

간척지 논토양의 물리화학적 변동에 관한 연구

양창휴* · 류철현 · 정지호 · 김병수 · 박우균¹ · 유진희 · 김택겸 · 김재덕 · 김성조² · 백승화³

작물과학원 호남농업연구소, ¹농업과학기술원, ²원광대학교 생명환경학부, ³충북과학대학 바이오식품생명과학과

The Change of Physico-Chemical Properties of Paddy Soil in Reclaimed Tidal Land

Chang-Hyu Yang*, Chul-Hyun Yoo, Ji-Ho Jung, Byeong-Su Kim, Woo-Kyun Park¹,
Jin-Hee Ryu, Taek-kyum Kim, Jae-Duk Kim, Seong-Jo Kim², and Seung-Hwa Baek

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

¹National Institute of Agricultural Science Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

²Div. of Life-Environment, College of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

³Dept. of Biofood science & biotechnology, Chungbuk provincial university of science & technology, Okcheon 373-807, Korea

The physico-chemical properties of ten reclaimed saline soils in five soil series of west-south Korea were analyzed according to the years past after reclamation. The soil samples were collected at the same sites two times in 2000 and 2004. The physico-chemical properties in 2000 had been changed in 2004 as follows. Soil salinity was the highest in Podu and desalinization period was the shortest in Munpo and Yeompo. Seasonal ground water level were above 100 cm in all regions that were 30 years old reclaimed tidal land, which was the same results of normal paddy field. In the case of soil physical changes, bulk density increased in fine textured soil (Poseung and Podu) but decreased in coarse textured soil (Gwanghwal, Munpo, and Yeompo). Porosity decreased in fine textured soil(Poseung and Podu) but increased in coarse textured soil. These reason were as follows. Fine textured soil were increased in solid phase but decreased in liquid and gaseous phase. Coarse textured soil, Gwanghwal and Munpo except for Yempe, were increased in gaseous phase but decreased in solid and liquid phase. Yempe that have low water table level were increased in liquid phase but decreased in solid and gaseous phase. Soil hardness increased in 4 soil series except for Munpo. In the case of chemical property changes, although there were more or less difference, it showed decreasing tendencies. Soil pH, the content of organic matter, available phosphate, and available silicate of five soil series were decreased during the four years. The content of exchangeable cation also decreased except for magnesium.

Key words : Reclaimed tidal land, Paddy soil, Physico-chemical properties

서 언

간척지토양에서 작물을 재배할 때 문제점은 간척초기에 염농도 및 지하수위가 높고 토양물리화학성이 불량하여 생육에 지장을 초래한다. 그러나 경작년수의 경과에 따라 관배수에 의한 치환성칼륨, 마그네슘, 나트륨 및 유효규산 함량이 감소되고 염농도와 지하수위 및 염기포화도 저하와 함께 토양수직배수도 점차 양호해짐에 따라 토양구조발달 등 물리성이 개선된다 (Baeg et al., 1984; Jung, 1985; 米田, 1958). 한편 토양물리성 개량으로작물생산력은 증가되지만 토양이

일정기간이 경과하면 투수와 더불어 다량의 규산, 철, 망간, 점토 등이 하층으로 용탈되어 투수성과 통기성을 저하시키고 용적밀도와 경도 등이 증가됨에 따라 퇴화현상을 일으켜 저위생산담의 요인이 되기도 한다 (川口&喜田, 1957; Lee et al., 1979). 우리나라 서, 남 해안에 분포된 간척지의 생성원인은 대부분 수력에 의하여 운반된 모재가 해안평탄지에 축적되었거나 조수의 작용으로 해안이 침식되어 풍화된 모재가 해안을 따라 퇴적되어 하해혼성층적층을 이루기도 하며, 대하천의 하구는 모래함량이 많고 하구에서 멀어 질수록 미세한 토양입자가 많이 분포하고 있다(Kweon, 1974). 우리나라의 간척지 토양은 미국의 표토에 염분이 집적되어 있는 것과는 달리 심토에 염분이 많이 집적되어 있는데 이는 토양구조가 약알칼리토양이 상

접수 : 2007. 11. 20 수리 : 2008. 1. 6

*연락처 : Phone: +82638402272,

E-mail: yang1907@rda.go.kr

당히 발달되어 있기 때문이다(Hur, 1981). 토양생성학적 측면에서 네덜란드 및 일본의 간척지는 간만의 차가 2~3 m 이나 우리나라 간척지는 3~9 m로 커서 토성이나 주요 염생식물이 다르게 나타남을 보고하였다(米田&繁田, 1957; 米田, 1964). 간척지 염분농도의 이동에 있어서 염류농도가 높아지는 원인에 대하여 증발산량이 강수량보다 많은 지역에서는 용탈에 의한 가용성분의 유실양보다 모관상승에 의한 표토 집적양이 많아지고 작물재배 기간 중 시용한 비료성분의 상당량이 표토에 집적되기 때문이라고 하였다(Richard et al., 1956). 간척초기의 NaCl 농도가 5.00 dS m⁻¹이 12년 후에는 0.41 dS m⁻¹로 90% 이상이 제거되었으며, 그 이후에는 20년이 경과되어도 0.36 dS m⁻¹로 되었음을 보고(Kim and Moon, 1972) 하였고, 간척 5~10년 후에 1.56 dS m⁻¹로 낮아졌다는 보고(Chae et al., 1974)가 있다. 토양 포화침출액의 전기전도도와 치환성나트륨율(Exchangeable Sodium Percentage)에 따라 염류토, 염류-알카리토와 비염류-알카리토로 분류하였다(Richard, 1954). 토양구조가 미발달된 신간척지는 수직배수가 불량하여, 특히 식질계토양에서는 연약한 지반을 형성하고 담수상태에서 중형 농기계 사용이 어려운 토양이 있으며, 사질계토양은 토층의 경화로 수년간 이랑작업이 곤란 내지 불가능한 토양도 있음을 제시(Yoo et al., 1986) 하였다. 이와 같이 간척초기 영농에 문제점을 갖고 있는 토양은 사토 내지 사양토의 경우 전국 분포면적 156천 ha 중 72.9%가 전북해안에 분포하고 있으며, 연약지반층을 형성하는 토양은 62천 ha 중 전남해안에 40천 ha가 산재되어 있다(APC, 1984).

우리나라에서 간척년대 및 간척지구별 숙답화 정도에 따라 그 특성을 구명한 연구(Shin, 1972; Noh et al., 1986; Choi et al., 1987; Jung et al., 1987; Hyeon et al., 1990; Yoo et al., 1989, 1990; Park et al., 1991)는 다수 있으나 염해답 분류 연구(Sonn et al., 2006) 및 간척지구별 숙답 정도에 따른 시비관리 설정 및 토양관리 연구(Yoo et al., 2007)는 적은 실정이다. 본 연구는 10개 간척지구의 년차별 염농도, 지하수위 및 토양물리화학적 등 변동양상을 조사 분석하였다.

재료 및 방법

본 시험은 간척 년대별로 염해답으로 분류된 5개 토양통이 산재되어 있는 10개 간척지구에 대하여 토양 염농도, 지하수위 및 토양이화학적 등을 2000년도와 2004년도에 조사 분석하였다. 조사된 간척지구의 위치를 Fig. 1에 나타내었으며 총 조사면적은 13,334 ha 이었다. 조사대상 토양은 5개 토양통으로 포승통은 4개 지구, 포두통은 6개 지구, 문포통과 광활통은

각각 3개지구 그리고 염포통은 2개지구에 대하여 조사 분석하였다. 조사지구별 간척년대는 Table 1과 같으며 방조제 준공일을 기준으로 하였다. 토양물리성은 봄에 조사하였고, 염농도 및 토양화학적은 토양통별 동일지구 3개소씩 시료를 봄에 채취하여 분석하였으며, 지하수위는 봄, 여름, 가을 등 3시기에 측정하였다.

토양물리성 중 용적밀도와 3상은 Core법, 토양경도는 토양경도계(Yamanaka, Japan)를 이용하여 지표경도를 측정하였고, 지하수위는 직경 3cm, 길이 120cm의 PVC 파이프를 매설한 후 지하수위측정기(Qualitätsbandmass, stewe, Germany)를 이용하여 계절별 측정하였다. 토양화학적은 농촌진흥청 토양화학분석법(NIAST, 2000)에 준하여 pH와 EC는 토양포화추출액(1:5)을 초자전극법 및 EC meter(Beckman)로 측정하였으며, 유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 유효규산은 1N-NaOAc(pH 4.5) 침출법, 치환성양이온은 1N-NH₄OAc(pH 7.0)로 침출하여 ICP(Varian Liverty 110, USA)를 이용 분석하였고, CEC는 1N-NH₄OAc(pH 7.0) 용액으로 치환성 NH₄⁺를 포화시켜 Ethyl alcohol로 과잉의 NH₄⁺를 세척 후 증류하여 정량하였다.

토양 중 치환성나트륨율(ESP : Exchangeable Sodium Percentage)은 $Ex. Na/CEC \times 100$ 으로 계산하였다.



Fig. 1. Location of investigation on regions in reclaimed tidal land.

Table 1. The status of reclamation district and year on soil series.

District	Reclamation year	Series	Area (ha)	Region
Nampo	1997	Munpo	488	Boryeong gun nampo myun yanghang ri
Wando	1998	Podu	234	Wando gun wando eub daesin ri
Gangsan	1995	Podu	152	Goheung gun doyang eub yongmun ri
Oma	1966	Podu	704	Goheung gun pungyang myun dodeog ri
Bojeon	1996	Podu Yeompo	213	Jindo gun jisan myun geoje ri
Sopo	1977	Poseung Podu	819	Jindo gun jisan myun gilya ri
Mandeog	1998	Poseung Gwanghwal	258	Gangjin gun doam myun mandeog ri
Hachangman	1969	Poseung Podu	1,590	Goheung gun podu myun namchon ri
Seosan A	1984	Poseung Munpo Gwanghwal	6,376	Seosan gun buseog myun kangdang ri
Gyehwa	1968	Munpo Gwanghwal Yeompo	2,500	Buan gun gyehwa myun gyehwa ri

결과 및 고찰

염농도 및 지하수위 변화 이양 전 토양 염농도는 Fig. 2와 같이 모든 토양에서 간척년대가 경과할수록 낮아지는 경향을 나타냈다. 한편 동일한 토양이라도 간척지구에 따라 상이하였는데 포승통의 경우 간척년대가 7년이 낮은 서산A지구 1.6 dS m⁻¹ 로 소포지구 3.1 dS m⁻¹보다 낮았고, 문포통에서 간척년대가 13년이 낮은 남포지구 0.3 dS m⁻¹에서 서산A지구 2.3 dS m⁻¹보다 염농도가 낮은 것은 지선 및 간선의 깊이에 따라 배수성이 양호하여 제염이 잘 되었기 때문으로 사료된다. 토양별 염농도는 문포통, 광활통, 포승통, 염포통, 포두통 순으로 낮게 나타났다.

계절별 지하수위 변화는 Table 2와 같이 토양 및 간

척지구 모두 100 cm 이상 이었으며 포두통의 보전지구, 문포통의 남포지구에서는 여름과 가을에 약간 높게 나타났으나 남포지구는 제염이 거의 완료되어 일반논과 같은 지하수위를 보였다. 이와 같이 포두통에서 염농도가 높으며 제염이 낮은 것은 점토함량이 높고 공극이 미세하여 흡착력이 높아 투수가 불량한 (Oh et al., 1976) 반면에 광활통, 염포통 및 문포통은 토양입자가 커서 표토의 비표면적이 감소되며 (Hong et al., 1974) 벼 재배연수가 경과할수록 관배수에 의하여 지하수위가 낮아진 것으로 사료된다.

간척지구별 토양 염농도 간척지구별 토양 염농도는 Fig. 3과 같이 큰 경향을 보였다. 2004년도 염농도는 남포, 계화, 서산A, 만덕, 해창만, 소포, 오마, 강

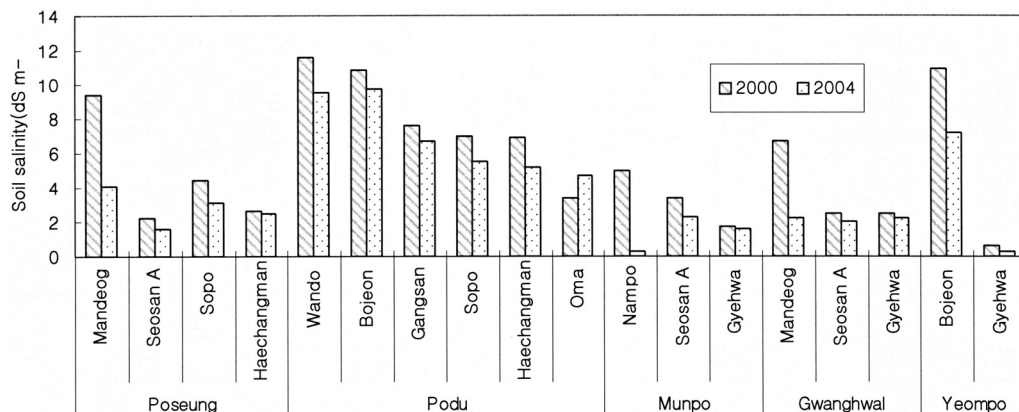


Fig. 2. The change of soil salinity on district and series in reclaimed tidal land.

Table 2. The change of ground water level on district and series in reclaimed tidal land.

Series	District	Ground water level(cm)					
		Spring		Summer		Fall	
		2000	2004	2000	2004	2000	2004
Poseung	Mandeog	100<	100<	100<	100<	100<	100<
	Seosan A	100<	100<	100<	100<	100<	100<
	Sopo	100<	100<	100<	100<	100<	100<
	Haechangman	100<	100<	100<	100<	100<	100<
Podu	Wando	100<	100<	100<	70	100<	88
	Bojeon	100<	100<	45	74	55	89
	Gangsan	91	100<	91	83	100<	100<
	Sopo	100<	100<	100<	82	100<	100<
	Haechangman	100<	100<	100<	100<	100<	100<
	Oma	100<	100<	89	100<	100<	100<
Gwanghwal	Mandeog	100<	100<	100<	100<	100<	100<
	Seosan A	100<	100<	100<	100<	100<	100<
	Gyehwa	100<	100<	100<	100<	100<	100<
Yeompo	Bojeon	100<	100<	100<	100<	100<	78
	Gyehwa	100<	100<	61	60	100<	100<
Munpo	Nampo	85	100<	45	51	96	100<
	Seosan A	100<	100<	100<	100<	100<	100<
	Gyehwa	100<	100<	100<	100<	100<	100<

산, 보전, 완도지구 순으로 낮았다. 2000년에 비하여 2004년도의 제염향상 정도는 만덕지구에서는 4.8 dS m⁻¹가 감소된 반면 오마지구에서는 오히려 1.3 dS m⁻¹가 증가하였다. 제염정도가 큰 순서를 보면 만덕, 남포, 보전, 완도, 소포, 해창만, 강산, 서산A, 계화, 오마지구 순이었다. 한편 벼 재배가 가능한 염농도가 4.7 dS m⁻¹(0.3%)라 할 때 남포, 만덕, 서산A, 소포, 해창만, 계화, 오마지구는 가능하며, 강산, 보전 및 완도지구는 6.7~9.5 dS m⁻¹(0.4~0.6%)로 염농도가 높아 벼 생육에 큰 지장을 받을 것으로 사료된다. 이와 같이 간척지토양은 간척지구별로 상이하였는데 관개수가 충분치 못한 우리나라 실정에는 확산에 의한 제염이 가장 효과적이라고 하였다(Oh et al., 1976).

그러나 토양에 흡착되어 있는 유해성분의 용출에는 석고시용과 벼짚에 대한 효과를 보고(Han et al., 1979; Oh et al., 1967; Uhm et al., 1978)하고 있으며 염류토양의 장기적이고 효과적인 개량을 위해서는 치환성나트륨율(ESP : Exchangeable sodium percentage)을 10 이하로 낮추는 것이 중요하다고 하였다(Ha et al., 1973; Lee, 1986; Mcneal et al., 1966; Smedema, 1978). 또한 토양내의 염류이동에 관한 연구(Paricha et al., 1975)와 염류화과정을 토양심도, 작물재배, 지하수위와 관련하여 분석하였는데 근권에서 NaCl은 작물 재배 중 집적된다고 하였다(Saleh and Troeh, 1982).

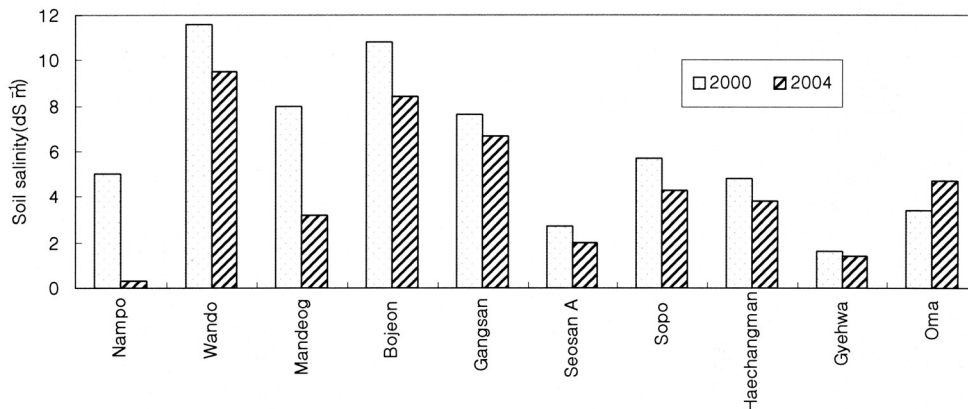


Fig. 3. The change of soil salinity on district in reclaimed tidal land.

간척년대별 물리성변화 토성 및 간척년대별 심토의 물리성 변화는 Table 3과 같다. 용적밀도는 간척년대가 경과할수록 세립질 토양의 포승통과 포두통은 증가하는 경향을 보였으나 조립질인 광활, 염포, 문포통은 낮아지는 경향이었는데 이것은 세립질토양은 수분함량이 감소하고 토양구조의 발달과 함께 반층이 생성된 원인으로 보며, 조립질 토양은 유기물 함량의 증가와 함께 토양구조가 입단구조로 되기 때문으로 생각된다.

한편 공극률은 세립질토양은 간척년대가 경과할수록 낮아지는 반면에 조립질토양은 증가하고 있다. 토양경도는 모든 토양에서 간척년대가 경과할수록 증가하는 경향으로 경작년수가 경과함에 따라 심토의 액상을 감소, 경반층 발달 및 토양 침하현상 등이 추측된다. 2000년도에 비하여 2004년도의 토양경도 변화는 포승통은 간척지구 모두에서 증가를 보였지만 포두통은 간척 26년차인 소포지구부터 증가를 나타냈다. 또한 광활통과 염포통은 증가를 보인 반면에 문포통은 계화지구를 제외하고 낮아진 것은 지구별로 작토심 등 토양관리방법에 따라 차이가 있을 것으로 사료된다. 3상 중 고상율은 세립질토양과 조립질토양 모두 간척년대가 경과할수록 증가하는 경향으로 고상율은 표토와 심토 공히 간척 후 년수와 정의 상관, 액상율은 부의 상관을 보인 반면에 기상율은 표토에서 정의 상관, 심토는 부의 상관을 나타냈다고 하였다(Yoo

et al., 1989). 한편 토양이 발달됨에 따라 액상율이 감소되며, 기상율과 용적밀도는 증가된다는 보고(米田& 繁田, 1957; Baeg et al., 1984)가 있다.

토양통 및 간척지구별 토양화학성 변화 토양 및 간척지구별 토양화학성의 변화는 Table 4와 같다. pH는 포승통은 간척년대가 경과할 수록 높아졌으나 포두통, 광활통, 염포통, 문포통은 낮아지는 경향이였다. 그러나 2000년도에 비하여 2004년도에는 계화지구의 광활통, 염포통, 문포통은 거의 변동이 없었으나, 완도지구의 포두통 외에는 모두 낮아졌다. 유기물함량은 토양 모두 간척년대가 경과할수록 증가하는 경향을 보였고 2000년도에 비하여 2004년도에 증가한 지구는 포승통의 서산A지구, 포두통의 보전지구, 문포통의 남포지구였고 증감의 변화가 없는 지구는 포두통의 해창만지구, 광활통의 계화지구였으며 그 외 지구는 감소를 나타냈다. 이와 같이 유기물이 감소한 것은 벗짚을 환원시키지 않고 대부분 매년 사료용으로 수거하기 때문으로 생각되며, 지력의 주체인 벗짚시용의 중요성을 홍보할 필요가 있다고 생각된다. 유효인산 함량은 지구별 모두 적정치 100 mg kg⁻¹보다 월등히 적었는데 간척년대가 경과함에 따라 증가를 나타냈다. 2000년에 비하여 2004년도에는 계화지구의 광활통과 서산A지구의 문포통을 제외하고는 모두 감소를 나타내어 양분불균형 현상을 나타내고 있었다. 한편

Table 3. The change of subsurface soil physical properties on district and series in reclaimed tidal land.

Series	District	Soil hardness		Blk density		Porosity		Three phases					
		2002	2004	2002	2004	2002	2004	Solid		Liquid		Gaseous	
		---- mm ----		---- g cm ⁻³ ----		----- % -----		----- % -----					
		2002	2004	2002	2004	2002	2004	2002	2004	2002	2004	2002	2004
Poseung	Mandeog	10.8	21.6	1.331	1.464	49.8	44.8	50.2	55.2	48.0	42.9	1.8	1.9
	Seosan A	20.4	25.5	1.660	1.613	37.4	39.1	62.6	59.9	32.1	32.6	5.2	0.5
	Sopo	17.0	23.6	1.656	1.599	37.5	39.4	62.5	60.3	33.6	38.3	3.9	1.4
	Haechangman	16.6	26.5	1.509	1.628	43.1	38.6	56.9	61.4	34.3	36.5	8.8	2.0
Podu	Wando	16.5	9.3	1.397	1.402	47.3	47.1	52.7	52.9	42.9	41.8	4.4	5.3
	Bojeon	22.4	19.6	1.484	1.541	44.0	41.8	56.0	58.2	39.3	39.2	4.7	2.7
	Gangsan	20.8	19.1	1.483	1.436	44.0	45.8	56.0	54.2	35.9	42.2	8.1	3.6
	Sopo	13.2	23.2	1.342	1.455	49.4	45.1	50.6	54.9	38.9	34.7	10.5	10.5
	Haechangman	19.6	26.0	1.670	1.702	37.0	35.8	63.0	64.2	33.9	33.3	3.1	2.4
	Oma	18.2	24.8	1.587	1.578	40.1	40.4	59.9	59.6	37.4	29.8	2.7	0.7
Gwanghwal	Mandeog	11.9	24.4	1.500	1.443	43.4	45.5	56.6	54.5	40.4	41.2	3.0	4.4
	Seosan A	19.3	22.5	1.670	1.582	37.0	40.3	63.0	59.7	32.8	38.4	4.2	1.9
	Gyehwa	19.2	19.8	1.605	1.354	39.4	48.9	60.6	51.1	37.7	40.5	1.7	8.4
Yeompo	Bojeon	21.8	26.0	1.556	1.543	41.3	41.8	58.7	58.2	36.5	37.4	4.8	4.4
	Gyehwa	18.5	23.6	1.586	1.548	40.1	41.6	59.9	58.4	37.7	40.9	2.4	0.7
Munpo	Nampo	18.6	17.0	1.454	1.490	45.1	43.8	54.9	56.2	34.1	25.1	11.0	18.7
	Seosan A	22.2	13.3	1.586	1.457	40.2	45.0	59.8	55.0	36.8	44.8	3.4	0.2
	Gyehwa	19.2	26.1	1.548	1.535	41.6	42.1	58.4	57.9	37.6	41.1	4.0	1.1

Table 4. The change of soil chemical properties on district and series in reclaimed tidal land.

Series	District	pH		OM		Av. P ₂ O ₅		Av. SiO ₂		Ex. cation							
		1:5		g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		K		Ca		Mg		Na	
		00	04	00	04	00	04	00	04	00	04	00	04	00	04	00	04
Poseung	Mandeog	7.7	6.8	8.2	5.3	39	12	355	158	2.61	1.02	6.0	6.0	6.8	4.3	8.4	4.7
	Seosan A	8.2	7.0	9.2	10.0	44	30	282	145	1.45	1.49	4.6	4.3	5.0	7.0	3.2	4.4
	Sopo	7.8	7.4	11.5	8.8	48	43	286	120	1.24	1.20	7.2	4.3	4.4	4.0	4.8	5.6
	Haechangman	8.2	8.0	16.0	14.3	39	21	294	164	1.50	0.88	3.4	13.4	1.8	5.2	2.1	3.3
Podu	Wando	8.2	8.3	9.3	8.7	18	12	292	120	2.10	1.02	13.1	4.6	5.4	4.0	8.7	3.4
	Bojeon	8.4	8.3	0.9	6.4	14	9	244	133	1.24	1.32	7.2	5.0	3.8	3.6	8.4	4.4
	Gangsan	8.0	7.9	17.0	10.0	22	12	318	138	2.72	0.88	8.8	11.2	4.5	5.8	6.8	5.5
	Sopo	8.2	7.7	15.1	11.6	12	8	244	232	1.57	0.96	15.3	3.1	5.0	3.5	5.2	3.1
	Haechangman	8.4	8.2	10.6	10.6	34	22	277	214	2.24	1.21	6.6	12.3	3.5	6.2	5.6	5.8
	Oma	6.3	6.2	11.6	9.4	72	38	259	180	1.12	1.20	0.7	6.5	0.8	6.1	3.0	6.0
Gwanghwal	Mandeog	7.8	6.8	13.4	12.3	35	30	304	150	2.24	0.48	5.8	4.0	4.2	2.0	5.6	1.6
	Seosan A	6.4	6.3	8.6	7.6	49	26	204	120	1.16	0.88	2.6	4.1	3.7	4.9	3.5	3.3
	Gyehwa	6.2	6.2	9.7	9.7	34	55	224	138	1.37	0.54	1.8	3.4	3.6	4.3	5.1	2.8
Yeompo	Bojeon	8.3	8.2	3.3	3.4	14	12	238	116	1.16	1.12	8.8	3.0	3.7	3.8	8.3	3.4
	Gyehwa	6.0	6.0	6.8	6.0	36	30	63	49	0.81	1.28	1.8	4.4	2.0	6.0	1.0	3.9
Munpo	Nampo	7.6	7.1	3.4	4.2	14	26	136	138	0.30	0.48	2.9	2.4	1.1	1.5	0.5	1.0
	Seosan A	5.8	5.8	12.0	6.9	28	30	196	146	1.61	1.64	2.8	5.4	5.1	6.8	2.9	4.4
	Gyehwa	6.5	6.5	9.2	6.2	42	22	64	61	1.16	0.45	2.0	2.5	2.2	3.0	1.7	1.8

The value means average on sum of surface and subsurface soil

유효규산 함량은 계화지구의 염포통과 문포통을 제외하고는 적정치 130 mg kg⁻¹에 가까웠다. 그러나 2004년도 유효규산 함량 측면에서 보면 규산질비료를 사용하지 않아도 되는 지구는 포승통의 만덕, 서산A, 해창만지구와 포두통의 보전, 강산, 소포, 해창만, 오마지구, 광활통의 만덕, 계화지구 그리고 문포통의 남포, 서산A지구로 나타났다. 이와 같이 유효규산 함량은 간척지구 및 토양에 따라 큰 차이를 나타내고 있어 간척지구별 세부정밀 토양검정에 의한 시비관리가 중요하다고 생각된다.

치환성염기 중 칼륨 함량은 토양 및 간척지구별 모두 적정치 0.3 cmol_c kg⁻¹보다 높은 경향을 나타냈다. 2000년보다 2004년에 증가한 곳은 포승통의 서산A지구, 포두통의 보전 및 오마지구, 염포통의 계화지구, 문포통의 남포 및 서산A지구이었으며 2004년도에 치환성칼륨 함량이 가장 높은 토양통 및 지구는 문포통의 서산A지구에서 적정치의 5.5배를 나타냈으며, 치환성칼슘 함량은 2000년에 비하여 2004년도에 증가한 토양통 및 지구는 포승통의 해창만지구, 포두통의 강산 및 해창만지구, 광활통의 서산A 및 계화지구, 염포통의 계화지구, 문포통의 서산A 및 계화지구였다. 이와 같이 칼슘 함량이 증가한 것은 규산질비료 및 패각의 시용에 의한 영향으로 사료된다. 또한 포승통의 만덕지구는 2000년도와 2004년도 동일하였으며, 그

외 지구는 감소를 나타냈다. 치환성칼슘의 적정치는 5.0 cmol_c kg⁻¹으로, 범위에 속해있는 간척지구는 포승통의 만덕지구, 포두통의 완도, 보전 및 오마지구, 문포통의 서산A지구였으며, 미달되는 지구는 포두통의 소포지구, 광활통의 계화지구, 염포통의 보전지구, 문포통의 남포 및 계화지구로 나타났다. 치환성마그네슘 함량은 토양통 및 지구별 적정치 1.5~2.0 cmol_c kg⁻¹보다 월등히 높게 나타났다.

간척지구별 토양화학성 간척지구별 토양화학성은 Table 5와 같이 토양pH는 적정치에 가까운 지구는 만덕, 서산A, 계화 및 오마지구 이었다. 유기물 함량은 간척지구별로 큰 차이를 보였고, 2000년에 비하여 2004년도에 남포지구와 보전지구는 약간 증가를 보인 반면에 그외 지구는 감소하였다. 이와 같은 것은 배수가 불량한 간척지 논에 벼짚 등 유기물시용 회피와 입차농의 증가에 따른 조사료의 곤포로 판매하기 때문으로 사료된다. 유효인산 함량은 2000년 대비 2004년도에는 모든 지구에서 감소되었고 적정치 100 mg kg⁻¹에 크게 미달되었다. 유효규산 함량은 남포지구를 제외하고 모두 감소되었고 만덕 및 계화지구에서는 적정치 130 mg kg⁻¹에 미달되었으나 그 외 지구는 상회하고 있었다.

Table 5. The change of soil chemical properties on district in reclaimed tidal land.

District	pH		OM		Av. P ₂ O ₅		Av. SiO ₂		Ex. cation							
	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	K		Ca		Mg		Na	
	1:5		g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹				cmolc kg ⁻¹							
Wando	8.2	8.3	9.3	8.7	18	12	292	120	2.10	1.02	13.1	4.6	5.4	4.0	8.7	3.4
Mandeog	7.8	6.8	10.8	8.8	37	21	330	154	2.42	0.75	5.9	5.0	5.5	3.2	7.0	3.2
Nampo	7.6	7.1	3.4	4.2	14	26	136	138	0.30	0.48	2.9	2.4	1.1	1.5	0.5	1.0
Bojeon	8.4	8.3	2.1	5.0	14	10	241	124	1.20	1.22	8.0	4.0	3.8	3.7	8.4	3.9
Gangsan	8.0	7.9	17.0	10.0	22	12	318	138	2.70	0.88	8.8	11.2	4.5	5.8	6.8	5.5
Seosan A	6.8	6.4	9.9	8.2	40	29	227	137	1.41	1.33	3.3	4.6	4.1	6.2	4.5	4.0
Sopo	8.0	7.6	13.3	10.2	30	25	265	176	1.40	1.08	11.2	3.7	4.7	3.8	5.0	4.4
Haechangman	8.3	8.1	13.3	12.4	36	22	286	189	1.87	1.04	5.0	12.8	2.6	5.7	3.8	4.6
Gyehwa	6.2	6.2	8.6	7.3	37	36	117	83	1.11	0.76	1.9	3.4	2.6	4.4	2.5	2.8
Oma	6.3	6.2	11.6	9.4	72	38	259	180	1.12	1.20	0.7	6.5	0.8	6.1	3.0	6.0
Average	7.6	7.3	9.9	8.4	32	23	247	144	1.56	0.98	6.1	5.8	3.5	4.4	5.0	3.9

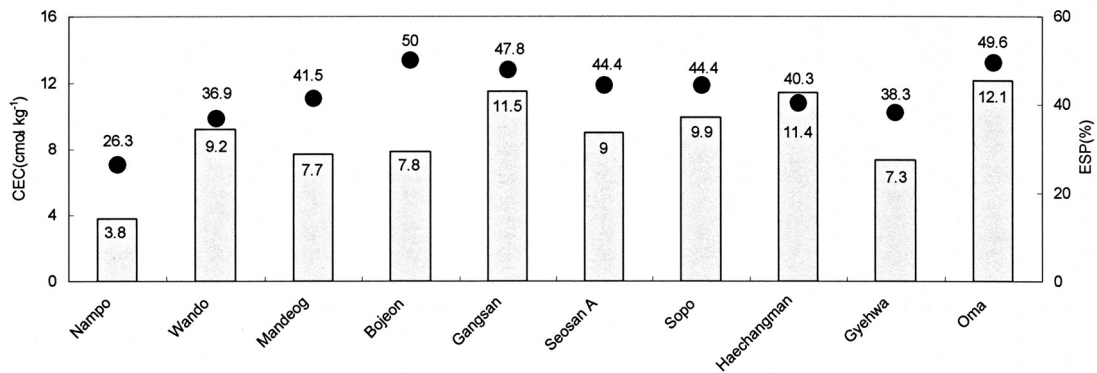


Fig. 4. Cation exchangeable capacity(CEC) and exchangeable sodium percentage(ESP) on district in reclaimed tidal land.

치환성칼륨 함량은 적정치 0.3 cmolc kg⁻¹을 모든 지구에서 크게 상회하고 있었으며, 2000년보다 2004년도에 약간 증가한 곳은 남포, 보전 및 오마지구였고 그 외 지구는 모두 감소를 나타냈다. 치환성칼륨 함량은 2004년도에 증가한 곳은 서산A, 해창만, 계화 및 오마 지구로 전술한 바와 같이 규산질비료 및 폐각 시용에 의한 영향으로 추측되었다.

간척지구별 토양 중 양이온치환용량과 치환성나트륨율은 Fig. 4와 같다. 양이온치환용량은 적정치 15 cmolc kg⁻¹보다 낮았으나 강산, 해창만 및 오마지구는 10 cmolc kg⁻¹ 이상을 나타냈으며 간척년대가 경과할수록 증가하는 경향을 보였다. 치환성나트륨율은 남포, 완도 및 계화지구에서 40이하를 나타냈다. 간척지는 알칼리성 토양으로 치환성나트륨, 마그네슘 및 칼륨 함량이 높은 반면에 칼슘 함량이 부족하여 ESP가 높으므로 이들의 성분을 균형적으로 조절할 필요가 있다. 토양의 ESP가 50%를 넘으면 쌀 수량 감소가 38% 되며(Pearson and Ayers, 1960) 벼의 안전재배를 위해서는 10%로 유지되어야 한다는 보고(Takkar and Singh, 1978)가 있다.

적 요

서남해안 10개 지구 13,334 ha에 대한 간척년대 및 토양통별 염농도, 지하수위와 토양물리화학성 조사 및 분석을 2000년, 2004년에 실시한 결과는 다음과 같다.

5개 토양통 중 포두통이 염농도가 가장 높았고 문포통과 염포통은 제염기간이 가장 짧았으며, 계절별 지하수위는 모든 지구에서 100 cm 이상으로 간척 30년 이상 경과된 지구는 보통답 수준이었다. 토양물리성 변화 중 용적밀도는 조립질 토양 (광활통, 염포통, 문포통)에서 감소하고 세립질 토양 (포승통, 포두통)에서 증가한 반면에 공극률은 조립질 토양에서 증가하였으며 세립질 토양에서 감소되었다. 이와 같은 이유는 세립질 토양은 고상율이 증가하고 액상율과 기상율이 감소한 반면에 조립질 토양 중 광활통 및 문포통은 기상율이 증가되었으며 고상율과 액상율이 감소되었다. 한편 염포통은 지하수위가 낮아 액상율이 증가하고 고상율과 기상율이 감소되었기 때문이다. 토양경도는 문포통을 제외한 4개토양에서 증가되었다. 토양화학성은 크게 변화가 없었으며 감소되는 경

향을 나타냈는데 4년 동안 pH는 낮아지고 유기물, 유효인산과 유효규산 함량 및 치환성마그네슘 함량을 제외한 치환성 양이온 함량은 감소되었다.

사 사

본 연구의 일부는 원광대학교 학술연구비의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

인 용 문 헌

- APC. 1984. General report on the incompletion reclamation project. Agriculture Promotion Corporation. Euwang. 20.
- Baeg, C.O., J. Hur, and J.H. Jung. 1984. The present condition on desalination of incompletion reclaimed tidal land in Chonnam area. Rep. Agricultural Promotion Corporation. p. 3-21.
- Chae, S.S., Y.S. Jang, and S.G. Kim. 1974. The change of soil chemical properties on years after reclamation. Rep. Honam Crop Experiment Station. p. 391-398.
- Choi, J.W., G.H. Cho, C.H. Yoo, C.H. Chung, and K.H. Park. 1987. Studies on soil characteristics of new polderland in Yeongsan rivershed. Res. Rept. RDA(P, M & U). 29:89-97.
- Ha, H.S., Y.H. Kim, and B.Y. Lee. 1973. Study of soil on reclaimed tidal land. Rep Res, Gyeongsang university, 7:61-68.
- Han, K.H., S.Y. Lee, and S.B. Moon. 1979. The experiment on desalination effect by application of rice straw. Rep. Honam Crop Experiment Station. p. 609-616.
- Hong, C.W., Y.T. Oh, and C.S. Park. 1974. Study on amelioration of paddy soil. Rep. Agricultural Sciences Institute. p. 440-451.
- Hur, K.S. 1981. Amelioration of soil in salty land. Rep. Agricultural Promotion Corporation. p. 473-543.
- Hyeon, G.S., C.S. Park, J. Moon, and K.T. Um. 1990. Soil characteristics of new polder soils in Daeho area. Res. Rept. RDA(S & F). 32:9-21.
- Jung, S.J., S.K. Rim, J.H. Lee, G.S. Hyun, J. Moon, and K.T. Um. 1987. Soil characteristics on the newly reclaimed tidal land at Nam-Yang areas. Res. Rept. RDA(P, M & U). 29:1-6.
- Jung, Y.G. 1985. The influence of electric conductivity and inorganic salts on the growth of rice in saline soils. Ph.D. Thesis, Gyeongsang National University, Jinju, Korea.
- Kim, S.C., and Y.S. Moon. 1972. Investigation and research on change of soil chemical property according to reclamation year. Rep. Chonnam Provincial Rural Development Administration. p. 407-422.
- Lee, J.Y. 1986. The effect of desalination methods on the soil properties and the growth and yield of rice plant in saline soil. Ph.D. Thesis, Chonnam National University, Gwangju, Korea.
- Lee, S.Y., D.H. Choi, T.O. Kwon, J.D. So, and N.P. Park. 1979. The effects of the mole drainage and deep plowing with heavy fertilizer, soil amendment application on rice in the degraded Fluvio-Marine Deposit soils. Res. Rept. RDA. 21:39-56.
- Mcneal, B.L., W. A. Norvell, and T. N. Coleman. 1966. Effect of solution composition on the swelling of extracted soil clays. Soil Sci. Amer. proc. 30:313-317.
- NIASST. 2000. Analysis of soil and plants. National Institute of Agricultural Science and Technology. Suwon. Korea.
- Noh, D.C., D.H. Kim, K.T. Um, J.H. Chae, G.H. Youn, and H.S. Lee. 1986. Changes of physico-chemical characteristics in the Fluvio-marine soils of different reclaimed ages. Res. Rept. RDA(P, M & U). 29:20-27.
- Oh, J.S., J.N. Im, and W.K. Oh. 1967. Desalination experiment on soil ameliorater of reclaimed tidal land. Res. Rept. RDA. p. 205-227.
- Oh, Y.T., C.W. Hong, and J.K. Lee. 1976. Experiment on amelioration of soil in reclaimed tidal land. Rep. Agricultural Sciences Institute. p. 440-451.
- Paricha, P.C., G.J. Partra, and P. Sahoo. 1975. Effect of synthetic sea water on growth and chemical composition of rice at different stage of development. J. Indian Soc. Soil Sci. 23:344-348.
- Park, C.S., G.S. Hyeon, S.J. Jung, Y.K. Jo, and K.T. Um. 1991. Study on soil characteristics and classification of Yeongjong islet. Res. Rept. RDA(S & F). 33:1-11.
- 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.
- Richard, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soil. U.S.D.A. Agriculture Handbook 60:7-17.
- Richard, L.A., W.R. Gardner, and G. Ogate. 1956. Physical process determining water loss from soil. Soil Sci. Soc. Amer. proc. 20:310-314.
- Saleh, H.H., and F.R. Troeh. 1982. Salt distribution and water consumption from a water table with and without a crop. Agron. J. 74:321-324.
- Shin, Y.H. 1972. characteristics and classification of paddy soils on the Gimje-Mangyeong plains. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 5:1-31.
- Smedema, L.K. 1978. Land drainage, planning and design of agricultural drainage systems. Batsford Academic and Education Ltd. London. p. 240-259.
- 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.
- Uhm, D.I., S.Y. Lee, and H.M. Kim. 1978. The effects of soil amendment application on reclaimed tidal land. Rep. Honam Crop Experiment Station. p. 492-499.
- Yoo, C.H., G.H. Cho, J.W. Choi, H.M. Kim, K.H. Park, and K.T. Um. 1986. Study on the organic tiers contained paddy soils in Honam area. II. Studies on the physicochemical characteristics of organic tiers and bearing power of soils. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 19:187-194.
- 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 tidal deposits I. with reference to munpo and pori series. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 22:180-190.
- Yoo, C.H., J.G. Kim, J.S. Lee, J.G. Kang, J.D. So, and K.H. Park. 1990. Change of physico-chemical properties of tidal soils on their mafurities. II. Gwanghwal and Poseung series. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 23:259-267.

川口桂三郎, 喜田大三. 1957. 水田土壤斷面の物理的性質及び盤層について. 日土肥誌 28:97-100.

권혁제. 1974. 황해안 간사지 발달과 퇴적물의 기원. 한국지리학회지 10:1-12.

米田戊男, 繁田充保. 1957. 干拓地土壤に関する研究(第11報)鹽成干拓地土壤の生成過程 びに肥培管理に伴ラリ

ン酸の行動について. 日土肥誌 27:397-400.

米田戊男. 1958. 干拓地の土壤肥料に関する總說. 日土肥誌 28:416-420.

米田戊男. 1964. 本邦干拓地土壤の生成論的ならびに立地學的研究. 岡山大學農土肥研究 報. 8:76-88.