트륨을 많이 함유하여 물리성이 좋지 않은 토양 등으로 알려져 있다(Choi et al., 1991). 석고비료는 소요량 검정을 통하여 시비하는 것이 바람직하며, 일반적으로 200~300 kg 10 a⁻¹을 사용하고 토양이나 사용 목적에 따라 가감이 필요한 것으로 알려져 있으며(Hwang et al., 1983), 퇴비나 볏짚과 병용할 때 간척지 직파벼의 초기생육에서 그 효과를 높일 수 있다고 한다(Hwang et al., 1990). 사용 시기는 간척지의 경우 재배기간이 아닌 연중 사용이 가능하고, 일반 논 토양의 경우는 작물재배 2주전에 토양과 잘 혼합하여 사용하여야 한다. 특히 간척 초기인 논에서의 사용주기는 2년마다 최소 1회 정도 사용하는 것이 효과를 얻을 수 있다고 하였다(Flanagan et al., 1997; Miller and Donahue,

접수 : 2007. 1. 9 수리 : 2007. 3. 2

*연락처 : Phone: +82617503292,

E-mail: bkshon@sunchon.ac.kr

1998; Reeve, 1998; Ritchey et al., 2000; Zhang and Miller, 1996).

따라서 본 연구에서는 비료 공정규격 개정 이후 (주)남해화학에서 시판되고 있는 부산석고비료를 간척지 토양에 처리하고 벼 생육과 수량 및 주요 토양 화학성분의 변화를 검토하였다.

재료 및 방법

조사지역 및 재료 농가 실증시험은 시범포 2개소 [전남 고흥군 풍양면 매곡리 안동간척지 (간척년도 : 1986년), 전남 영암군 미암면 춘동리 간척지 (간척년도 : 1990년)]에서 실시하였고, 석고비료는 (주)남해화학에서 시판되고 있는 부산석고비료(pH 5.6, 가용성 CaO 26.5%, 총유황 11.8%, 수분함량 18.4%)를 사용하였다. 실증시험전에 조사한 2개 지역의 토양 특성은 Table 1과 같다. 시험지 토양의 일반적 특성은 간척 후 20여년 전후였지만 토양화학성이 양호하지 못한 것은 제염을 위한 관개수량 부족과 비배관리의 미흡으로 판단되었다. 고흥과 영암 시험지역의 토양통은 각각 포두통과 포송통으로 조사되었고, 토성은 고흥 시험지가 미사질 양토, 영암 시험지가 미사질식양토로서 배수에서 약간의 차이를 보일 것으로 사료되었다. pH값은 중성이었으며, 토양유기물 함량 부족과 특히 영암 간척지에서는 유효인산 함량이 낮았고, 치환성 석회 함량도 적정치인 6.0 cmolc kg⁻¹에 비해 낮은 수준을 보였다.

석고처리 및 재배방법 부산석고비료는 벼 이앙전에 권장량 기준으로 3,000 kg ha⁻¹을 시용한 처리구와 무처리구로 구분하여, 담수 전 논 토양 전면에서 살포하고 경운, 담수 및 로타리를 병행하여 작토층에 충분히 혼합되도록 하였다. 벼 재배는 일반 농가의 관행 재배 방법에 따라 관리하였다.

생육 및 수량 조사 벼 생육조사는 출수기에 초장과 줄기수를 조사하였으며, 수량 조사를 위해 농사시험연구 조사기준(RDA, 1995)에 따라 수확기의 초장, 경수, 등숙률, 1000립중, 정현비율 및 정조중 등을 조사하였으며, 무처리구의 정조 수량을 100으로 기준하

여 수량지수를 환산하였다. 또한 현미 중 단백질, 아밀로오스 및 지방산 함량에 대해 미질분석기(Cett, AN-700, Japan)를 이용하여 분석하였다.

토양 화학성 및 식물체 분석 토양 특성은 토양화학분석법(RDA, 1988)에 준하여, 토양산도(pH)는 초자전극법, 전기전도도(EC)는 풍건토양과 증류수를 1:5비율로 1시간 진탕한 후 EC미터로 측정하였다. 토양유기물은 Tyurin법, 총질소(T-N)는 Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법, 토양 중 유효황(Av-S)은 풍건한 토양을 침출 후 발색시켜 440 nm에서 분광광도계로 비색 측정하였다. 치환성 양이온은 풍건한 토양시료를 1N-NH₄OAC로 침출·여과하여 ICP(Optima 3300DV, Perkin-Elmer, U.S.A)로 분석하였다. 한편 식물체는 건조된 식물체 시료를 H₂O₂-H₂SO₄ 습식분해 후 K, Ca 및 Mg 등을 ICP로 분석하였다.

결과 및 고찰

벼 생육 및 수량 부산석고비료 처리 유무에 따른 벼 출수기의 초장과 주당경수는 Table 2과 같다. 고흥 지역의 경우는 부산석고비료 처리에 따른 통계적인 유의성을 보이지 않았다. 영암지역에서는 t검정 결과 부산석고비료 처리구가 111.9 cm로 무처리구의 105.2 cm에 비해 고도로 유의적인 차이를 보였으며, 주당경수 역시 석고처리구가 9.1개로서 무처리구의 8.0개에 비해 1.1개가 더 많은 결과를 보였다.

부산석고비료 처리 여부에 따른 벼 수량구성요소 및 정조수량에 대한 조사 결과를 Table 3에 나타내었다. 전반적으로 벼 수량구성요소는 양 지역 모두 무처리구에 비해 부산석고비료 처리구에서 높은 경향을 보였다. 벼의 수량지수를 환산하면 부산석고비료 처리구가 무처리구에 비해 고흥 지역에서는 5%, 영암지역에서는 13% 증수되었다. 고흥 지역의 경우 수수는 무처리구에서 400개 m⁻²로 부산석고비료 처리구보다 많지만 등숙율은 처리구의 81%에 비해 무처리구가 68%로 낮았기 때문에 부산석고비료 처리구에서 수량지수는 높은 것으로 나타났다.

농촌진흥청(RDA, 2002)의 연구결과에 의하면 석고를 시용함으로써 벼의 천립중과 현미수량이 증가되는

Table 1. Physicochemical properties of reclaimed paddy field soil used.

Sites	Soil series	Soil class	pH (1:5, H ₂ O)	EC	O.M	P ₂ O ₅	Av-S	SiO ₂	Exchangeable cations				CEC	Years after reclamation
									K	Ca	Mg	Na		
				dS m ⁻¹		----- mg kg ⁻¹ -----			----- cmolc kg ⁻¹ -----					
Goheung	Podu	SiL	7.2	1.7	1.8	110	32	98	0.6	3.4	3.3	4.5	9.6	21
Youngam	Poseung	SiCL	7.0	2.1	1.4	32	11	134	1.1	4.5	5.1	3.8	12.4	17

Table 2. Plant height and number of tiller of paddy rice at heading stage as affected by phospho-gypsum fertilizer(PGF) application.

PGF [†]	Goheung		Youngam	
	Number of tiller	Plant ht. cm	No. tiller per hill	Plant ht. cm
-	17.7	86.2	8.0	105.2
+	17.3 ^{ns}	86.4 ^{ns}	9.1 ^{**}	111.9 ^{**}

[†] + and - means application of phospho-gypsum fertilizer(3,000 kg ha⁻¹) and non-application of phospho-gypsum fertilizer at paddy field before rice transplanting.

* and ** means significant at 5% and 1% levels by t-test, respectively.

Table 3. Yield and yield components of paddy rice as affected by phospho-gypsum fertilizer(PGF) application.

Site	PGF [†]	No. of grains m ²	Ripening ratio %	Brown rice yield kg 10a ⁻¹	Harvest index
Goheung	-	400.58	68.0	624	100
	+	383.13	81.0 ^{**}	656 [†]	105 ^{ns}
Youngam	-	173.67	81.8	720	100
	+	197.67 ^{**}	90.6 [†]	810 ^{**}	113 [*]

[†] Refer to Table 2.

* and ** means significant at 5% and 1% levels by t-test, respectively.

것으로 보고하고 있다. Table 4와 같이 현미의 단백질, 아밀로오스 및 지방산 함량을 살펴본 결과, 부산석고비료 처리구와 무처리구에서 아밀로오스와 지방산은 유사하게 나타나 미질에 미치는 부산석고비료처리 영향은 적은 것으로 판단된다. 한편 현미 중 단백질 함량이 부산석고비료 처리구에서 상대적으로 높아진 것으로 나타났는데, 이는 부산석고비료 성분중 유효황 성분으로 인하여 황을 함유하는 아미노산 성분의 증가에 의한 것으로 판단된다.

토양의 화학성 변화 두지역의 부산석고비료 처리 유무에 따른 토양 화학적 특성 변화에 대해 5월부터 8월까지 경시적으로 조사한 결과를 Table 5에 나타내었다. 토양산도(pH)는 고흥, 영암지역 토양이 6.5~7.5 범위였고, 6월 13일 조사시까지 부산석고비료 처리구에서 다소 낮은 경향을 보였으나 두 지역 간에 큰 차이를 보이지 않았다. 전기전도도(EC)는 영암지역 간

척지의 후반부 조사결과를 제외하고 부산석고비료 무처리구에 비해 처리구가 높게 나타났으며, 특히 고흥 지역은 간척 초기인 영암지역에 비해서 다소 많은 차이를 보이는데 관개수질 차이와 간척년수가 10년이상 경과되어 제염이 상당히 진행된 결과에 기인하는 것으로 해석된다. 또한 영암의 경우는 부산석고비료 처리 여부에 따라 EC값이 큰 차이를 보이지 않는 것은 관개수원으로 EC가 비교적 높은 영산강 물을 관개수로 사용하고 있기 때문으로 판단되었고, Chauhan and Chauhan (1984)의 실험결과에서는 논토양에 석고를 사용할 경우 염류농도의 증가를 우려하고 있으나 영암지역과 같은 간척 초기의 논 토양에 처리할 경우는 EC상승 문제가 거의 없는 것으로 나타났다. 유효황(Av-S)과 치환성 Ca 함량은 고흥, 영암지역의 무처리구에 비해 부산석고비료 처리구에서 높은 경향을 보였다. 한편 치환성 Na함량의 경시적인 변화를 살펴보면 전체적으로 벼 생육이 진행됨에 따라 감소

Table 4. Dissolved chemical components of brown rice as affected by phospho-gypsum fertilizer(PGF) application.

Site	PGF [†]	Protein ----- % -----	Amylose	Fatty acid
Goheung	-	7.7	18.4	14.0
	+	7.8	18.4	14.3
Youngam	-	7.1	18.3	14.0
	+	7.7	18.4	14.0

[†] Refer to Table 2.

하는 경향이었으며, 고흥지역은 생육 초반부에 영암은 생육 중반부에 현저하게 감소되는 것으로 나타나, 두 지역의 전반적인 치환성 Na 함량이 영암지역에서 훨씬 높게 유지되고 있는데 이것은 간척년도의 차이에 기인하는 것으로 해석된다.

간척지의 부산석고비료 처리 유무에 따른 ESP와 SAR의 변화를 경시적으로 살펴보았다(Table 6). 먼저 치환성 Na의 비율(ESP)은 전반적으로 부산석고비료를 처리할 경우 낮아지는 경향을 보였으며, 조사 시기에 따라 상당한 차이를 나타내는 경우가 있으나 고흥의 경우에 담수초기인 두 지역간의 차이는 충분한 관개수량 확보여부에 기인하는 것으로 판단된다. SAR의 경우는 두 지역 모두 부산석고비료 처리구에서 현저하게 낮아짐을 보였고, 두 지역을 비교할 때 영암지역의 SAR값이 고흥 지역(간척년수 : 21년)에 비해 높은 값을 나타낸 것은 영암지역의 간척년수(17년)가 짧아 제염도가 낮은 것에 기인한 것으로 해석되며, 간척지 토양의 석고처리 효과실험들에서 ESP

와 SAR값이 낮아진다는 기존의 연구보고(Jeong et al., 1985; RDA, 2002)와 같은 결과를 보이고 있다.

이상과 같이 부산석고비료를 간척지 논에 처리함으로써 특정성분들의 증가와 감소 현상은 부산석고 중 SO_4 가 논에 유입되어 유효황의 함량이 상승하게 되고, 치환성 Ca과 Na은 부산석고비료를 시용함으로써 CaSO_4 중 Ca성분이 용출되어 토양입자에 흡착되어 있는 Na와 치환되고, 치환되어 해리된 Na는 석고중의 SO_4^{2-} 와 결합되어 Na_2SO_4 로 된 다음 배수와 함께 용탈됨으로서 경토층의 염분이 제거되기 때문에 Ca은 높아지고 Na은 낮아져서 양호한 벼 생육을 가능하게 한다고 일반적으로 해석하고 있다. 간척지 제염에 관련된 연구에서 석고시용은 간척지 초기제염 촉진에 효과가 큰 것으로 보고된 바 있다 (Hwang et al., 1983). 본 연구에서는 부산석고비료 시용후 토양 중 Ca 함량이 증가하고 Na 함량은 감소하는 결과를 얻었으며 이는 남양간척지에서 수행된 연구결과(RDA, 2002)와 동일하였다. 또한 간척지 숙답화에 관

Table 5. Change of physicochemical properties as affected by phospho-gypsum fertilizer (PGF) application in reclaimed paddy soil.

	PGF [†]	Goheung					Youngam				
		25 May	13 Jun	5 July	29 July	21 Aug	26 May	14 Jun	30 Jun	30 July	21 Aug
pH	-	7.30	7.18	6.99	7.09	6.46	6.92	7.04	7.21	6.79	7.41
(1:5, H ₂ O)	+	7.01	6.72	7.08	7.33	6.12	6.95	6.80	7.33	6.65	6.91
EC	-	0.96	0.34	0.40	0.56	0.43	0.83	0.72	0.45	0.74	0.68
(dS m ⁻¹)	+	0.78	0.86	0.64	0.69	0.72	0.96	0.76	0.61	0.56	0.61
Av-S	-	30.22	34.49	33.43	33.54	22.97	9.12	8.25	4.45	8.02	1.48
(mg kg ⁻¹)	+	36.37	36.56	35.04	40.11	40.66	14.81	11.12	5.47	9.01	3.08
O.M.	-	5.4	18.3	19.1	18.1	17.3	14.1	14.6	12.1	7.8	15.8
(g kg ⁻¹)	+	5.4	18.6	20.2	24.3	19.9	12.6	5.7	9.7	14.0	15.8
P ₂ O ₅	-	18.63	1.98	146.2	1.98	100.6	0.38	0.32	4.63	30.16	33.53
(mg kg ⁻¹)	+	16.57	1.65	178.8	1.65	144.18	0.36	0.31	4.66	28.82	44.21
SiO ₂	-	163.8	112.5	165.6	115.2	94.74	261.8	236.3	299.4	190.7	124.9
(mg kg ⁻¹)	+	180.0	120.6	140.9	121.4	82.45	285.3	256.9	330.2	187.4	100.4
T-N	-	0.01	0.13	0.02	0.01	0.13	0.09	0.09	0.08	0.12	0.14
(g kg ⁻¹)	+	0.06	0.14	0.02	0.00	0.15	0.10	0.10	0.11	0.19	0.07
K	-	1.17	0.89	0.96	0.91	0.70	1.56	1.50	1.24	1.40	1.29
(cmolc kg ⁻¹)	+	1.20	0.95	0.93	0.85	0.73	1.53	1.56	1.83	1.24	1.40
Ca	-	2.81	4.21	6.00	5.30	3.89	3.20	3.68	7.93	4.20	4.57
(cmolc kg ⁻¹)	+	3.20	5.44	6.45	7.05	5.60	4.37	4.02	10.43	4.73	3.78
Mg	-	3.14	2.96	3.52	3.54	3.24	4.78	4.74	6.49	5.71	4.91
(cmolc kg ⁻¹)	+	2.94	2.76	3.13	3.15	2.90	4.65	4.59	4.03	5.36	4.76
Na	-	4.07	1.28	1.80	2.13	1.84	4.16	3.32	4.94	3.84	3.55
(cmolc kg ⁻¹)	+	3.58	1.78	1.39	1.96	1.99	3.88	3.43	3.95	3.14	3.65
CEC	-	7.05	9.49	6.94	6.95	6.97	14.72	13.69	11.54	6.91	7.03
(cmolc kg ⁻¹)	+	7.12	11.81	6.98	7.01	7.00	15.31	14.33	12.01	6.92	7.00

[†] Refer to Table 2.

Table 6. Variation of ESP and SAR as affected by phospho-gypsum fertilizer(PGF) application in reclaimed paddy soil.

PGF [†]	Goheung					Youngam					
	25 May	13 Jun	5 July	29 July	21 Aug	26 May	14 Jun	30 Jun	30 July	21 Aug	
ESP	-	57.79	25.04	25.87	30.59	28.39	28.25	24.27	24.10	52.62	50.47
(%)	+	50.32	23.51	19.87	27.91	26.45	25.32	23.93	21.50	45.36	52.17
SAR	-	2.33	1.56	1.62	1.68	1.72	2.39	2.31	2.53	2.57	2.26
	+	1.82	0.63	0.82	0.94	0.89	1.96	1.60	1.68	1.71	1.72

[†] Refer to Table 2.

련되는 연구결과(Oh and Park, 1992)와 농촌진흥청에 서는 간척지에 석고시용을 권장하고 있다(RDA, 2002).

벼 식물체 분석 결과 식물체 분석결과를 살펴보면 Table 7과 같이 부산석고비료의 Ca이 간척지 토양의 Na과 치환되어 조사지역 처리구의 CaO > MgO > K₂O의 순서로 흡수가 많아졌으며, 그 결과 환경적응성 향상으로 인하여 각각의 부산석고비료 처리시험지에서 5%와 13%의 수량증가를 보인 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 Choi et al.(1991)의 시험결과 고농도 염분구에서 식물체 중 K₂O함량은 낮아졌으나 CaO와 MgO의 함량은 높아졌다는 보고와 같은 경향을 보였다.

요 약

간척지 논에 대한 부산석고비료 처리 효과 구명을 위하여 고흥과 영암 지역의 간척지 시범포를 대상으로 부산석고비료를 처리하여 벼의 수량, 생육 및 벼의 성분함량과 간척지 논외 토양특성에 대해 조사하였다.

출수기의 벼 초장과 주당경수는 고흥지역의 경우는 차이를 보이지 않았으나 영암지역은 초장이 111.9 cm로 무처리구보다 6.7 cm 길어 고도로 유의한 차이를 보였다.

주당경수는 처리구가 9.1개, 무처리구가 8.0개로 석

고처리구가 1.1개 높게 나타났다. 부산 석고처리 유무 별 벼 수량 및 성분함량은 조사지역 두 곳 모두 무처리구에 비해 처리구가 좋게 나타났다. 수량지수는 석고 처리구가 무처리구에 비해 고흥지역이 5%, 영암지역이 13% 증수되었다. 수수는 고흥지역의 무처리구가 400개 m⁻²로 처리구 보다 많지만 등숙률이 처리구에서 81%, 무처리구는 68%로 처리구에서 높게 나타났다. 미질의 성분인 단백질, 아밀로오스 및 지방산의 함량은 부산석고비료 처리구가 무처리구에 비해 높게 나타났다.

토양의 화학적 특성은 두 지역 모두 pH, EC, Av-S, Ca가 무처리구에 비해 부산석고비료 처리구에서 높게 나타났으며, 반면, 토양 중 치환성 Na는 부산석고비료 처리구가 무처리구에 비해 고흥지역 18%, 영암지역 28%로 낮아짐을 보였고, 부산석고비료를 처리함으로써 ESP와 SAR이 낮아졌다. 식물체 분석 결과 석고 처리구에서 CaO > MgO > K₂O의 순서로 흡수가 많아졌다.

인 용 문 헌

Chauhan, C.P.S., and R.P.S. Chauhan. 1984. Distribution of soluble carbonate plus bicarbonate to the gypsum requirement of soil. Soil Sci. 137:149-152.
 Choi, S.Y., J.K. Kim, J.K. Kang, J.D. So, and C.H. Rhu. 1991. Studies on physical properties in reclaimed paddy soil. p.1161-1169. In Annual research report. Honam Agricultural Research Institute, NICS, Iksan, Korea.

Table 7. Chemical property of rice leaves at the harvesting stage as affected by phospho-gypsum fertilizer(PGF) application in reclaimed paddy field.

Site	PGF [†]	K ₂ O CaO MgO		
		----- mg kg ⁻¹ -----		
Goheung	-	3,779	786.2	595.0
	+	4,220	921.8	628.4
Youngam	-	5,054	521.0	514.0
	+	5,300	629.6	595.8

[†] Refer to Table 2.

- Flanagan, D.C., L.D. Norton, and I. Shainberg. 1997. Effects of wayer chemistry and soil amendments on a Silt Loam soil. Part 1:Infiltration and runoff. Transactions of the ASAE. 40:1549-1554.
- Hwang, S.W., C.S. Lee, Y.J. Lee, H.K. Kwak, and N.J. Park. 1990. The Influences of Rice Straw and Gypsum Applied to a Saline Soil on the Growth Status of rice Seedlings when Flooded Direct Sowing. Korean J. Soil Sci. Fert. 23:34-39.
- Hwang, S.U., J.H. Yun, K.S. Hwang, and Y.H. Park. 1983. Effect of gypsum applied to a saline soil. p.505-521. In Annual research report. NIAST, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Jeong, Y.G., H.S. HA, and Y.C. Ju. 1985. Influence of electric conductivity and inorganic salts on the growth of rice in saline soil. 2. Changes in electric conductivity, pH, and cation with application of lime materials and rice straw. Reserch Report RDA(PM&U), 27:23-33.
- Miller, R.W., and R.L. Donahue. 1998. Salt-affected soils and their reclamation IN : Soils. p. 308-340. Prentice-Hall. USA.
- Oh, W.K. 1990. Liming materials and desalinization of marine originated tidal soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 23:107-113.
- Oh, W.K., and J.K. Park. 1992, Fertilization and paddy field soil for high yield of rice. Assoc. for Potash Res. p.279-288.
- RDA. 1988. Methods of soil chemical analysis. NIAST, Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 1995. Standard Method for Agricultural Experiments. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2002. Korea Agriculture on Reclaimed Lands. Honam Agricultural Research Institute, NICS, Iksan, Korea.
- Reeve., R.C. 1998. Reclaiming salty soil. In Soils(Miller, R.W., and Ray L. Donahue, ed.) Prentice-Hall, p.327.
- Ritchey, K.D., R.B Clak, M.A. Elrashidi, and V.C. Baligar. 2000. Properties and Examples of Beneficial Use Gypsumlike By-products. p537-565. In : Shainberg, J.M., I.M.E. Summer, W.P. Miller M.P.W. Farina M.A Pavan, and M.V. Fey. 1989. Use of Gypsum on Soil. Science. 9:1-111.
- Zhang, X.C., and W.P. Miller. 1996. Physical and Chemical Crusting Processes Affecting Runoff and Erosion in Furrows. Soil Sci. Soc. Am. J. 60:860-865.