Korean J. Soil Sci. Fert. Vol.56, No.2, pp.169-177, 2023

Korean Journal of Soil Science and Fertilizer

Short Communication

https://doi.org/10.7745/KJSSF.2023.56.2.169
pISSN : 0367-6315 eISSN : 2288-2162

Soil Physico-Chemical Properties and Groundwater Levels at the "Agricultural Life Science Sites" in Saemangeum Reclaimed Land

Bo-Seong Seo[1], Jin Jung[2], Kangho Jung[3], and BangHun Kang[3]*

[1]Ph.D. Researcher, Reclaimed Land Agriculture Research Team, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea
[2]Assistant Researcher, Reclaimed Land Agriculture Research Team, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea
[3]Senior Researcher, Reclaimed Land Agriculture Research Team, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea

***Corresponding author:** ipmkbh@korea.kr

Received: March 27, 2023
Revised: April 25, 2023
Accepted: April 27, 2023

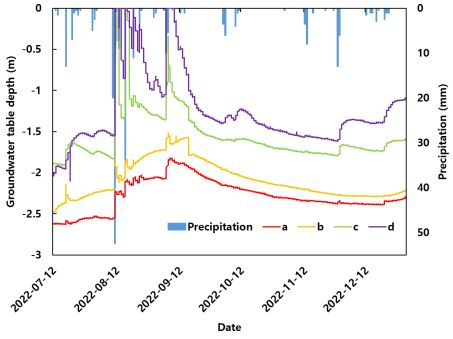
Edited by
Woo-Jung Choi,
Chonnam National University,
Korea

ORCID
Bo-Seong Seo
https://orcid.org/0000-0002-2385-1700
Jin Jung
https://orcid.org/0000-0002-8625-943X
Kangho Jung
https://orcid.org/0000-0001-8854-7278
BangHun Kang
https://orcid.org/0000-0001-5655-772X

ABSTRACT

Typical reclaimed lands located in coastal areas including Saemangeum are not suitable for cultivation of upland crops due to a high salinity and groundwater levels and low nutrient contents. Therefore, for sustainable crop cultivation, it is necessary to soil salinity, water content, and nutrients that are necessary for development of land management for upland crops cultivation. In this study, we investigated physico-chemical characteristics of soils including pH, electrical conductivity ($EC_{1:5}$), organic matter contents, available phosphorus (Avail. P_2O_5), and exchangeable (Exch.) cations concentrations, as well as bulk density, hardness, and soil texture. Soil samples were collected from soil layers up to 120 cm at 20 cm interval of survey fields (80 ha) of Saemangeum reclaimed land. Groundwater levels and soil water contents were also monitored. The EC (0.14 - 0.51 dS m^{-1}) was lower than those of other reclaimed land in South Korea, indicating desalinization across 120 cm of soil depth, and pH (5.5 - 6.9) was also lower in accordance of the removal of non-acid cations through desalinization. Soil organic matter (1.5 - 5.2 g kg^{-1}), and nutrient (Avail. P_2O_5 17.2 - 35.5 mg kg^{-1} and Exch. calcium 0.8 - 1.0 $cmol_c$ kg^{-1}) contents were lower than the standard levels for upland crop cultivation (Organic matter: 20 g kg^{-1}, Avail. P_2O_5: 300 mg kg^{-1}, Exch. calcium: 5 $cmol_c$ kg^{-1}). However, the soil hardness (15.1 - 18.6 mm) was lower than the suitable level (21 mm) for crop cultivation. Meanwhile, water contents of top soil (0 - 20 cm) were greatly changed by rainfall pattern; in particular, the soil located near the coastal areas had a large rise in groundwater level during rainfall. Our study provide key information on the changes in soil physico-chemical properties across soil depth for Saemangeum reclaimed land, which was necessary for development of land management practices for cultivation of upland crops.

Keywords: Groundwater level, Reclaimed land, Soil physico-chemical properties, Soil water contents



Groundwater levels and precipitation in investigated site (i.e., a, b, c and d, respectively) of Saemangeum reclaimed land during July to December 2022.

© The Korean Society of Soil Science and Fertilizer. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

우리나라 농경지 면적은 1990년 2,109,000 ha에서 2022년 1,528,000 ha로 581,000 ha 감소하여, 지속적인 농경지 감소 추세에 있다 (Statistics Korea, 2022). 한편, 우리나라 중서해안과 서남해안에 위치한 간척지의 총 면적은 186,639 ha로, 전체 농경지의 약 20%에 해당되어 (Jeong et al., 2020) 간척지의 농업적 활용을 통해 안정적 식량 생산이 필요하다. 간척지는 애초 식량 생산을 위한 농업용지로의 활용을 목적으로 개발되었지만, 일반 농지에 비해 염농도와 지하수위가 높아 상대적으로 염해와 습해 우려가 적은 벼를 주로 재배하고 있다 (Park et al., 2022). 하지만, 최근에는 낮은 쌀 소비량으로 인해 논에서의 타작물 재배에 대한 관심이 급증함에 따라, 간척지에서도 벼 외에 밭작물을 재배하기 위한 전략을 수립하여 추진하고 있다 (MAFRA, 2020). 이러한 전략에 맞춰 새만금간척지는 내부 토지 29,100 ha와 담수호 11,800 ha가 계획되었으며 (Shin, 2011; Ryu et al., 2020), 30%인 8,570 ha가 현재 밭작물 재배를 목적으로 개발되고 있다 (Bae et al., 2021).

우리나라 간척지는 대부분 해안가 저지대에 위치하여 지하수위가 높고 토양 구조 또한 잘 발달되어 있지 않아 수직 배수가 불량하다. 예를 들면, 우리나라 간척지 전체 면적의 약 33%는 배수 불량 등급에 해당하며, 나머지 역시 대부분 (약 63%) 약간 불량 등급으로 습해에 취약한 조건을 갖고 있다 (NICS, 2013). 또한, 간척지 토양은 pH, 염농도, 교환성 나트륨 (Na^+) 함량 등이 높으며, 유기물과 교환성 칼슘 (Ca^{2+}) 함량, 양이온 교환 용량 (cation exchange capacity, CEC) 등이 매우 낮으므로 밭작물을 재배하기에는 어려움이 있다 (Lee et al., 2014). 특히, 간척지의 높은 염농도는 작물의 수분 스트레스를 유발하여 생산성에 직접적으로 부정적인 영향을 미치며, 높은 교환성 Na^+으로 인한 점토의 분산과 팽창 및 낮은 유기물과 점토 함량 등은 토양 내 공극 형성에 불리한 조건을 형성하여 작물 생육을 방해한다 (Chung et al., 2011; Lee et al., 2014). 이처럼 간척지는 특별한 관리가 없는 한 여름철 건조기에는 재염화 (resalinization)에 의한 염해 발생 및 장마기에는 습해 등으로 일반 농경지에 비해 밭작물을 재배하기에 불리한 조건이다 (Lee et al., 2014; Ryu et al., 2019). 따라서, 간척지 토양에서의 밭작물 재배를 위해서는 토양 이화학성 및 지하수위를 지속적으로 모니터링하여 체계적인 데이터 베이스를 구축하여 향후 토양 개발에 활용할 필요가 있다. 또한, 간척지 토양은 공간적인 변이가 수직·수평적으로 매우 다양하여 동일한 필지내에서도 작물의 생육이 크게 달라질 수 있으므로 (Jung et al., 2003), 공간적으로 정밀하게 토양을 조사할 필요가 있다. 하지만, 현재까지 우리나라 새만금 간척지를 대상으로 토양 깊이 120 cm까지 토양 이화학성과 지하수위 등에 대한 자료가 제대로 구축되어 있지 못한 상황이다.

따라서, 본 연구에서는 우리나라 서해안에 위치한 새만금 간척지 농생명용지의 토양 이화학성 및 지하수위 등을 평가하여 밭작물 재배 적합도를 평가하고 안정적인 밭작물 재배를 위한 방안을 제시하고자 하였다. 특히, 토심 최대 120 cm까지 조사하여, 염해와 습해와 관련된 토양 요인의 수직적 변동 정보를 보다 정밀하게 구축하고자 하였다.

Materials and Methods

조사 지역 본 연구는 2022년 4월부터 12월까지 새만금 간척지 농생명용지 내 첨단농업단지의 일부분 (80 ha)에서 수행하였다 (Fig. 1). 조사지역의 기상 자료는 조사 지역과 인접 (약 9 km 거리)한 진봉 지점 (35°51'N, 126°47'E)의 방재기상 관측망 자료를 이용하였다. 조사지역의 2022년 4 - 12월의 평균 기온은 16.3°C, 누적 강수량은 850.5 mm로, 10년 평균 (기온 16.3°C, 강수량 1,068.6 mm) 대비 기온은 유사하였으나 강수량은 약 79% 수준이었다. 특히, 전체 강우량의 약 50% 이상은 7 - 8월 (누적 강수량 441.5 mm)에 집중되었다 (Fig. 2).

Fig. 1. Location of experimental site in Saemangeum reclaimed tideland. 20 point indicates the fields with variance spots in experimental site. In a right figure, the red squares indicate the locates installed sensor for monitoring groundwater levels and soil water contents. The a, b, c and d indicates the fields with different groundwater levels and soil water contents in experimental stations (a and b: stations of intermediate and shallow groundwater level, c and d: stations of deep groundwater level).

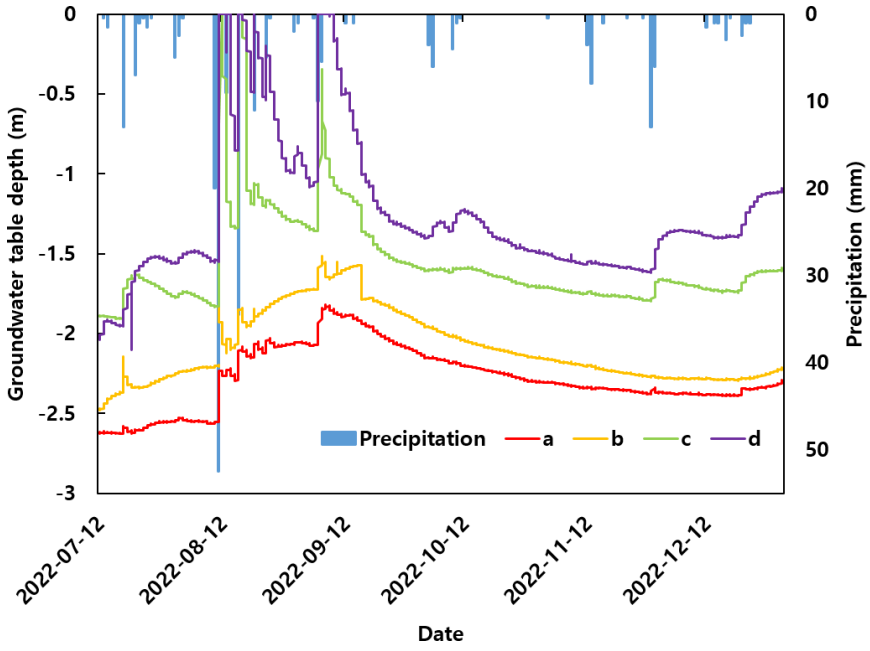


Fig. 2. Groundwater levels and precipitation in investigated site (i.e., a, b, c and d, respectively) of Saemangeum reclaimed land during July to December 2022.

토양 시료 채취 및 이화학성 분석 토양 채취 지점은 GPS를 사용하여 100 m 간격으로 격자망을 형성하여 선정하였다 (Fig. 1). 4월과 8월 경, 조사 지역 내 200 m 간격의 총 20 지점에서 토심 120 cm까지 6층위 (0 - 20, 20 - 40, 40 - 60, 60 - 80, 80 - 100, 100 - 120 cm)의 토양 시료를 채취하였다. 채취한 토양은 풍건하여 2 mm 체를 통과시켰다. 토양 화학성은 농촌진흥청 국립농업과학기술원 토양분석법에 준하여 분석하였다 (NIAST, 2000). pH와 EC는 1:5 침출법을 (Seo et al., 2022) 이용하여 토양과 증류수를 1:5 비율로 희석하여 측정하였으며 (SP2000, SKALAR, Nether-

land), 토양 유기물은 체질된 토양을 막자사발로 분쇄한 토양 시료를 원소분석기 (Vario Max CNS, elementanalyser systeme GmbH, Germany)를 사용하여 분석하였다. 유효인산은 Lancaster법으로 분석하였고, 교환성양이온 (exchangeable (Exch.) Ca^{2+}, K^{+}, Mg^{2+}, Na^{+})은 1 N-NH_4OAc (pH 7.0)으로 추출하여 ICP-OES (Vario Max CNS, element analyser systeme GmbH, Germany)를 사용하여 분석하였다. 토양 시료 채취 시, 지속적인 강우로 인하여 배수가 원활하지 않아 정확한 토양 물리성 조사를 위하여 10월 경에 동일한 지점에서 토양 시료를 추가적으로 채취하였다. 채취한 시료에 대해 토성은 5% Sodium hexameta-phosphate 용액으로 토양의 입단을 분산시킨 후 비중계법으로 분석하였으며, 수리전도도는 실내용 포화수리전도도 (K_{sat}) 측정기 (Meter group, USA)을 이용하여 분석하였다. 또한, 시료 채취 지점과 동일한 지점에서 Yamanaka 토양경도계 (Daiki, Japan)를 사용하여 10반복으로 토양 경도를 측정하였고, 100 cm^3 코어 시료를 이용하여 토양의 용적밀도와 공극률을 조사하였다.

토양 수분함량 및 지하수위 측정 강우에 따른 토양수분함량 및 지하수위 변동을 조사하기 위하여 조사지역 내 200 m와 400 m 간격의 지점에 각각 토양수분센서 (총 16개소)와 지하수위 센서 (총 4개소)를 설치하여 2022년 7월부터 12월까지 모니터링하였다 (Fig. 1). 토양 수분함량의 경우 토양수분 프로파일러 (Drill & Drop Probe, Sentek, Australia)를 이용하여 토심 0 - 120 cm까지 1시간 간격으로 실시간 변동을 측정하였다. 지하수위는 데이터로거가 장착된 수위측정기 (Diver, Eijenkomp, Netherlands)를 설치하여 깊이 3 m의 내부 관정 (직경 5 cm, 말단하부 1 m까지 토사유입 방지망 부착)에서 1시간 단위로 수위 변화를 조사하였다.

통계 분석 토양 이화학성 (pH, $EC_{1:5}$, 유기물, 유효인산, 교환성 칼슘 등)과 토양 시료 채취 시기별 및 토심별 변화를 평가하기 위하여 유의확률 95% 수준에서 IBM SPSS Statistics 27 프로그램을 이용하여 분산분석 (ANOVA)으로 검증하였다.

Results and Discussion

토양의 이화학성 새만금 간척지의 표토 (0 - 20 cm)는 산성 토양 (pH 5.4 - 5.9)으로 밭토양 관리 (NAS, 2017) pH 기준 (5.5 - 6.5)에 속하였으나, 토심 20 - 120 cm의 pH는 6.9 - 7.8로 높아졌다 (Tables 1 and 2). 토양의 $EC_{1:5}$

Table 1. Soil chemical properties at different soil depth in Saemangeum reclaimed tideland in April 2022.

Soil depth (cm)	pH	EC† (dS m^{-1})	Avail. P_2O_5‡ (mg kg^{-1})	O.M.§ (g kg^{-1})	Exch. cations¶ ($cmol_c$ kg^{-1})			
					Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}
0 - 20	5.5 ± 0.4#	0.23 ± 0.18	35.5 ± 17.2	5.2 ± 2.3	1.0 ± 0.3	2.1 ± 0.3	0.3 ± 0.1	0.1 ± 0.2
20 - 40	7.0 ± 0.7	0.14 ± 0.08	20.2 ± 5.7	1.7 ± 0.5	0.9 ± 0.5	2.2 ± 0.3	0.6 ± 0.1	0.5 ± 0.4
40 - 60	7.4 ± 0.7	0.18 ± 0.12	18.7 ± 5.1	1.5 ± 0.4	0.8 ± 0.3	2.2 ± 0.2	0.6 ± 0.1	0.8 ± 0.5
60 - 80	7.6 ± 0.7	0.17 ± 0.14	19.7 ± 5.9	1.6 ± 0.3	1.0 ± 0.3	2.3 ± 0.7	0.7 ± 0.2	0.8 ± 0.4
80 - 100	7.5 ± 1.0	0.34 ± 0.39	15.9 ± 3.4	1.6 ± 0.5	1.0 ± 0.2	2.2 ± 0.4	0.8 ± 0.2	0.8 ± 0.4
100 - 120	7.8 ± 1.2	0.46 ± 0.35	17.2 ± 6.1	1.5 ± 0.5	1.0 ± 0.2	2.2 ± 0.4	0.8 ± 0.2	0.9 ± 0.4

†EC, electrical conductivity; ‡Avail. P_2O_5, available phosphorus; §O.M., organic matter; ¶Exch. cations, exchangeable cations; # Values are means ± standard deviation (n = 20).

(0.13 - 0.51 dS m^{-1})는 토심이 깊어질수록 증가하는 추세였으나, 모든 층위에서 밭 토양 관리 기준인 (NAS, 2017) 2 dS m^{-1} 이하인 점으로 미루어 보았을 때 토심 120 cm 까지 제염이 진행된 것으로 판단된다. 새만금 간척지 토양의 유효인산 (17.2 - 34.9 mg kg^{-1})과 유기물 (1.5 - 5.2 g kg^{-1}), 교환성칼슘 (0.8 - 1.1 $cmol_c$ kg^{-1}) 함량은 밭토양 관리 기준 (NAS, 2017, 유효인산: 300 mg kg^{-1}, 유기물: 20 g kg^{-1}, 교환성 칼슘 5 $cmol_c$ kg^{-1})에 비해 매우 낮은 수준이었다.

Table 2. Soil chemical properties at different soil depth in Saemangeum reclaimed tideland in August 2022.

Soil depth (cm)	pH	EC† (dS m^{-1})	Avail. P_2O_5‡ (mg kg^{-1})	O.M.§ (g kg^{-1})	Exch. cations¶ ($cmol_c$ kg^{-1})			
					Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+
0 - 20	6.2 ± 0.8ǂ	0.16 ± 0.18	47.8 ± 30.0	3.3 ± 1.6	1.0 ± 0.2	2.6 ± 0.3	0.5 ± 0.2	0.2 ± 0.2
20 - 40	6.9 ± 0.7	0.17 ± 0.08	44.4 ± 31.1	2.1 ± 0.6	0.9 ± 0.2	2.6 ± 0.3	0.6 ± 0.1	0.5 ± 0.5
40 - 60	7.2 ± 0.7	0.19 ± 0.10	47.7 ± 33.9	1.8 ± 0.4	1.0 ± 0.3	2.4 ± 0.3	0.6 ± 0.1	0.5 ± 0.4
60 - 80	7.2 ± 0.8	0.27 ± 0.24	46.3 ± 31.8	2.0 ± 1.4	1.2 ± 0.6	2.4 ± 0.3	0.7 ± 0.1	0.4 ± 0.3
80 - 100	7.5 ± 0.9	0.51 ± 0.41	44.9 ± 26.5	1.7 ± 0.5	1.1 ± 0.3	2.3 ± 0.3	0.9 ± 0.2	0.4 ± 0.3
100 - 120	7.8 ± 1.0	0.39 ± 0.39	46.4 ± 33.4	1.6 ± 0.5	1.1 ± 0.4	2.3 ± 0.3	0.9 ± 0.2	0.5 ± 0.4

†EC, electrical conductivity; ‡Avail. P_2O_5, available phosphorus; §O.M., organic matter; ¶Exch. cations, exchangeable cations; ǂ Values are means ± standard deviation (n = 20).

새만금 간척지 토양의 이화학성을 4년간 (2013 - 2016년) 모니터링 한 Ryu et al. (2019)의 연구 결과와 비교하였을 때, 유효인산 (36 mg kg^{-1}) 및 유기물 함량 (2 g kg^{-1}) 등이 본 연구결과와 유사한 점을 미루어보아 새만금 간척지에서의 밭작물 재배를 위한 토양 환경 개선이 미흡하였음을 알 수 있다. 따라서, 새만금 간척지에서 밭작물을 재배하여 안정적으로 수량을 확보하기 위해서는 인산질 비료 시비, 퇴비 및 부산 석고 시용 등 다양한 방법을 이용하여 토양 비옥도를 개선할 필요가 있다 (Ryu et al., 2020; Oh et al., 2022). 토양 이화학성은 토양 채취 시기별로 비교하였을 때, pH와 $EC_{1:5}$, 유기물 등은 통계적으로 유의성이 없었으며, 유효인산과 교환성 칼슘은 유의성이 있었다 (Table 3). 반면에, 토심별 차이는 pH와 $EC_{1:5}$, 유기물 등은 통계적으로 유의성이 있었으며, pH와 $EC_{1:5}$는 토심이 깊어질수록 증가하였으며, 유기물은 반대로 감소하였다.

Table 3. Analysis of variance (ANOVA) for chemical properties of soils sampling period in April and August and soil depth of 0 - 120 cm.

Source of variation	pH	$EC_{1:5}$† (dS m^{-1})	Avail. P_2O_5‡ (mg kg^{-1})	O.M.§ (g kg^{-1})	Exch. Ca^{2+}¶ ($cmol_c$ kg^{-1})
Sampling period	nsǂ	ns	**	ns	*
Depth	**	**	ns	**	ns

†EC, electrical conductivity; ‡Avail. P_2O_5, available phosphorus; §O.M., organic matter; ¶Exch. Ca^{2+}, exchangeable calcium; ǂ ns, not signigicant; *significant at $p < 0.05$; **significant at $p < 0.001$.

작물 생육에 있어 토양의 화학성 뿐만 아니라 물리성도 작물의 양분 이용 등에 중요한 영향을 미치며, 특히 토양 물리성 중 용적 밀도는 작물 생장에 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 (Cho et al., 2012). 새만금 간척지 토양은 토심과 관계없이 모래 (70.1 - 76.4%; 평균 73.1%), 실트 (20.7 - 27.0%; 평균 23.9%), 점토 (2.8 - 3.2%; 평균 3.0%) 함량

이 유사하였으며, 토성은 양질 사토 또는 사양토로 분류되었다 (Table 4). 토양의 용적밀도 (1.45 - 1.49 g cm^{-3}; 평균 1.47 g cm^{-3})는 국내 사양질 밭토양의 평균 용적밀도 (1.23 g cm^{-3})보다 높았으며 (Cho et al., 2012), 공극률은 43.7 - 45.3%의 범위로 토심에 따른 차이는 미비한 수준이었다. 토양 경도는 15.1 - 18.6 mm로 NAAS (2011) 기준에 의해 작물생육에 양호한 수준 (경도 21 mm 미만)으로 판단되었다. 토심 20 cm 간격의 토양 수리전도도 (평균 1.4×10^{-5} m sec^{-1})를 조사한 결과 토심 0 - 60 cm는 약간 빠름, 60 - 100 cm는 빠름, 100 - 120 cm는 매우 빠름 배수 등급에 해당하였는데 (NSSC, 2002), 새만금 간척지 토양은 타 국가 간척지에 비해 모래 함량이 많은 양질 사토와 사양토 계열에 해당하기 때문에 배수가 양호한 것으로 판단된다 (Lee et al., 2013).

Table 4. Soil physical properties at different soil depth in Saemangeum reclaimed tideland in October 2022.

Soil depth (cm)	Bulk density (g cm^{-3})	Porosity (%)	Hardness (mm)	Hydraulic conductivity (m s^{-1})	Particle size distribution (%)			Soil texture
					Sand	Silt	Clay	
0 - 20	1.45 ± 0.06 †	45.3 ± 2.1	15.1 ± 3.4	$3.6 \times 10^{-6} \pm 3.1 \times 10^{-6}$	73.2 ± 10.2	23.7 ± 10.2	3.1 ± 1.4	Loamy sand
20 - 40	1.47 ± 0.06	44.4 ± 2.2	18.6 ± 2.9	$6.5 \times 10^{-6} \pm 1.1 \times 10^{-5}$	76.4 ± 6.8	20.7 ± 6.9	2.9 ± 0.8	Loamy sand
40 - 60	1.47 ± 0.06	44.5 ± 2.3	17.8 ± 2.7	$5.9 \times 10^{-6} \pm 1.2 \times 10^{-5}$	71.3 ± 8.4	25.5 ± 7.8	3.2 ± 1.2	Sandy loam
60 - 80	1.49 ± 0.18	43.7 ± 6.7	16.6 ± 2.3	$2.8 \times 10^{-5} \pm 4.9 \times 10^{-5}$	73.6 ± 9.3	23.5 ± 9.1	2.9 ± 1.1	Loamy sand
80 - 100	1.46 ± 0.05	44.9 ± 2.1	16.1 ± 3.5	$1.2 \times 10^{-5} \pm 1.3 \times 10^{-5}$	70.1 ± 10.2	27.0 ± 9.4	3.0 ± 1.4	Sandy loam
100 - 120	1.49 ± 0.05	44.0 ± 1.9	15.1 ± 3.2	$3.1 \times 10^{-5} \pm 6.1 \times 10^{-5}$	73.9 ± 10.6	23.3 ± 9.6	2.8 ± 1.4	Loamy sand

† Values are means ± standard deviation (n = 20).

지하수위 변동 및 토양수분함량 변화 지하수위의 경우, 조사 지점이 상대적으로 내륙에 위치한 a와 b 지점은 각각 2.6 - 1.8 m, 2.5 - 1.5 m의 변동폭을 나타내었으며, 해안 쪽에 위치한 c와 d 지점은 각각 1.9 - 0.6 m, 2.1 - 0.3 m의 변동폭을 보이며 지하수위가 내륙 쪽보다 항상 높았다 (Fig. 2). 토양 내에서는 지표침투수와 지하수가 내륙 쪽에서 해안 쪽으로 이동하기 때문에 내륙 쪽의 지하수위가 해안 쪽보다 낮다 (Lee et al., 2021). 조사 지점의 위치와 관계없이 a, b, c, d 지점 모두 강우시에는 지하수위가 높아졌으나, 상승 폭은 해안 쪽에 위치한 c, d 지점이 더 컸다. 특히, 강우 32.5 mm $hour^{-1}$ 이상 시에는 지하수위가 0.3 m까지 높아졌으며, 약 30 mm $hour^{-1}$ 이상의 강우 시 해안 쪽과 내륙 쪽의 지하수위가 최대 2 m 차이가 발생하기도 하였다. 따라서, 여름철 장마 시에는 습해가 발생할 수 있으므로 밭작물 재배를 위해서는 배수 시설을 설치할 필요성이 있으며, 해안 쪽에 위치한 토양의 경우 습해에 대한 주의가 더 요구된다.

토양수분함량의 경우, 20 cm 간격의 각 토심 별로 10.8 - 41.2%, 14.5 - 39.5%, 13.3 - 40.0%, 15.4 - 41.5%, 16.6 - 42.6%, 20.3 - 42.7%이었다 (Fig. 3). 특히, 토심 40 cm까지는 강우에 의해 토양수분함량이 변하였다. 또한, 토심 0 - 40 cm의 토양은 양질 사토로 토양의 보수력이 낮은 편이기 때문에 비강우시에는 증발산 등에 의해 토양수분함량이 크게 감소함에 따라 전체 조사 기간 동안의 토양수분함량의 변동이 컸을 것으로 판단된다 (Kim et al., 2018; Lee et al., 2022). 따라서, 새만금 간척지에서 밭작물 재배를 위해서는 토양의 이화학성 개선을 통해 토양 수분함량을 관리할

필요가 있으며, 강우 시 습해 또한 유의해야 한다. 토심 40 - 120 cm의 토양 수분함량은 강우에 의해서는 크게 변하지 않았지만, 해안 쪽에 위치한 토양의 수분함량이 내륙 쪽에 위치한 토양보다 약 10% 가량 높았다. 이는 해안 쪽 지점의 지하수위가 내륙 쪽 지점보다 높은 점과 상응한다.

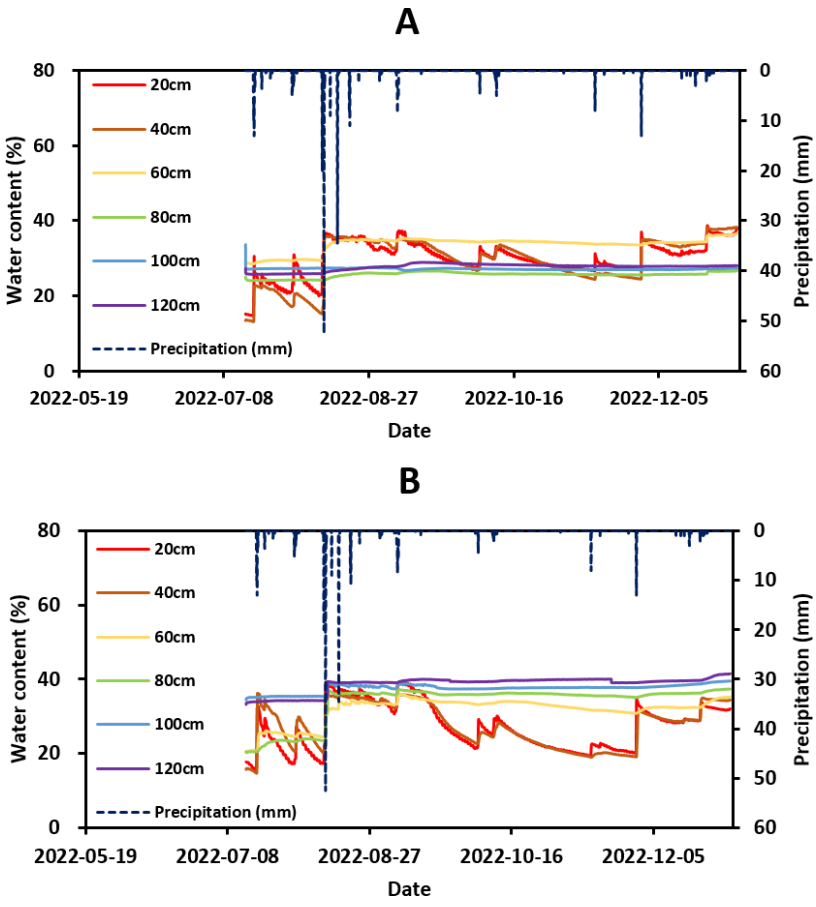


Fig. 3. Soil water contents at different soil depth and precipitation in investigated site (A: the soils located in land of intermediate and shallow groundwater level, B: the soils located near coastal of deep groundwater level) of Saemangeum reclaimed land during July to December 2022.

Conclusions

본 연구에서는 새만금 간척지에서 밭작물을 안정적으로 재배하기 위해 토양 특성을 규명하기 위해 토양 이화학성 및 지하수위, 토양수분함량 등의 변화를 모니터링하였다. 새만금 간척지 내 조사 지역의 경우, 토심 120 cm까지 대부분 염농도가 2 dS m^{-1} 이하로 제염이 이루어진 것으로 판단이 된다. 하지만, 유기물과 유효인산, 교환성 칼슘 함량 등 토양의 양분은 부족하여 밭작물 적정기준에 미치지 못하였다. 따라서, 안정적인 밭작물 재배를 위해서는 토양 개량 및 비옥도 증진이 필요하다고 판단된다. 지하수위와 토양수분함량을 모니터링한 결과, 작물의 근권에 해당하는 토층은 강우에 의해 지하수위와 토양수분함량 변동이 크기 때문에 밭작물 재배를 위해서는 습해 또는 가뭄에 유의할 필요가 있다. 특히, 해안 쪽에 위치한 토양의 경우, 내륙 쪽에 위치한 토양보다 상대적으로 지하수위가 높으므로 습해에

더욱 주의해야 한다. 향후 재배 작물에 중점을 두어 토양 이화학성을 개선하고 배수시설을 설치하여 양분 부족과 습해 등을 방지한다면 새만금 간척지 내 밭농업 조성의 효율성을 높일 수 있을 것으로 예상된다.

Acknowledgement

This work was carried out with the support of the “Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. PJ016801012022)”, Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

Bae, H.S., H.S. Jang, S.H. Ahn, U.H. Kim, J.T. Youn, and D.Y. Chung. 2021. Estimation of optimum N fertilizer and sowing rate for Italian ryegrass seed production in the Saemangeum reclaimed land. Korean J. Soil Sci. Fert. 54(2): 213-221.

Cho, H.R., Y.S. Zhang, K.H. Han, H.J. Cho, J.H. Ryu, K.Y. Jung, K.R. Cho, A.S. Ro, S.J. Lim, S.C. Choi, J.I. Lee, W.K. Lee, B.K. Ahn, B.H. Kim, C.Y. Kim, J.H. Park, and S.H. Hyun. 2012. Soil physical properties of arable land by land use across the country. Korean J. Soil Sci. Fert. 45(3):344-352.

Chung, D.Y., H.J. Kim, G.R. Kim, H.N. Woo, S.H. Park, J.H. Shin, and Y.C. Choi. 2011. Properties and fate of nitrogen in a reclaimed tidal soil. J. Agric. Sci. 35:301-307.

Jeong, Y.J., S.S. Lim, H.J. Park, B.S. Seo, S.I. Park, J.H. Ryu, K.S. Lee, D.Y. Chung, H.Y. Kim, S.H. Lee, H.I. Yang, and W.J. Choi. 2020. Evaluation of crop suitability for reclaimed tideland soils using soil and water salinity and soil texture. Korean J. Soil Sci. Fert. 53(1):70-81.

Jung, Y.S., W.H. Lee, J.H. Joo, I.H. Yu, W.S. Shin, Y. Ahn, and S.H. Yoo. 2003. Use of electromagnetic inductance for salinity measurement in reclaimed saline land. Korean J. Soil Sci. Fert. 36(2):57-65.

Kim, D.J., K.H. Han, Y.S. Zhang, H.R. Cho, S.A. Hwang, and J.H. Ok. 2018. Evaluation of evapotranspiration in different paddy soils using weighable lysimeter before flooding stage. Korean J. Soil Sci. Fert. 51(4):510-521.

Lee, K.B., J.G. Kang, K.D. Lee, S.H. Lee, S.A. Hwang, S.W. Hwang, and H.K. Kim. 2013. Soil characteristics of newly reclaimed tidal land and its changes by cultivation of green manure crops. Korean J. Soil Sci. Fert. 46(2):129-135.

Lee, K.S., K.H. Jung, S.H. Lee, J. Jung, and B.H. Kang. 2021. Changes in ridge height and maize growth with various conservation treatments affected by rainfall characteristics in Saemangeum reclaimed land. Korean J. Soil Sci. Fert. 54(4):567-577.

Lee, K.S., Y.Y. Oh, H.K. Ock, H.S. Lee, B.H. Kang, and K.H. Jung. 2022. Emergence rates of sesame, perilla, peanut, and sorghum under different soil moisture conditions and amendment treatments in Saemangeum reclaimed land. Korean J. Soil Sci. Fert. 55(2):139-147.

Lee, S., H.S. Bae, H.K. Kim, T.H. Noh, and G.H. Lee. 2014. Temporal variations on soil salinity and cation displacement at Saemangeum and Yeongsangang reclaimed tidal lands. J. Agric. Chem. Environ. 3:121-129.

MAFRA. 2020. Major statistics of agriculture, forestry, live stock and food 2020. Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs, Sejong, Korea.

NAAS. 2011. Soil and plant analyses. National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea.

NAS. 2017. Fertilizer recommendation for crops. Third edition. National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju, Korea.

NIAST. 2000. Analysis method of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.

NICS. 2013. Look in the reclaimed tidal land. p. 102. National Institute of Crop Science, Wanju, Korea.

NSSC (National Soil Survey Center). 2002. Field book for describing and sampling soil. Version 3.0. USDA-NRCS, Washington, D.C., USA.

Oh, Y.Y., H.K. Ock, J.H. Ryu, S.H. Lee, H.S. Lee, K.S. Lee, K.H. Jung, S.Y. Yoo, T.W. Kim, and K.Y. Kim. 2022. Soil properties and maize growth affected by soil nutrient management practices in Saemangeum reclaimed land. Korean J. Soil Sci. Fert. 55(2):102-112.

Park, H.J., B.S. Seo, Y.J. Jeong, H.I. Yang, S.I. Park, N.R. Baek, J.H. Kwak, and W.J. Choi. 2022. Soil salinity, fertility and carbon content, and rice yield of salt-affected paddy with different cultivation period in southwestern coastal area of South Korea. Soil Sci. Plant Nutr. 68:53-63.

Ryu, J.H., Y.Y. Oh, S.H. Lee, and J.T. Lee. 2019. Soil chemical properties of reclaimed tide lands under government management in Korea: Results of 4-years monitoring. Korean J. Environ. Agric. 38(3):273-280.

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 years. Korean J. Environ. Agric. 39(4):327-333.

Seo, B.S., K.S. Lee, H.J. Park, Y.J. Jeong, N.R. Baek, S.I. Lee, K.S. Yoon, and W.J. Choi. 2022. Conversion factors for electrical conductivity of 1:5 soil-water extracts to saturated paste of reclaimed tideland soils are affected by sand contents. Korean J. Soil Sci. Fert. 55(3):251-260.

Shin, M.S. 2011. Floating architecture project and inner development in reclamation area of Saemangeum. Special Issue. Rev. Archit. Build. Sci. 55(9):32-36.

Statistics Korea. 2022. Statistics of agricultural area. Statistics Korea, Daejeon, Korea.