Classification of Soil Series in the Saemangeum Reclaimed Agricultural Tide Land

Byunghwan Seo¹, Woori Go¹, SugJae Jung², and Yeonkyu Sonn^{2*}

¹Researcher, Soil & Fertilizer Management Division, Department of Agricultural Environment, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration Wanju 55365, Korea

²Senior Researcher, Soil & Fertilizer Management Division, Department of Agricultural Environment, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration Wanju 55365, Korea

*Corresponding author: sbhsbhlove@korea.kr

ABSTRACT

Received: November 2, 2021

Revised: November 30, 2021

Accepted: November 30, 2021

ORCID

Byunghwan Seo

<https://orcid.org/0000-0002-2597-5125>

The soil which was confirmed by using auger with intervals of 200 m at a depth of 1 m in Agricultural tide land Section 5 had a somewhat poorly drainage and coarse loamy. The Gwangpo series has coarse loamy texture with a somewhat poorly drainage in Fluvio-marine plains, but confirmed soil had different characteristics with the Gwangpo series. Our objective of in this study was to set a new soil series by comparing to the Gwangpo series. Both the Gwangpo and A-Gwangpo serieses showed the similar horizons (A, B and C horizons), texture (coarse loamy), and chemical properties. A somewhat poorly drainage in general Gwangpo series caused mainly grayish color and 2 - 20% of the mottle's distribution (by oxidation) within 20 - 50 cm depth. An our soils, the mottle's distribution was investigated by 2 - 20% and 20 - 49% in the Gwangpo and A-Gwangpo series, respectively. Gwangpo series is somewhat poorly drained and has a small amount of mottle (by oxidation) quantity, so it is used as a paddy field. But the A-Gwangpo series is estimated that it can be used as a field soil with an amount of 20 - 49% of mottle (by oxidation) quantity.

Keywords: A-Gwangpo series, Drainage class, Gwangpo serieses, Somewhat poorly drained

Comparison of the mottle quantity on two soil series.

Soil series	Main soil color	Mottles (by oxidation) quantity (%)	Drainage class
GWANGPO	Gray	2 - 20	Somewhat poorly
A-Gwangpo	Gray	20 - 49	Somewhat poorly

Introduction

우리나라 서해안에 분포된 하해혼성평탄지의 토양은 동고서저의 지형적인 영향으로 내륙으로부터 운반된 부유물이 하구의 양안 또는 해안으로 이동되거나 해수에 의한 조수작용에 의해 발달된 충적퇴적물이다. 우리나라의 서해안은 침강해안의 특성 때문에 대륙붕이 존재하여 비교적 넓은 간척지가 분포하고 있으며, 순수한 해성퇴적물, 하해혼성퇴적물 등 넓은 의미의 하해혼성토가 대부분 포함되어 있다 (So et al., 1980). 서남해에 형성되어 있는 많은 하해혼성토에 과거부터 현재까지 식량증진을 위해 간척지를 만들어 논으로 조성하여 쌀을 생산해 왔다. 최근에 개발된 새만금 지역의 간척지는 간척종합 개발사업으로 국제업무, 산업, 관광 및 농생명용지 등의 사용목적으로 최근까지 진행되고 있다. 농업용지로 사용될 농생명용지는 총면적 9,430 ha이며 농생명용지 5공구는 1,513 ha로 2019년에 완공하였다.

새만금 간척지는 이전에 해수의 영향을 받던 조간대 및 조하대 지역 특성상 토양의 염류화, 지하수위에 의한 배수불량과 토양 유기물의 부족 등이 문제가 된다 (Ahn et al., 2016). 특히 새만금은 논으로 이용되지 않고 고부가치 발작물 재배 등의 다각적 복합적 사용을 권장하고 있어 배수문제와 염에 대한 해결과제를 안고 있다. 새만금 간척 이전의 토양통을 보면 염포, 문포, 광활, 하사, 가포통 등이 조사되었으며 염포, 문포통이 대부분을 차지하였다 (NICS, 2009). 염포와 문포통 둘 다 배수등급이 매우불량이며 염해답으로 분류되어 발작물의 재배가 어려운 토양이다. 하지만 5공구의 토양 염농도는 연차 경과에 따라 광범위하게 빠르게 감소하고 있다고 보고되고 있다 (Ryu et al., 2020).

우리나라의 토양조사는 미국의 Soil Taxonomy를 채택하고 있다. 이에 따르면 토양조사 (soil survey)란 1) 현지 육안관찰에 의한 토양조사, 2) 표준화된 분류방법에 따라 실내에서의 이화학성 분석을 통한 토양분류 (soil classification), 3) 지도에 그 경계를 작도하는 것 (mapping), 4) 토양의 변화양상을 예측하여 결국 이 4가지를 토대로 하여 토지이용 등을 평가하거나 예측하는 것을 말한다 (Sonn et al., 2011). 지금은 2014년에 전산화 관련내용이 추가되어 5가지로 정의된다 (USDA, 2014). 우리는 연구과제로 2019년에 5공구를 200 m 간격으로 1 m 오거링을 하여 토성과 배수등급을 확인하여 토양도를 작성하고 대표 단면을 지정하여 토양의 물리 화학적 특성에 대한 토양조사를 수행하였다. 그 결과 기존의 문포통과 다른 결과를 확인할 수 있었다.

따라서 본 연구는 새만금 간척 이후 토양조사 된 A-광포통 (가칭 창제통)의 대표단면을 조사하고 기존의 하해혼성평탄지 토양통과 비교하여 다름을 규명해 새로운 토양통을 설정하기 위해 수행하였다.

Materials and Methods

새만금 농생명용지 5공구에 분포하고 있는 토양을 조사한 결과 기존의 토양과 다른 특성을 지닌 토양이 조사되었다. 새로운 토양 설정을 위해 토양조사를 수행 후 토양 간의 경계선을 파악하여 각 토양통들의 면적을 계산하고 그 중 새롭게 발견된 토양통의 대표단면을 지정하여 3반복의 단면 조사 및 층위 별 토양을 채취하여 Soil Taxonomy 표준 분석방법인 Soil Survey Laboratory Methods Manual (USDA, NRCS, 2004)을 기준으로 하여 토양의 이화학적 특성을 분석하였다.

pH와 전기전도도 (electric conductivity, EC)은 포화반죽 (saturation paste)으로 추출하여 분석하였다. 토양유기물 (OM)은 원소분석기 (Vario Max CNS, element analyser systeme GmbH, Germany)를 사용하여 분석하였고 유효인산 (Av. P_2O_5)은 Lancaster법으로 분석하였다. 치환성양이온 (Ex. Ca, K, Mg, Na)은 1N- NH_4OAC (pH 7.0)로 침출하여 ICP (Varian Vista-MPX, Varian Inc., USA)로 분석하였으며 양이온치환용량 (cation exchange capacity)은

1N-NH₄OAC (pH 7.0)로 토양을 NH₄⁺로 포화시킨 후 킬달 증류법으로 분석하였다.

단면 조사는 Soil Survey Manual (Soil Survey Staff, 1993)을 기준으로 하여 지형 (topography), 경사 (slope), 토성 (soil texture), 배수등급 (drainage class), 토색 (soil color), 반문 (mottle), 구조 (structure), 층위 경계 (boundaries of horizons), 공극 (pores), 식물뿌리 (roots), 점착성 (stickiness), 가소성 (plasticity) 등을 조사하였다.

신규 토양통 설정을 위해서는 과거에 조사된 하해혼성평탄지 토양통과는 다른 특성을 지니고 있어야 하므로 비교 분석이 필요하다. 과거에 조사된 토양통은 Taxonomical classification of Korean soils (NIAST, 2000)에 작성된 단면 조사 및 이화학적 특성 결과를 이용하여 비교 분석하였다. 또한 배수등급을 Sonn et al. (2020)에 따라 약간불량인 토양을 반문의 양으로 세분화하였다.

Results and Discussion

우리나라 간척지의 농업현황 및 토양해설 (NICS, 2009)에서 새만금 5공구 간척 이전에 조사된 결과를 보면 토성이 사양질이며 배수등급이 매우불량인 문포통이 분포하고 있다. 간척 이후 5공구 현장 토양조사 결과 대부분의 토양이 토성은 사양질, 배수등급은 약간불량으로 과거에 조사된 문포통과 배수등급의 차이를 보였다. 그 면적은 전체 1,513 ha중에 1,253 ha (83%)가 분포하였다 (Table 1).

Table 1. The area of soil series area distributed saemangeum reclaimed agricultural tide land.

	CHANGJE (ha)	MUNPO (ha)	YEOMPO (ha)	A-YEOMPO [†] (ha)	A-GWANGHWAL [†] (ha)	TOTAL (ha)
Area	1,253	122	23	67	48	1,513

[†] Soil series that is different from the existing soil series.

우리나라의 전체 토양통 405개 중 하해혼성평탄지에는 해당하는 47개 토양통이 있으며 그 중 토성이 사양질, 배수등급이 약간불량인 토양통은 학포, 광포, 태안통이 있다 (Table 2). 이들 토양통과 비교하여 차이가 있고, 어느정도 면적이 (100 ha 이상) 확보되어야, 새로운 토양통 설정이 가능하다. 태안통은 A, C층만 있으며 C층은 풍화 모재로 형성되어 있어 다르다. 학포통은 50 cm에서 100 cm 사이에 이탄층이 존재하므로 다르다. 광포통은 창제통의 토양 단면 조사 결과 비교를 통해 A-광포통 (가칭 창제통)을 설정하였다.

Table 2. Coarse loamy soil series with fluvio-marine plains.

Soil texture (family)	Fluvio-marine plains						
	Drainage class						
	Somewhat excessively	Well Cultivated	Moderately well Cultivated	Somewhat poorly Paddy	Poorly	Very poorly	
Coarse loamy	-	BUGPYEONG (/Sandy)	-	-	HAGPO GWANGPO TAEAN	GEUMJIN	MUNPO DONGHO (/Sandy)

토양의 화학적 특성 층위 별 pH를 보면 광포통은 Ap층만 제외한 모든 층위에서 8 이상이며 창제통은 맨 아래 2Cg층위에서만 pH가 8.3으로 나타났다. 두 토양의 유기물 함량 0.5% 이하, 유효인산은 50 mg kg^{-1} 이하로 비슷한 수준으로 낮았다. 교환성 Na^+ 을 보면 광포통은 Bg 층위에서 맨 아래층위까지 10 cmol. kg^{-1} 이상으로 높았으며, A-광포통 (가칭 창제통)은 다른 층위에 비해 2Cg층에서 $3.3 \text{ cmol. kg}^{-1}$ 으로 높게 나타났다. EC를 보면 A-광포통 (가칭 창제통)은 교환성 Na^+ 같이 다른 층위에 비해 2Cg층 0.75 dS m^{-1} 로 높게 나타났다 (Table 3).

Table 3. Chemical characteristics by each horizon of the two soil series.

Soil series	Horizon	pH	EC (dS m^{-1})	OM (%)	Avail. P_2O_5 (mg kg^{-1})	Ex. cations (cmol kg^{-1})			
						K	Ca	Mg	Na
GWANGPO	Ap	6.5	-	2.3	67	0.7	2.9	5.1	5.7
	BAg	8.3	-	0.5	23	1.1	2.3	4.3	6.4
	Bg	8.3	-	0.4	15	1.5	2.9	4.7	10.1
	BCg	8.2	-	0.5	37	2.1	2.4	4.5	10.8
	Cg	8.3	-	0.2	40	2.4	3.4	4.4	10.4
A-Gwangpo	^A	6.6	0.39	0.4	45	0.7	1.9	5.0	1.8
	^BA	6.8	0.12	0.4	27	0.6	1.5	3.8	2.0
	Bw	6.9	0.17	0.4	30	0.6	1.5	3.4	2.1
	2Bg	6.3	0.28	0.4	29	0.6	1.7	3.3	2.3
	2BCg	6.5	0.28	0.2	32	0.6	1.5	2.7	1.6
	2Cg	8.3	0.75	0.3	67	1.05	2.5	3.2	3.3

토양의 물리적 특성 토양통을 결정은 단면의 층위별 토성 보다는 작토 (표토)를 제외한 아래 약 1 m까지의 페 돈 전체의 토양 (속)에 따라 결정된다. 층위 별 토성을 보면 전체적으로 광포통은 모래함량이 많고 A-광포통 (가칭 창제통)은 미사 함량이 높으나 토양 (속)은 둘 다 사양질 (점토 18% 이하, 모래 15% 이상, 점토함량 2배와 미사를 합친 양이 30% 이상)에 속한다 (Table 4).

Table 4. Comparison of the two soil series's soil texture (family).

Soil series	Horizon	Depth (cm)	Particle size distribution (%)			Soil texture (family)
			Sand	Silt	Clay	
GWANGPO	Ap	0 - 12	63.8	19.3	16.9	Coarse loamy
	BAg	12 - 24	75.5	16.4	8.1	
	Bg	24 - 39	76.8	13.0	10.2	
	BCg	39 - 60	76.9	13.1	10.0	
	Cg	60 - 120	73.8	14.2	12.0	
A-Gwangpo	^A	0 - 13	5.6	71.9	22.4	Coarse loamy
	^BA	13 - 21	16.3	71.4	12.3	
	Bw	21 - 36	13.3	73.0	13.7	
	2Bg	36 - 70	19.5	66.9	13.5	
	2BCg	70 - 100	49.6	44.0	6.4	
	2Cg	100 -	37.8	54.3	8.0	

토양의 형태적 특성 일반적으로 하해혼성토양은 일반 내륙의 토양보다 경작에 따른 단면의 발달정도가 빠른 것으로 알려져 있다 (Sonn et al., 2006). 단면의 발달정도를 보면 창제통은 인위층위를 가지고 있지만 둘 토양 모두 A, B, C층으로 구성되어 있다. 층위명을 보면 회색화 된 층위에 suffix simul에서 모두 g를 붙인다. 회색화는 토양의 공극에 물이 포화되어 있으므로 공기의 이동이 차단되어 토양이 환원상태가 되어 암회색으로 변화는 것을 말한다. 광포통은 12 cm부터 창제통은 36 cm부터 맨 아래층위까지 회색화가 일어났다. 단면특성을 살펴보면 구조는 광포통은 반각괴상, 창제통은 판상구조를 가진다 (Table 5).

Table 5. Physical characteristics by each horizon of the two soil series.

	Horizon	Depth	Structure	Pores quantity (%)	Roots quantity (%)
GWANGPO	Ap	0 - 12	Granular	20 - 49	20 - 49
	BAg	12 - 24	Angular blocky	2 - 19	2 - 19
	Bg	24 - 39	Angular blocky	2 - 19	2 - 19
	BCg	39 - 60	Prismatic	<2	<2
	Cg	60 - 120	Structureless	<2	-
A-Gwangpo	^A	0 - 13	Granular	<2	20 - 49
	^BA	13 - 21	Angular blocky	<2	20 - 49
	Bw	21 - 36	Platy	<2	20 - 49
	2Bg	36 - 70	Platy	<2	<2
	2BCg	70 - 100	Platy	<2	<2
	2Cg	100 -	Structureless	-	-

A-광포(가칭 창제통)와 광포통의 차이는 배수등급이 중요한 인자가 된다. 배수등급은 유거, 내부 토양배수 및 투수성에 기초하여 광의로 규정하고 그 다음 토색 (soil color), 반문의 양 (mottle quantity), 반문의 존재부위 (mottle position), 지하수위 (ground water level), 토성 (soil texture), 모재 (parent material) 및 지형 (topography)과의 관계를 규정하고 작물의 생산과의 관계를 두고 결정한다 (USDA, 2014, 2017). 배수등급의 불량과 약간불량은 지하수위

Table 6. Drainage class and mottles (by oxidation) quantity on each horizon of the two soil series.

Soil series	Horizon	Depth	Soil color	Mottles (by oxidation) quantity (%)	Drainage class
GWANGPO	Ap	0 - 12	Very yellowish brown (10YR 4/4)	<2	Somewhat poorly
	BAg	12 - 24	Very dark grayish brown (10YR 3/2)	2 - 20	
	Bg	24 - 39	Very dark grayish brown (10YR 3/2)	<2	
	BCg	39 - 60	Dark gray (5Y 4/1)	2 - 20	
	Cg	60 - 120	Dark gray (5Y 4/1)	<2	
A-Gwangpo	^A	0 - 13	Very dark gray (10YR 3/1)	-	Somewhat poorly
	^BA	13 - 21	Very dark grayish brown (10YR 3/2)	45	
	Bw	21 - 36	Grayish brown (2.5Y 5/2)	19	
	2Bg	36 - 70	Dark gray (5Y 4/1)	40	
	2BCg	70 - 100	Dark gray (5Y 4/1)	19	
	2Cg	100 -	Dark greenish gray (5G 4/1)	-	

가 20 - 50 cm 이내에 분포하며 지하수위에 의해 주토색이 회색계이다. 불량과 약간불량의 차이는 반문 (산화에 의한 반문)의 양이다. 반문의 양이 2 - 50%이면 약간불량, 0 - 2%이면 불량이다 (Sonn et al., 2020). 조사 결과 A-광포통 (가칭 창제통)과 광포통 모두 약간불량이다. 그러나 반문의 양과 깊이에서 차이를 보였다 (Table 6).

Sonn et al. (2020)은 주토색과 반문 (환원에 의한 색)이 있을 경우 산화환원에 의한 색은 그 양과 정도가 중요하고, 지하수위가 존재할 경우에는 그 깊이와 반문 (산화에 의한 색)의 양이 중요한 결정요인이 된다고 하였다. 주토색이 회색계인 깊이를 보면 광포통은 12 cm부터 A-광포통 (가칭 창제통)은 36 cm부터 나타났다. Keys to Soil Taxonomy (USDA, 2014)와 Soil Survey Manual (USDA, 2017)에서는 반문의 양에서는 <2%, 2 - 20%, >20%로 구분하지만 suffix simul에서 반문의 양 차이 없이 g를 붙이고 있어 배수등급을 미세하게 구별할 수 없다. Sonn et al. (2019)은 반문의 양을 <2%, 2 - 19%, 20 - 49%로 정의를 수정해야 하며 Soil Taxonomy에서 g를 세분화할 필요가 있다고 하였다. 반문이 나타나는 깊이와 양을 보면 광포통에서는 12 cm부터 60 cm까지 나타나며 반문의 양은 2 - 19%로 나타났다. A-광포통 (가칭 창제통)은 36 cm부터 100 cm까지 반문의 양은 20 - 49%로 반문의 양의 차이를 보이고 있다. 결과적으로 작물의 뿌리에 영향을 줄 수 있는 깊이를 봤을 때에는 광포통은 논으로 사용되어야 하지만 A-광포통 (가칭 창제통)은 밭으로 가능할 것이며, 반문의 깊이와 양도 20 - 49%로 밭으로 사용 가능할 것으로 판단된다 (Table 7). Sonn et al. (2019)은 반문의 양이 20 - 49%일 경우 실제 경작을 할 때 거의 밭상태로 되어 새로운 토양으로 설정이 가능함을 의미한다고 하였다.

Table 7. Comparidon of the mottle quantity on two soil series.

Soil series	Main soil color	Mottles (by oxidation) quantity (%)	Drainage class
GWANGPO	Gray	2 - 20	Somewhat poorly
A-Gwangpo	Gray	20 - 49	Somewhat poorly

References

- Ahn, B.K., Y.Y. Lim, D.Y. Ko, C.K. Lee, J.H. Kim, Y.J. Song, and J.H. Lee. 2016. Investigation of soil physico-chemical properties in Saemangeum reclaimed tidal land in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 49(4):347-354.
- NIAS (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2000. Taxonomical classification of Korean soils. Suwon, Korea.
- NICS (National Institute of Crop Science). 2009. Agricultural status and soil interpretation of reclaimed tidal land in Korea. Iksan, Korea.
- Ryu, J.H., Y.Y. Oh, S.H. Lee, K.D. Lee, and Y.J. Kim. 2020. Annual changes of soil salinity of the Saemangeum reclaimed tide land during last 10 year. *Korean J. Environ. Agric.* 39(4):327-333.
- So, J.D., S.J. Yoo, H.M. Kim, and N.P. Park. 1980. Studies on the characteristics of newly reclaimed land in the southwest seaside of Honam district. *Res. Rept. RDA (P, M & U)* 22:24-30.
- Soil Survey Staff. 1993. Soil survey manual. USDA, Washington, D.C., USA.
- Sonn, Y.K., B.H. Seo, W.R. Go, and S.H. Jeon. 2020. Quantification of drainage classes of Korean soils as morphological characteristics. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 53(4):668-676.
- Sonn, Y.K., B.H. Seo, W.R. Go, S.H. Jeon, B.H. Hyun, and S.G. Yun. 2019. Consideration of suffix symbol on soil taxonomy and world reference base for soil resources classification. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 52(4):345-351.

- Sonn, Y.K., C.W. Park, Y.S. Zhang, B.K. Hyun, K.C. Song, and E.S. Yoon. 2011. Characteristics of soils distributed on the “Dokdo” island in South Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 39(2):59-64.
- Sonn, Y.K., G.S. Hyeon, M.C. Seo, K.H. Jung, B.K. Hyun, S.J. Jung, and K.C. Song. 2006. A taxonomical consideration based on changes of salinity and profile features of the texturally different two reclaimed tidal soils. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 39(2):59-64
- USDA, NRCS. 2004. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigation Report No. 42, Version 4.0, Washington, D.C., USA.
- USDA. 2014. Keys to soil taxonomy, 12th edition. p. 335-340. Washington, D.C., USA.
- USDA. 2017. Soil survey manual. p. 151-152. Soil Science Division Staff, Agriculture Handbook No. 18.