

계화간척지 논토양의 물리화학적 특성 및 영농실태

류철현* · 양창휴 · 김택겸 · 유진희 · 정지호 · 강승원¹ · 김재덕 · 정광용

호남농업연구소, ¹작물과학원

Physico-Chemical Properties of Paddy Soil and Actual Farming Conditions in Gyehwa Reclaimed Tidal Land

Chul-Hyun Yoo,* Chang-Hyu Yang, Taek-Kyum Kim, Jin-Hee Ryu, Ji-Ho Jung, Seung-Weon Kang¹, Jae-Duk Kim, and Kwang-Yung Jung

Honam Agricultural Research Institute, RDA, Iksan 570-080, Korea

¹National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-100, Korea

In order to establish the fertilization and soil management method in Gyehwa reclaimed tidal land, we investigated soil property and actual farming condition. Soil properties of 100 field paddy soil and farming surveys of 177 farm households were conducted. Average of effective soil depth was 17.8 cm, which was very smaller than the optimum level 50 cm. The hardness and bulk density of subsoil were 12.40 kg cm⁻² and 1.59 g cm⁻³, respectively. These results showed that soil physical condition of Gyehwa reclaimed tidal land was very poor. Soil salinity ranged from 0.03 to 0.12‰, and average of pH was 6.0, which implied that desalinization of Gyehwa reclaimed tidal land was progressed. However, soil nutrients in Gyehwa reclaimed tidal land were very unbalanced conditions as following, available phosphate 58 mg kg⁻¹, available silicate 85 mg kg⁻¹, cation exchangeable capacity 7.4 cmolc kg⁻¹ and organic matter 8.6 g kg⁻¹. On the farm household in Gyehwa reclaimed tidal land, fertilization amounts were 200-54-61(N-P₂O₅-K₂O) kg ha⁻¹. They mainly practiced spring tillage(84%) rather than autumn tillage(16%), and only 14% of them applied rice straw annually in the paddy soil.

Key Words : Gyehwa polder land, Soil physico-chemical properties, Fertilization and soil management, Farming conditions

서 언

우리나라 농경지는 경제성장과 도시화·산업화에 따라 양질의 농경지가 감소하고 밭보다 논 면적이 크게 감소추세에 있으며 감소하는 농경지를 확대하기 위한 대안 중 하나가 간척지이다. 이러한 간척사업이 완료 되면 전국의 총간척지 논면적(156.6 천ha)의 83.8%가 호남지역에 분포하게 된다(KARICO, 2001). 간척지의 조기 숙답화에 대한 연구는 농촌진흥청 호남농업연구소 식물환경과에서 주로 추진되고 있다. 간척지 토양의 작물재배상 문제점은 간척초기에 염농도가 높고 지하수위가 높으며 토양물리화학적 특성이 불량하여 작물 생육에 지장을 초래한다는 점이다. 그러나 경작년수의 경과에 따라 관배수에 의한 소다, 고토, 가리 등 염분의 함량과 염기포화도 등이 감소되어 제염화가 되고,

지하수위의 저하와 함께 토양 수직배수도 점차 양호해짐에 따라 토양구조 발달 등의 물리성 속성이 진행 된다(Back et al., 1984; Jeong, 1984; Kawashima et al., 1940; Yoneda, 1958). 이러한 토양생성 작용의 속도는 간척지구별로 토양환경에 따라 크게 다르며, 특히 사질계토양의 경우 토층의 경화로 수년간 이양작업이 곤란하거나 불가능한 토양도 있다. 이렇듯 간척초기에 영농에 문제점을 갖고 있는 사토 내지 사양토 토양이 전국 분포면적의 72.9%가 전북의 해안에 분포하고 있다(ASI, 1992). 계화간척지는 1968년에 방조제가 완공되어(MAF, 1974) 2000년 조사당시 간척연대가 33년된 간척지구로 문포, 염포, 광활 등 3개의 토양통으로 이루어져 있으며, 문포통과 염포통은 세사양토이고, 광활통은 미사질양토로서 이들 3개 토양통 모두 조립질 토양으로 볼 수 있다.

이러한 조립질 토양은 토양관리가 용이하므로 수도작 뿐만 아니라 밭작물의 도입도 가능한 답전유환 대상지로 이용할 수 있어 계화간척지 논토양에 대하여

접수 : 2006. 9. 25 수리 : 2007. 1. 10
*연락처 : Phone: +82638402271,
E-mail: ych1950@rda.go.kr

토양의 물리화학적 특성과 영농실태를 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2000년~2001년까지 2개년간 전북 부안군 소재 계화간척지 논토양 2,483 ha에 대하여 토양물리화학적 분석 및 영농실태 설문조사를 실시하였다 (Table 1).

토양 물리성 중 용적밀도, 공극률, 3상 분포는 Core 법, 경도는 SR-II형 토양저항기 (CSPPMM, 1982)로 측정하였다. 지하수위는 토양채취기로 120 cm까지 수직으로 파낸 다음 직경 1.5 cm, 길이 150 cm의 PVC 파이프 (PVC 하단에 15개의 구멍을 만든 다음 한냉사로 피복)를 매설한 다음 지하수위측정기 (Qualitätsbandmass, stewe, Germany)를 이용하여 계절별 지하수위를 측정하였으며 50 ml 주사기를 이용하여 매설된 PVC 파이프에 채워진 지하수를 채취하였다. 토양 시료는 필지당 6지점의 토양을 채취한 후 혼합하여 분석하였으며, 작토는 0~15 cm, 심토는 15~30 cm 깊이의 토양을 채취하였다. 영농실태 설문조사는 현지 농가를 대상으로 시비량 및 수량, 경운시기, 벼짓 사용형태 등에 대하여 조사하였다. 토양 염농도, pH, 유기물, 유효인산, 유효규산, 치환성양이온 및 양이온 치환용량 등은 농촌진흥청 토양화학분석법을 이용하였다 (NIAST, 2000). 치환성나트륨률 (ESP : Exchangeable sodium percentage)은 $Na/CEC \times 100$ 으로 하여 계산하였다.

결과 및 고찰

토양 및 지하수 중 염농도 간척년대가 33년된 계화간척지 논토양의 염농도는 Table 2와 같았다. 토양 중 평균 염농도는 표토 및 심토에서 모두 0.06%로 벼 재배가능 한계농도인 0.3%보다 월등히 낮은 것으로

나타났다. 3개 토양통 중 광활통에서 표토 0.09%, 심토 0.12%로 가장 높은 염농도를 나타냈으며, 이로 볼 때 계화 간척지 논토양은 제염이 거의 완료된 논토양이라 할 수 있다. Yoo et al.(1989)는 계화간척지의 간척연대가 20년을 경과한 1988년 조사에서 문포통의 토양 염농도는 지대가 낮은 필지를 제외하고는 벼재배가 가능한 수준이었다고 보고하였으며, NHAES (2000)는 염해답 중 문포통과 염포통의 제염기간이 가장 짧았다고 보고하였다. 이와 같이 제염화된 간척지 토양에서는 발작물의 재배가 가능하다. 실제 계화간척지에서 염농도가 0.4% 수준이었을 때 답리작으로 사료작물, 맥류, 유채, 원예작물 등을 재배한 결과 사료작물의 경우 이탈리아라이그라스가 가장 양호하게 재배되었으며, 맥류, 유채 등은 토양관리만 잘하면 재배가 가능하였고 원예작물인 시금치, 딸기 등은 생육이 매우 불량하였다는 보고가 있다 (NHAES, 1986 ;

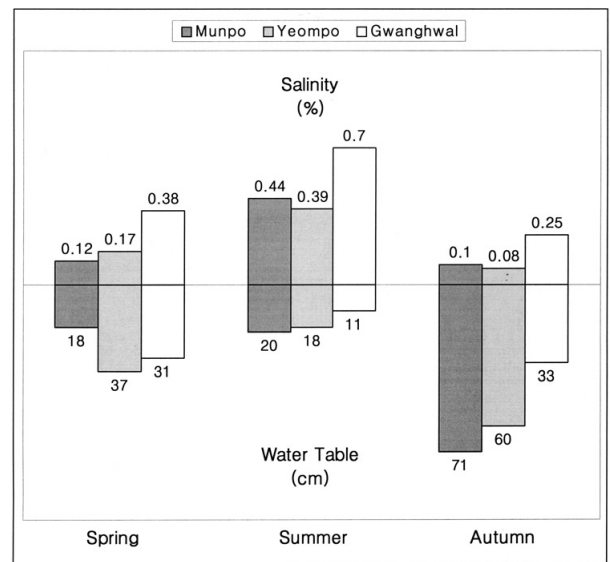


Fig. 1. Salinity of groundwater and water table of each soil series in Gyehwa reclaimed tidal land.

Table 1. Sampling region for investigating of soil physico-chemical properties and actual farming condition.

Series	Area (ha)	Analysis and investigation lots			Farm question survey
		Soil physical property	Water table	Soil chemical property	
Munpo	1,498	27	18	50	177
Yeompo	480	15	7	30	
Gwanghwal	510	10	5	20	
Total	2,483	52	30	10	177

Table 2. Salinity of each soil series in Gyehwa reclaimed tidal land.

(Unit : %)

	Soil series of Gyehwa polder land			Average
	Munpo	Yeompo	Gwanghwal	
Surface soil	0.05	0.03	0.09	0.06
Subsoil	0.05	0.03	0.12	0.06

NHAES, 1995). 현재는 이모작으로 보리재배만 하고 있으나 습해방지를 위하여 높은 휴고설치와 배수관리 등을 통해 앞으로 고소득 밭작물의 도입 등 윤환재배가 가능할 것으로 생각된다.

계화간척지 논외 지하수위 및 지하수의 염농도는 Fig. 1과 같았다. 3개 토양통의 연평균 지하수위는 33.2 cm이었으며, 계절별로 보면 벼재배 기간인 여름에 16.3 cm로 가장 높았고 봄 28.6 cm, 가을 54.6 cm의 지하수위로 나타났다. 지하수의 염농도는 연평균 0.28%였으며 그중 지하수위가 가장 높았던 여름철의 염농도가 0.51%로 가장 높았다. 특히 광활통의 경우 염농도가 0.70%로 나타나 이들 논토양에서는 한발시에 관개수가 부족할 경우 염피해가 우려된다.

토양물리성 계화간척지 논토양의 물리성은 Table 3과 같았다. 유효토심은 평균 17.8 cm로 적정치인 50 cm이상(NACF, 2000)보다 매우 얇았고 심토의 경도는 평균 12.40 kg cm⁻²로 벼 뿌리가 신장하기에 지장을 받을 정도의 경도를 보였다. 또한 용적밀도와 고상률이 높고 공극률과 기상률이 매우 낮아 작물의 생육에 지장을 받을 것으로 생각된다. 특히 계화간척지 논토양은 유효토심이 얇은 것이 가장 큰 문제점이라고 볼 수 있다. 이와 같이 유효토심이 얇은 토양을 개량하기 위해서는 추경시 벧짚, 보리짚 등의 조대유기물을 시용하거나 산적토를 객토하는 등의 방법이 유효할 것으로 생각된다. Yoo et al. (1993)는 계화간척지의 문포통에서 객토를 880 Mg ha⁻¹하였을 때 점토함량이 표토 및 심토에서 각각 4.9 및 7.9%가 증가되었고 작토심이 깊어졌으며 토양물리성이 개선되어 쌀수량도 관행 대비 97% 증가되었다고 보고하였다.

토양화학성 계화간척지 논토양 중 ESP는 Fig. 2와 같았다. ESP는 광활통>문포통>염포통 순으로 나타났다. 간척지는 알칼리성 토양이며 치환성 Na, Mg 및

K의 함량이 높은 반면 Ca함량이 부족하여 ESP가 높으므로 이들의 성분을 균형적으로 조절할 필요가 있다. 그러나 토양의 ESP가 50%를 넘으면 수도의 수량 감소가 38%나 되며 (Pearson and Ayers, 1960) 수도의 안전재배를 위해서는 10%선으로 유지되어야 한다는 보고 (Takkar and Singh, 1978)가 있다. 계화간척지 논토양에서는 광활통의 표토 및 심토에서 각각 17.3%와 25.5%로 약간 높게 나타나 ESP를 조절할 필요가 있다.

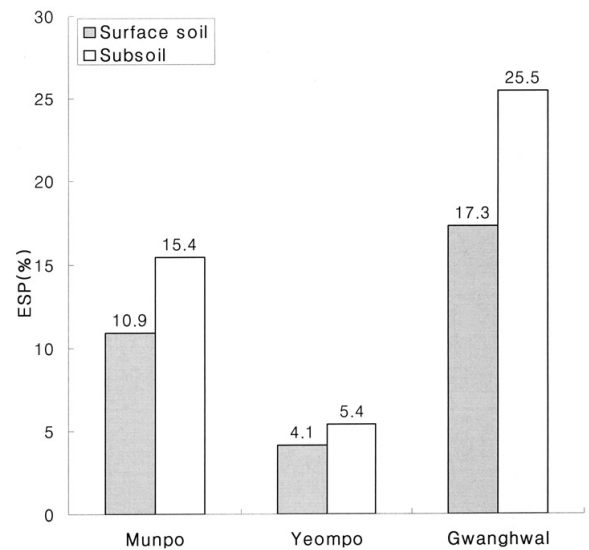


Fig. 2. Exchangeable sodium percentage(ESP) of each soil series in Gyeonha reclaimed tidal land.

토양화학성은 Table 4와 같았다. 계화간척지 논토양의 평균 pH는 작토에서 6.0, 심토에서 6.4로 전국 논 평균값 5.7 (NIAST, 1999)보다 높았다. 지력을 대표하는 가장 중요한 지표인 유기물함량은 전국 평균값 (NIAST, 1999)보다 월등히 낮은 것으로 나타났다. 유기물 함량이 이렇게 낮은 것은 매년 가을에 벧짚이나

Table 3. Soil physical property of each soil series in Gyeonha reclaimed tidal land.

Soil series	Effective soil depth cm	Hardness kg cm ⁻²	Bulk density g cm ⁻³	Porosity %	3 phase distribution		
					Solid	Liquid	Gaseous
Munpo	18.0	2.42 [†] (13.04) [‡]	1.210 (1.567)	54.3 (40.9)	45.7 (59.1)	44.0 (37.7)	10.3 (3.2)
Yeompo	17.8	2.53 (11.40)	1.264 (1.547)	52.3 (41.6)	47.7 (58.4)	43.3 (38.4)	9.0 (3.2)
Gwanghwal	17.5	2.93 (12.82)	1.254 (1.649)	52.8 (37.6)	17.3 (62.2)	41.9 (33.6)	10.8 (4.2)
Average	17.8	2.60 (12.40)	1.243 (1.588)	53.1 (40.0)	46.9 (59.9)	43.1 (36.6)	10.0 (3.5)

[†]: Surface soil, [‡]: Subsoil

보릿짚 등의 유기물을 사용하고 깊이갈이를 해야 하지만, 벼짚의 조사료 등의 판매 혹은 경운작업 편이를 위한 벼짚 소각 등의 이유로 유기물의 사용을 기피하기 때문인 것으로 생각된다. 인산함량도 적정값 (NACF, 2000) 보다 42 mg kg^{-1} 정도 낮았고 전국 평균값 (NIAST, 1999) 보다 78 mg kg^{-1} 나 낮았다. 규산함량 역시 85 mg kg^{-1} 으로 적정값 보다 45 mg kg^{-1} 정도 낮았다. 현재 규산질비료는 4년 주기로 농가에 공급하고 있다. 그러나 계화간척지 논토양을 적정값인 130 mg kg^{-1} 까지 올리기 위해서는 ha당 1,710 kg의 규산질비료가 필요하며 이것을 단 한번의 사용으로 올리기에는 규산생산량 등의 문제점이 있기 때문에 적정값까지 올리기 위해서는 규산질 비료 사용 주기를 4년 주기에서 3년 주기로 하는 것이 타당할 것으로 생각된다. 또한 현재 계화간척지 대부분의 농가에서 토양 유기물과 규산의 근원인 벼짚사용을 기피하는 것도 이러한 양분의 부족을 일으키는 문제점이라 할 수 있다. 칼리함량은 적정값과 유사하였으나 그에 비해 석회함량이 절반에 불과하여 석회의 사용도 필요하다.

농가의 영농실태 계화간척지 논에서 벼를 재배하는 농가 177호를 대상으로 영농실태를 설문조사한 결과는 Table 5와 같았다. 시비량 ($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$)은 200-54-61 kg ha^{-1} 로써 염해답에 맞는 표준시비량 (RDA,

1998)에 따라 사용하고 있었다. 토양관리에 있어서 벼 재배시 추경을 하는 농가가 16%였으며 나머지 84%는 춘경을 하고 있었고 벼짚사용 주기는 매년사용이 14%, 격년사용이 21%로 대부분의 농가가 벼짚사용을 하지 않고 있었다. Yamamoto et al. (1997)는 카사오카 간척지의 토양개량을 위한 연구에서 벼짚퇴비 등 여러 유기물의 사용이 토양의 지력을 향상시키고 물리성을 개선하라고 보고하였다. 이렇듯 토양형성이 미숙한 간척지 토양의 개량 및 유지를 위해서는 유기물의 사용이 중요하므로 벼짚의 매년사용이 행하여져야 한다. 계화지역 농가의 ha당 쌀수량은 5.15 Mg ha^{-1} 으로 호남농업시험장 계화출장소 작황수량 (NHAES, 2000)과 비슷하였으며, 이는 2000년도 전국 쌀수량 4.93 Mg ha^{-1} , 전북 쌀수량 5.18 Mg ha^{-1} 의 수준을 비교했을 때 일반 논에서 생산되는 수량 차이가 없다고 볼 수 있다 (MAF 2004). 그러나 최근에 친환경, 고품질 쌀에 대한 관심이 높아지고 있으므로 간척지 고품질 쌀생산을 위해서는 고품질의 품종 재배와 함께 적절한 토양개량과 재배방법이 선행되어야 할 것으로 생각된다.

적 요

계화간척지의 간척지구별 숙답화에 따른 토양특성을 구명하여 시비 및 토양관리계획을 수립하고자 논

Table 4. Soil chemical property of each soil series in Gyehwa reclaimed tidal land.

Series	pH (1:5)	OM	P ₂ O ₅	SiO ₂	Exchangeable cation			CEC
					K	Ca	Mg	
		g kg ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----		----- cmolc kg ⁻¹ -----			
Munpo	6.1 [†] (6.4) [‡]	10.6 (9.6)	58 (53)	98 (96)	0.32 (0.39)	2.8 (2.8)	2.5 (3.0)	6.6 (6.6)
Yeompo	5.8 (6.3)	6.2 (5.3)	52 (41)	77 (77)	0.25 (0.29)	2.6 (2.6)	2.1 (2.4)	7.3 (7.2)
Gwanghwal	6.0 (6.6)	8.9 (6.7)	64 (59)	80 (101)	0.48 (0.61)	3.0 (2.6)	3.1 (3.5)	8.2 (7.8)
Average	6.0 (6.4)	8.6 (7.2)	58 (51)	85 (91)	0.35 (0.43)	2.8 (2.6)	2.6 (3.0)	7.4 (7.2)

[†] : Surface soil, [‡] : Subsoil

Table 5. Actual farming condition in Gyehwa reclaimed tidal land.

Plowing method	Application cycle of rice straw	Amount of applied fertilizer			Yield of milled rice	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
	----- % -----	----- kg ha ⁻¹ -----			Mg ha ⁻¹	
Fall plowing	16 Annual	14			Munpo 5.11	
Spring plowing	84 Biennial	21	200	54	61	Yeompo 5.18
	Triennial	34				Gwanghwal 5.16
	Above triennial	31				Average 5.15

토양 100필지의 토양특성과 177농가에 대한 영농실문을 조사·분석한 결과 유효토심은 17.8 cm로 적정값(50 cm 이상)에 비하여 크게 미달되었으며 특히 심토의 경우 토양경도 12.40 kg cm^{-2} , 용적밀도 1.59 g cm^{-3} 로 매우 높아 토양의 물리성이 불량하였다. 토양의 염농도는 0.03~0.12%로 거의 제염이 되었으며, 작토의 pH는 6.0, 유기물함량은 8.6 g kg^{-1} , 유효 인산 및 규산은 각각 58과 85 mg kg^{-1} , CEC는 7.4 cmol kg^{-1} , ESP는 10.3%로 나타나 토양 중 양분의 불균형 현상이 나타났다. 또한 계화간척지 논에서 벼재배시 농가의 시비량(N-P₂O₅-K₂O, kg ha^{-1})은 200-54-61이었으며 경운시기는 84%가 춘경을 하였으며 벼 재배시 벼짚을 매년 사용하는 농가는 14%에 불과하였다.

인 용 문 헌

- ASI(Agricultural Science Institute). 1992. Soil introduction of Korea. Data of soil investigation 13.
- Back, C.O., H. Jung and J.H. Jung. 1984. The report of the present condition on desalinization of unfinished polder land. Agricultural development company.
- CSPPMM(Committee of Soil Physical Property Measurement Method). 1982. soil physical property measurement method. Yan Hyun Dang:313-316.
- Jeong, Y.G. 1984. The influence of electric conductivity and inorganic salts on the growth of rice in saline soils. Res. Rept. ORD 26-2(C):48-60.
- Kawashima R., M. Nagata, and G.I. Suyama. 1940. On the enclosed and reclaimed marsh soil on the coast of Kyushu. J. Japan. Soc. soil Sci. Fert. 14:547-554.
- KARICO(Korea Agricultural and Rural Infrastructure COporation). 2001. A review of promotion reclamation of tidal land.
- MAF(Ministry of Agriculture & Forestry). 2004. The statistics yearbook of agriculture forestry.
- MAF(Ministry of Agriculture & Forestry). 1974. Annual report of seadike survey
- NACF(National Agricultural Cooperative Federation). 2000. Soil revival and fertilization technique. No Fertilizer 1-1:63.
- NHAES(National Honam Agricultural Experiment Station). 1986. Studies of improvement use efficiency on arable land in polder land. Experiment research report:647-649.
- NHAES(National Honam Agricultural Experiment Station). 1995. Studies of establishment on cultivation technique of economic crops in polder land. Experiment research report:720-721.
- NHAES(National Honam Agricultural Experiment Station). 2000. Changes of mature paddy field and soil characteristics in polder land on polder years. Experiment research report.
- NISAT(National Institute of Agricultural Science and Technology). 1999. The report of monitoring agriculture environment:10.
- NIAS(TNational Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Soil and analysis method of plant body.
- Pearson, G.A., and A.D. Ayers. 1960. Rice as a crop for salt affected soil in process of reclamation. U. S. Agr. Prod. Res. Rep. 43:139.
- RDA. 1998. Recontrol standard amount of fertilizer on crops.
- Takkar, P.N., and T.S. Singh. 1978. Zinc nutrition of rice as influenced by rates of gypsum and zinc fertilization. Agro. J. 70:447-450.
- Yamamoto, S., M. Yanai, and M. Kumashiro. 1997. Study on the method of soil improvement in the Kasaoka bay polder (3) effect of organic matter plowing for the soil improvement. Annual report of Okayama agriculture experimental institute. 15:1-13.
- Yoneda. 1958. Introduction of soil-fertilizer on polder land. J. Japan. Soc. soil Sci. Fert. 28:416-420.
- Yoo, C.H., G.H. Cho, J.W. Choi, K.H. Park, and Y.H. Kim. 1989. Studies on change of physico-chemical properties due to ripening degrees in the reclaimed tide deposits. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 22:180-190.
- Yoo, C.H., J.G. Kim, S.Y. Choi, G.H. Cho, and S.J. Yoo. 1993. Studies on amelioration of soil physico-chemical properties and rice yield in sandy tidal saline paddy soil. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 26:241-248.