

FOOD&CHEMISTRY

Status and changes in physico-chemical properties of soil in Chungcheongnam-do

Yun-Gu Kang¹, Sung-Jin Park^{2,*}, Jae-Han Lee¹, Jin-Hyuk Chun¹, Jun-Young Lee¹, Taek-Keun Oh^{1,*}

¹Department of Bio-Environmental Chemistry, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Soil and Fertilizer Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju 55365, Korea

*Corresponding authors: archha98@korea.kr, ok5382@cnu.ac.kr

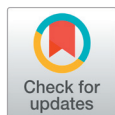
Abstract

The physico-chemical properties of agricultural soil are factors that affect crop productivity and soil fertility. In Korea, agricultural environment change surveys have been conducted every four years since 1999. The purpose of this study is to investigate the status and changes in the physico-chemical properties of agricultural soil in Chungcheongnam-do. Samples were collected from the exact location of the aforementioned environment survey, and environmental variables (land use, type of crop cultivated) were investigated in relation to the samples. Soil collection was conducted using a core sampler and a single gouge auger. The bulk density of the soil generally increased up to a depth of sampling of 40 cm but decreased thereafter to a depth of 60 cm. Additionally, the bulk density was highest in the upland soil case and stood at 1.59 g·cm⁻³, while the lowest value of 1.52 g·cm⁻³ was obtained from orchard soil samples. Conversely, the porosity and moisture gradually decreased at soil depths of 0 - 40 cm and increased at depths of 40 - 60 cm. Most of the soil chemical properties generally decreased with an increase the soil depth from 0 to 70 cm, but electrical conductivity (EC) increased up to a depth of 40 cm. Therefore, it is judged that it is necessary to lower the bulk density by supplying organic matter for agricultural land in Chungcheongnam-do.

Key words: orchard soil, paddy soil, upland soil

Introduction

토양의 물리·화학적 특성은 작물 생산성과 밀접한 연관이 있으며, 토양 비옥도와 양분 수준 등에도 중요한 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있다(Yamagishi et al., 2003; Park et al., 2017). 이러한 특성을 조사하는 것은 농경지의 생산성 변동 파악 및 농업환경 유지, 안전한 먹거리 제공, 생산자에 대한 소득 보장 등을 위해 반드시 필요하다(Roh et al., 2015). 국내 농경지 토양의 특성 조사는 1963년부터 1985년까지 전국 토양개량조합 및 시군농촌지도소에서 토양을 채취한 후 식물환경연구소에서 분석한 사례가 국내에서 처음 시행된 토양 특성 조사로 여겨진다(Kim et al., 1963; Yoon et al., 2016). 1998년에 친환경농업육성법이 시행되면서 1999년부터 4년을 주기로 전국 농경지 토양을 대상으로 농업환경실태조사가 수행되고 있다



OPEN ACCESS

Citation: Kang YG, Park SJ, Lee JH, Chun JH, Lee JY, Oh TK. Status and changes in physico-chemical properties of soil in Chungcheongnam-do. Korean Journal of Agricultural Science 49:239-247. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20220021>

Received: February 03, 2022

Revised: April 12, 2022

Accepted: April 13, 2022

Copyright: © 2022 Korean Journal of Agricultural Science



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.

(Kang et al., 2013). 토양의 특성 조사 항목 중 토양의 물리적 특성은 작물의 뿌리 성장, 보수력, 보비력, 토양의 물 빠짐 등을 결정하는 요인이며, 토양의 여러 특성에 큰 영향을 미친다(Dexter, 2004). 농경지 토양의 물리적 특성은 하나의 지표로 토양의 특성을 파악하기 어려우며, 여러 특성을 종합적으로 확인해야 가능하다(Cho et al., 2012). 또한 토양의 물리적 특성은 토지 이용 형태, 토성, 재배 작물, 기후 등 여러 변수에 따라 크게 달라지며, 국내 농경지 토양의 물리적 특성을 파악하는 것은 토질 악화 방지 등 지속가능한 농업을 위해 필수적이다(Cho et al., 2012). 토양의 물리적 특성에 비해 화학적 특성은 비교적 활발하게 연구가 진행되었으며, OECD와 Yoon 등(2004)에서 각각 토양의 화학적 특성에 대한 토양의 질 평가 방법을 제안하였다(Kim et al., 2010). 또한 Kang 등(2013)은 국내 논 토양 2,070지점의 화학성을 분석하여 보고하였으며, Roh 등(2015)은 경기도에 분포한 논 토양 240지점의 화학성을 분석하여 보고하였다. 밭 토양의 경우 Kim 등(2019)에서 2001년부터 2017년까지 화학성 변동을 보고한 바 있다. 농경지 토양의 물리성은 2005년 이후 유기농재배지를 중심으로 조사가 시작되어 1963년에 조사를 시작한 화학성에 비해 선행 연구의 결과가 다소 미흡하다(Jo et al., 2009).

본 연구는 충청남도 지역 농경지 151지점을 대상으로 토양의 특성을 조사하였으며, 이를 통해 충청남도 내 농경지 토양의 물리·화학적 특성 현황 및 변화를 파악하였다.

Materials and Methods

시료 채취

시료 채취 지점은 국립농업과학원 및 각 도별 농업기술원에서 농업환경변동조사를 수행한 지점과 동일한 지점을 선정하였다. 시료 채취 지점은 Yoo 등(2021)에서 제시한 지도의 형태를 참고하여 Fig. 1와 같이 나타내었다. 농경지 토양은 논, 밭, 과수원으로 각각 구분하여 총 151지점을 채취하였다. 시료 채취는 2020년 3월부터 4월과 8월부터 10월에 수행하였으며, 농경지 특성에 따라 시료 채취 시기를 조정하였다. 토양 채취 과정에서 시료 외에도 해당 지점의 농경지 유형, 재배 작물 등 농업 변수를 조사하였다. 시료 채취 과정 중 조사한 지역별 재배 작물은 Table 1에 정리하여 나타내었다. 시료 채취는 분석 항목에 따라 core sampler와 single gouge auger (Eijkkamp, Giesbeek, Netherlands)를 이용하여 각각 10 cm 간격으로 수행하였으며, 표토를 일부 제거한 후 auger 선에 맞춰 구분하였다. 토양의 물리성 분석을 위한 시료는 core sampler를 이용하여 0 - 60 cm까지 채취하였으며, 화학성 분석을 위한 토양은 0 - 70 cm 사이의 시료를 single gouge auger로 채취하였다.

토양의 이화학성 분석

토양의 물리적 특성을 분석하기 위해 현장에서 채취한 시료를 105°C로 설정한 Forced convection oven (OF-12, Jeio tech, Seoul, Korea)에서 48시간 건조하였으며, 건조 전·후 토양 중량 변화를 기반으로 bulk density, porosity, moisture를 계산하였다. 토양의 화학적 특성은 single gouge auger로 채취한 토양을 건조한 후 2 mm 이하의 체(sieve)로 걸러 pH, EC (electrical conductivity), T-C (total carbon), T-N (total nitrogen), OM (organic matter)을 분석하였으며, 국립농업과학원의 토양화학분석법과 Kang 등(2021)을 참고하여 수행하였다(NIAS, 2010). 토양의 pH와 EC는 전극법을 이용하였으며, 시료와 증류수를 1 : 5 (w·v⁻¹)의 비율로 혼합한 후 Benchtop Meter with pH and EC (ORION™ Versa Star Pro™, Thermo Scientific Inc., Waltham, Massachusetts, USA)로 측정하였다. T-C와 T-N은 CHN Analyzer (TruSpec Micro, Leco, Michigan, USA)를 이용하여 측정하였다. OM은 시료의 T-C를 분석한 결과에 1.724를 곱하여 계산하였다.

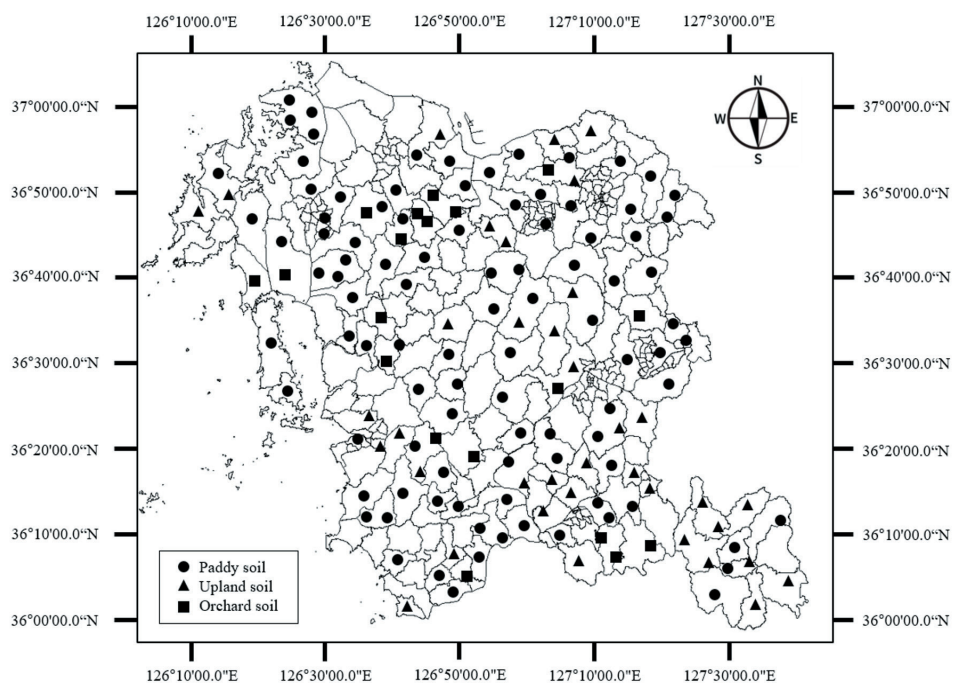


Fig. 1. Soil sampling points classified by land use.

Table 1. The cultivated crops of sampling sites located in Chungcheongnam-do.

Region	Cultivated crops in sampling points
Gye-ryong	Ginseng, sesame
Gong-ju	Chestnut, maize, rice, sesame, sweet potato
Geum-san	Bean, ginger, ginseng, rice, sesame, sweet potato
Non-san	Pear, persimmon, rice, sesame, tobacco
Dang-jin	Pear, persimmon, rice, sesame
Bo-ryeong	Cabbage, green onion, rice, sweet potato
Bu-yeo	Chestnut, rice, sesame
Seo-san	Rice
Seo-cheon	Rice
A-san	Apple, green onion, rice, sesame
Ye-san	Apple, maize, rice
Cheon-an	Rice
Cheong-yang	Rice
Ta-ean	Rice
Hong-seong	Rice
Se-jong	Pear, rice

Results and Discussion

토양의 물리적 특성 변화

충청남도 농경지 토양의 물리적 특성을 분석한 결과는 Table 2에 나타내었다. 토양의 bulk density는 0 - 40 cm까지 깊이가 깊어질수록 1.41 g·cm⁻³에서 1.64 g·cm⁻³로 높아지는 경향을 보였으며, 40 - 60 cm에서는 1.60 g·cm⁻³로 약 3% 감소하는 경향을 나타내었다. 토양의 porosity는 0 - 10 cm에서 약 46.93%로 가장 높았으며, 30 - 40 cm에서 38.04%로 가장 낮았다. Porosity는 bulk density와 상반된 경향을 나타내었으며, 0 - 40 cm까지는 점차 감소하다 40 - 60 cm에서 증가하는 경향을 나타내었다. 토양 moisture의 경우 0 - 10 cm에서 25.36%로 가장 높았으며, 30 - 40 cm에서 20.15%로 가장 낮게 관측되었다. 또한 토양 moisture와 porosity는 서로 유사한 경향을 나타내었다. Moisture의 최솟값은 40 - 50 cm에서 5.30%이었으며, 최댓값은 0 - 10 cm에서 67.30%이었다. Lee 등(2015)은 국내 농경지의 물리·화학적 특성을 조사하였으며, 국내 농경지 토양의 평균 porosity는 약 60% 수준이었다. 그에 반해 본 연구에서 조사된 충청남도 농경지 토양의 평균 porosity는 38.04 - 46.93%로 선행연구의 조사 결과에 비해 최소 15%에서 최대 22%가량 낮게 관측되었다.

Table 2. Physical properties of soils in Chungcheongnam-do.

Sample	Depth (cm)	Bulk density (g·cm ⁻³)			Porosity (%)			Moisture (%)		
		Mean	SD	Min - Max	Mean	SD	Min - Max	Mean	SD	Min - Max
Soil	0 - 10	1.41	0.20	0.93 - 1.87	46.93	7.63	29.57 - 65.05	25.36	9.49	7.93 - 67.30
	10 - 20	1.50	0.19	1.02 - 2.05	43.26	7.04	22.49 - 61.49	22.36	6.98	9.47 - 49.61
	20 - 30	1.61	0.19	0.90 - 2.03	39.27	7.11	23.37 - 65.88	20.17	6.03	9.99 - 39.37
	30 - 40	1.64	0.20	0.51 - 2.10	38.04	7.61	20.76 - 80.67	20.15	6.24	10.10 - 40.39
	40 - 50	1.60	0.22	0.30 - 1.99	39.71	8.29	25.02 - 88.68	21.54	7.46	5.30 - 44.23
	50 - 60	1.60	0.19	1.20 - 2.01	39.73	7.06	23.96 - 54.79	22.29	7.29	8.04 - 50.01
	60 - 70	-	-	-	-	-	-	22.65	7.07	9.10 - 46.96

SD, standard deviation; Min, minimum; Max, maximum.

토양의 물리적 특성을 분석한 결과를 농경지 유형(논, 밭, 과수원)에 따라 분류한 결과는 Table 3에 나타내었다. 농경지 유형별 평균 bulk density는 밭 토양에서 1.59 g·cm⁻³로 가장 높았으며, 논 토양과 과수원 토양이 각각 1.55, 1.52 g·cm⁻³로 약 3, 5% 가량 낮았다. 밭 토양의 경우 깊이가 0 cm에서 60 cm로 깊어짐에 따라 bulk density가 점차 증가하는 반면 논 토양과 과수원 토양은 30 - 40 cm에서 bulk density가 가장 높았다. 토양의 평균 porosity는 밭 토양, 논 토양, 과수원 토양이 각각 39.83, 41.41, 42.62%이었으며, 과수원 토양에서 가장 높게 나타났다. 또한 각 토양의 평균 porosity는 전체 토양의 porosity의 경향과 유사하였으며, 30 - 40 cm에서 가장 낮게 관찰되었다(Table 2). 토양의 moisture의 경우 porosity와 유사하게 충청남도 전체 토양을 분석한 결과의 경향과 토양을 농경지 유형별로 정리한 결과가 유사한 경향을 나타내었다(Table 3). 평균 moisture는 논 토양과 과수원 토양에서 동일한 23.23%로 가장 높았으며, 밭 토양은 18.74%로 다른 유형의 토양에 비해 약 4.5% 가량 낮게 관측되었다. Cho 등(2012)은 전국에 분포한 농경지 토양의 물리적 특성을 2009년부터 2011년까지 조사하였으며, 조사한 결과를 토지이용형태별로 분류하였다. 국내 밭 토양의 bulk density는 0 - 5 cm에서는 약 1.33 g·cm⁻³이며, 5 cm 이하에서는 1.52 g·cm⁻³라고 보고하였다. 또한 논 토양과 과수원 토양에서도 각각 1.22 - 1.47 g·cm⁻³와 1.25 - 1.41 g·cm⁻³이었다. 본 연구에서 조사한 결과와 비교하였을 때 충청남도 지역 농경지의 bulk density는 국내 평균 bulk density에 비해 높게 나타났으며, 특히 과수원 토양에서 약 8% 이상 높았다. 이는 밭과 논에 비해 과수원에서 재배하는 작물의 재배 기간이 길어 경운 횟수가 감소함에 따라 과수원 토양의 bulk density가 증가한 것으로 생각된다.

Table 3. Physical properties of soils based on land use in Chungcheongnam-do.

Sample	Depth (cm)	Bulk density ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)			Porosity (%)			Moisture (%)		
		Mean	SD	Min - Max	Mean	SD	Min - Max	Mean	SD	Min - Max
Upland soil	0 - 10	1.47	0.24	0.93 - 1.81	44.47	8.92	31.77 - 65.05	20.25	7.53	8.83 - 45.13
	10 - 20	1.53	0.19	1.14 - 1.88	42.27	7.29	29.02 - 57.04	18.73	5.11	9.47 - 35.27
	20 - 30	1.60	0.22	0.90 - 1.92	39.48	8.12	27.36 - 65.88	17.83	4.70	9.99 - 29.29
	30 - 40	1.66	0.26	0.51 - 2.03	37.25	9.91	23.36 - 80.67	18.35	4.90	11.47 - 27.89
	40 - 50	1.62	0.28	0.30 - 1.99	38.68	10.47	25.02 - 88.68	17.94	5.74	5.30 - 28.90
	50 - 60	1.67	0.18	1.35 - 1.99	36.81	6.62	24.84 - 49.17	18.63	4.74	8.04 - 26.96
	60 - 70	-	-	-	-	-	-	19.47	5.14	9.10 - 29.98
Average			1.59			39.83			18.74	
Paddy soil	0 - 10	1.38	0.19	0.96 - 1.87	48.06	7.12	29.57 - 63.61	27.67	9.34	7.93 - 67.30
	10 - 20	1.50	0.19	1.02 - 2.05	43.43	7.27	22.49 - 61.49	23.89	7.28	9.48 - 49.61
	20 - 30	1.62	0.18	1.16 - 2.03	38.73	6.65	23.37 - 56.32	21.12	6.25	10.90 - 39.37
	30 - 40	1.65	0.18	1.15 - 2.10	37.86	6.86	20.76 - 56.60	20.55	6.61	10.10 - 40.39
	40 - 50	1.59	0.20	1.03 - 1.99	39.90	7.55	25.09 - 61.07	22.77	7.77	6.98 - 44.23
	50 - 60	1.58	0.19	1.20 - 2.01	40.50	7.02	23.96 - 54.79	23.18	7.40	8.24 - 40.82
	60 - 70	-	-	-	-	-	-	23.44	7.21	9.32 - 45.28
Average			1.55			41.41			23.23	
Orchard soil	0 - 10	1.43	0.17	1.16 - 1.74	45.98	6.45	34.25 - 56.41	23.81	9.86	10.83 - 45.92
	10 - 20	1.48	0.14	1.16 - 1.67	44.33	5.19	36.96 - 56.14	21.82	6.10	11.74 - 32.14
	20 - 30	1.55	0.19	1.22 - 1.92	41.50	7.09	27.56 - 53.96	20.32	6.36	12.99 - 32.71
	30 - 40	1.57	0.13	1.31 - 1.77	40.66	5.00	33.10 - 50.43	21.97	6.31	12.82 - 38.25
	40 - 50	1.56	0.17	1.30 - 1.90	41.10	6.58	28.37 - 50.91	23.07	6.82	12.54 - 35.54
	50 - 60	1.53	0.18	1.20 - 1.85	42.16	6.66	30.15 - 54.55	25.48	8.72	15.56 - 50.01
	60 - 70	-	-	-	-	-	-	26.13	8.23	21.32 - 46.96
Average			1.52			42.62			23.23	

SD, standard deviation; Min, minimum; Max, maximum.

토양의 화학적 특성 변화

충청남도 내 전체 151지점의 토양 화학적 특성을 분석한 결과는 Table 4에 나타내었다. 토양의 pH는 토양이 위치한 깊이(0 - 70 cm)가 깊어질수록 낮아지는 경향을 보였다. 특히 가장 높은 평균 pH는 경작 활동이 비교적 활발한 0 - 10 cm와 10 - 20 cm에서 각각 pH 6.35와 pH 6.31이었으며, 사용이 제한적인 60 - 70 cm 깊이의 토양은 pH 5.88로 가장 낮게 측정되었다. 토양 EC의 경우 0 - 50 cm까지는 깊이가 깊어질수록 EC값이 점차 감소하는 경향을 나타내었으나, 50 cm 이하의 깊이에서는 소폭 증가하였다. 이에 따라 EC는 0 - 10 cm에서 $0.71 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 가장 높았으며, 40 - 50 cm에서 $0.45 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 가장 낮았다. 토양의 T-C는 깊이가 깊어짐에 따라 T-C가 점차 감소하였다. 평균 T-C값과 T-C 최댓값은 0 - 10 cm에서 각각 $16.71 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 과 $76.55 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 이었으며, T-C 최솟값은 60 - 70 cm에서 $23.20 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 이었다. OM은 T-C를 이용하여 산출하였기에 T-C와 유사한 경향을 나타내었으며, 0 - 10 cm에서 $28.81 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 으로 가장 높았다. 또한 OM의 최댓값은 0 - 10 cm에서 $83.10 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 이었으며, 최솟값은 30 - 40 cm에서 $0.18 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 이었다. T-N의 평균값은 10 - 20 cm에서 약 $2.05 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 으로 가장 높았으며, 60 - 70 cm에서 $1.13 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 으로 가장 낮았다. Roh 등(2015)은 1999년부터 2015년까지의 경기 지역 논 토양 2,070지점의 화학성 변화를 평가하였으며, Kim 등(2019)은 2001년부터 2017년까지의 국내 밭 토양 화학성 변화를 평가하였다. 앞선 선행연구들은 국내 농경지 토양의 적정 화학성 범위를 연구 결과와 함께 제시하였으며, 본 연구에서는 선행연구에서 제시한 적정 화학성 범위를 이용하여 충청

남도 농경지 토양의 화학성을 평가하였다. 토양 pH 및 EC 평균값은 0 - 70 cm의 토양이 모두 적정 범위(pH 5.5 - 6.5, $\leq 2.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$)에 해당되었으나, OM의 경우 10 cm 이하에 존재하는 토양은 적정 범위($25 - 35 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)에 비해 다소 낮게 관측되었다. 이로 인해 충청남도 농경지 토양은 유기물 공급이 요구되며, 각 분석 항목의 평균값을 크게 벗어나는 토양은 화학적 특성의 개선이 필요할 것으로 판단된다.

토양의 화학성을 분석한 결과를 농경지 유형에 따라 분류한 결과는 Table 5에 나타내었다. 밭 토양의 pH는 0 - 20 cm에서 pH 6.27로 가장 높았으며, 논 토양과 과수원 토양은 각각 30 - 40 cm (pH 6.55)와 10 - 20 cm (pH 6.18)에서 가장 높았다. 또한 0 - 70 cm의 평균값은 논(pH 6.24), 밭(pH 6.06), 과수원(pH 5.80) 순으로 나타났으며, 모두 적정 범위 내에 포함되는 수준이었다. EC는 과수원 토양에서 $1.73 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 가장 높았으며, 밭 토양과 논 토양이 각각 $0.49 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 와 $0.58 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 과수원 토양에 비해 약 3배 이상 낮았다. EC의 적정 범위는 $2.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이하이며, 모든 토양이 적정 범위 내에 포함되었다. 깊이에 따른 EC값 변화는 밭 토양과 과수원 토양에서는 0 - 10 cm에 비해 60 - 70 cm에서 감소하였으나, 논 토양에서는 30 - 50 cm에서 가장 낮았다. T-C의 경우 과수원 토양에서 $10.01 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 으로 가장 높았으며, 논 토양에서 $8.67 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 으로 가장 낮았다. 또한 T-C는 Table 4와 유사하게 모든 유형의 토양에서 깊이가 깊어질수록 감소하는 경향을 나타내었다. 이에 따라 OM도 유사한 경향을 보였으나, 모두 적정 기준에 미달되는 수준이었다. T-N은 논 토양에서 $1.73 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 으로 가장 높았으며, 밭 토양($1.64 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), 과수원 토양($1.40 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) 순으로 나타났다. 앞선 선행연구에서 조사한 2017년도 국내 밭 토양의 pH 및 EC, OM은 각각 pH 6.40, $1.03 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, $27.00 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 이었으며, 충청남도 밭 토양에 비해 대부분 높은 편이었다(Kim et al., 2019). 또한 Kang 등(2013)은 2011년에 국내 논 토양의 화학성을 분석하였으며, 국내 전체 논 토양과 충청남도 논 토양을 비교하였을 때 충청남도 논 토양의 pH는 pH 5.90에 비해 pH 6.24로 높은 편이었으며, OM은 $26.00 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 에 비해 $14.96 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 으로 낮은 편이었다. 국내 농경지 토양의 화학성 분석은 주로 비료시비처방을 위해 수행되고 있으며, 지역별 재배작물 및 농업환경요인이 모두 달라 선행연구의 결과와 다소 차이를 나타내는 것으로 생각된다.

Table 4. Chemical properties of soils in Chungcheongnam-do.

Sample	Depth (cm)	pH			EC			T-C			OM			T-N		
		(1:5, D.H ₂ O)			(dS m ⁻¹)						(g kg ⁻¹)					
		Mean	SD	Min-Max	Mean	SD	Min-Max	Mean	SD	Min-Max	Mean	SD	Min-Max	Mean	SD	Min-Max
Soil	0-10	6.35	0.83	3.46-8.53	0.71	0.54	0.14-4.47	16.71	10.25	2.36-76.55	28.81	17.67	4.07-83.10	2.02	1.60	0.24-7.70
	10-20	6.31	0.79	3.39-8.32	0.59	0.47	0.12-3.78	11.50	7.84	0.77-53.16	19.82	13.51	1.32-75.86	2.05	1.68	0.01-6.79
	20-30	6.22	0.84	3.32-10.23	0.52	0.39	0.10-2.49	8.40	6.56	0.56-41.50	14.47	11.31	0.96-71.55	1.73	1.48	0.10-7.00
	30-40	6.10	0.85	3.27-8.91	0.47	0.32	0.09-2.06	7.20	5.80	0.10-36.10	12.42	10.01	0.18-62.24	1.84	1.46	0.10-5.77
	40-50	6.10	0.85	3.34-8.02	0.45	0.32	0.08-1.91	6.82	5.37	0.13-30.00	11.76	9.26	0.23-51.72	1.40	1.41	0.10-7.40
	50-60	5.99	0.89	3.15-8.13	0.49	0.66	0.01-6.03	6.72	5.31	0.24-24.30	11.58	9.16	0.42-41.89	1.51	1.21	0.10-6.01
Optimum range		5.88	0.96	3.15-8.19	0.51	0.61	0.01-4.71	5.83	4.86	0.30-23.20	10.05	8.38	0.52-40.00	1.13	1.14	0.03-7.22
		5.5-6.5			≤2.0						25-30					

D.H₂O, distilled water; SD, standard deviation; Min, minimum; Max, maximum; EC, electrical conductivity; T-C, total carbon contents; OM, organic matter contents; T-N, total nitrogen contents.

Table 5. Chemical properties of soils based on land use in Chungcheongnam-do.

Sample	Depth (cm)	pH			EC			T-C			OM			T-N		
		(1:5, D.H ₂ O)			(dS m ⁻¹)						(g kg ⁻¹)					
		Mean	SD	Min-Max	Mean	SD	Min-Max	Mean	SD	Min-Max	Mean	SD	Min-Max	Mean	SD	Min-Max
Upland soil	0-10	6.27	1.04	3.46-8.53	0.71	0.51	0.15-2.49	19.30	15.80	2.36-86.55	28.36	17.57	4.07-83.10	1.46	0.70	0.64-3.30
	10-20	6.27	0.96	3.39-8.32	0.56	0.44	0.12-2.47	12.05	11.14	1.30-53.16	18.83	15.38	2.25-85.86	2.44	1.57	0.60-5.79
	20-30	6.09	0.90	3.61-7.55	0.48	0.34	0.10-1.78	9.31	8.83	0.70-41.50	16.05	15.23	1.21-71.55	1.82	1.27	0.30-4.78
	30-40	5.95	0.96	3.67-7.94	0.46	0.31	0.09-1.35	7.49	7.48	0.30-36.10	12.91	12.90	0.52-62.24	2.11	1.38	0.18-5.01
	40-50	6.00	0.92	3.70-7.84	0.42	0.28	0.08-1.22	6.64	6.74	0.20-30.00	11.45	11.62	0.34-51.72	1.47	1.40	0.13-4.43
	50-60	5.97	0.84	3.69-7.46	0.40	0.27	0.01-1.04	6.10	6.00	0.24-24.00	10.52	10.34	0.42-41.38	1.18	0.83	0.30-2.70
Average		5.88	0.93	3.59-7.88	0.42	0.30	0.01-1.12	4.97	4.86	0.30-21.11	8.57	8.38	0.52-36.39	0.99	0.87	0.30-2.93
		6.06			0.49			9.41			15.24			1.64		
Paddy soil	0-10	6.02	0.72	4.66-7.72	0.75	0.60	0.14-4.47	15.48	6.52	6.10-45.80	26.69	11.25	10.52-78.96	2.15	1.72	0.24-7.70
	10-20	6.35	0.65	5.08-8.15	0.65	0.51	0.14-3.78	11.22	5.95	0.77-32.10	19.34	10.26	1.32-55.34	2.07	1.67	0.05-6.79
	20-30	6.55	0.71	5.25-10.26	0.56	0.44	0.15-2.49	7.85	5.13	0.56-27.60	13.53	8.85	0.96-47.58	1.76	1.40	0.10-5.55
	30-40	6.45	0.66	5.15-8.91	0.49	0.34	0.15-2.06	6.89	4.97	0.10-29.80	11.88	8.57	0.18-51.38	1.94	1.52	0.10-5.77
	40-50	6.26	0.70	4.47-8.02	0.47	0.34	0.12-1.91	6.64	4.61	0.13-19.40	11.44	7.95	0.23-33.45	1.34	1.08	0.10-5.30
	50-60	6.10	0.86	3.39-8.13	0.56	0.82	0.11-6.03	6.68	4.79	0.60-24.30	11.51	8.26	1.03-41.89	1.64	1.26	0.26-6.01
Average		5.96	0.94	3.54-8.19	0.59	0.75	0.13-4.71	5.97	4.83	0.50-23.20	10.29	8.32	0.86-40.00	1.22	1.18	0.12-7.22
		6.24			0.58			8.67			14.96			1.73		
Orchard soil	0-10	6.15	0.79	4.02-7.45	3.07	1.88	1.22-7.85	17.79	10.92	7.07-45.56	30.67	18.82	12.18-78.55	2.07	1.72	0.71-5.50
	10-20	6.18	0.96	3.48-7.36	2.03	1.46	0.64-5.74	11.79	8.45	3.70-33.29	20.33	14.57	6.38-57.39	1.47	1.79	0.01-5.60
	20-30	5.96	0.97	3.32-7.65	1.60	1.27	0.19-5.48	9.29	7.39	1.08-31.80	16.01	12.74	1.86-54.82	1.45	2.10	0.10-7.00
	30-40	5.73	1.05	3.27-7.81	1.41	1.01	0.20-3.34	8.18	5.88	1.17-19.40	14.11	10.15	2.02-33.45	0.92	0.80	0.10-2.47
	40-50	5.55	1.04	3.34-7.95	1.40	1.01	0.17-3.45	8.14	5.84	1.00-20.00	14.03	10.06	1.72-34.48	1.60	2.52	0.10-7.40
	50-60	5.51	0.96	3.15-7.21	1.40	1.07	0.15-4.07	8.11	6.22	0.86-23.60	13.99	10.73	1.48-40.69	1.35	1.32	0.10-4.00
Average		5.54	1.02	3.15-7.54	1.16	0.84	0.09-3.38	6.75	4.85	0.50-19.60	11.65	8.36	0.86-33.79	0.94	1.26	0.10-3.60
		5.80			1.73			10.01			17.25			1.40		

D.H₂O, distilled water; SD, standard deviation; Min, minimum; Max, maximum; EC, electrical conductivity; T-C, total carbon contents; OM, organic matter contents; T-N, total nitrogen contents.

Conclusion

본 연구는 충청남도 지역 농경지 토양의 물리·화학적 특성의 변화를 조사하였다. 시료 채취는 충청남도 내 151 지점에서 0 - 70 cm 깊이의 토양을 채취 및 분석하였다. 토양 시료를 채취하는 과정에서 농경지 유형(밭, 논, 과수원)과 재배 작물을 함께 조사하였으며, 전체 151지점 중 밭, 논, 과수원은 각각 37, 95, 19지점이었다. 충청남도 지역 농경지 토양의 물리적 특성 중 bulk density는 기존의 조사 결과에 비해 높은 수준으로 확인되었으며, porosity는 약 20% 낮게 관찰되었다. 화학성 중 pH와 EC는 대부분 적정 범위 내에 해당되었으나, OM의 경우 10 cm 이하의 토양에서 적정 범위보다 낮게 관측되었다. 따라서 본 연구의 조사 결과를 종합하여 살펴볼 때 충청남도 농경지의 경우 bulk density를 낮추기 위한 물리성 개선이 필요하며, 추가적인 유기물 공급을 통해 OM을 증가시키는 것이 필요하다고 판단된다. 또한 본 연구의 결과는 기존의 수행된 농업환경변동조사와 함께 토양의 질 유지 및 농업 생산성 향상을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

Conflict of Interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgements

본 연구는 농촌진흥청(Rural Development Administration of Korea)의 공동연구사업(세부과제번호: PJ015102)의 지원에 의해 수행되었습니다.

Authors Information

Yun-Gu Kang, <https://orcid.org/0000-0001-5368-5910>

Sung-Jin Park, National Institute of Agricultural Sciences, Doctor of Philosophy

Jae-Han Lee, <https://orcid.org/0000-0001-5761-2006>

Jin-Hyuk Chun, <https://orcid.org/0000-0002-3802-6834>

Jun-Young Lee, Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Bachelor

Taek-Keun Oh, <https://orcid.org/0000-0003-0215-0427>

References

- Cho HR, Zhang YS, Han KH, Cho HJ, Ryu JH, Jung KY, Cho KR, Ro AS, Lim SJ, Choi SC, et al. 2012. Soil physical properties of arable land by land use across the country. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 45:344-352. [in Korean]
- Dexter AR. 2004. Soil physical quality part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma* 120:201-214.
- Jo HJ, Hwang SW, Han KH, Cho HR, Shin JH, Kim LY. 2009. Physicochemical properties of upland soils under organic farming. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 42:98-102. [in Korean]

- Kang SS, Roh AS, Choi SC, Kim YS, Kim HJ, Choi MT, Ahn BG, Kim HK, Park SJ, Lee YH, et al. 2013. Status and change in chemical properties of polytunnel soil in Korea from 2000 to 2012. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 46:641-646. [in Korean]
- Kang YG, Lee JH, Chun JH, Yun YU, Oh TK, Sung JK. 2021. Evaluation of NH₃ emissions in accordance with the pH of biochar. *Korean Journal of Agricultural Science* 48:787-796. [in Korean]
- Kim MS, Kim WI, Lee JS, Lee GJ, Jo GL, Ahn MS, Choi SC, Kim HJ, Kim YS, Choi MT, et al. 2010. Long-term monitoring study of soil chemical contents and quality in paddy fields. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 43:930-936. [in Korean]
- Kim YH, Kong MS, Lee EJ, Lee TG, Jung GB. 2019. Status and changes in chemical properties of upland soil from 2001 to 2017 in Korea. *Korean Journal of Environmental Agriculture* 38:213-218. [in Korean]
- Kim YS, Seo SC, Han KH. 1963. Study on soil analysis. Annual research report of Institute of Plant Environment. RDA, Suwon, Korea. [in Korean]
- Lee CR, Hong SG, Lee SB, Park CB, Kim MG, Kim JH, Park KL. 2015. Physico-chemical properties of organically cultivated upland soils. *Korean Journal of Organic Agriculture* 23:875-886. [in Korean]
- NIAS (National Institute of Agricultural Sciences). 2010. Method of soil chemical analysis. RDA, Suwon, Korea. [in Korean]
- Park SJ, Park JH, Won JG, Seo DH, Lee SH. 2017. Assessing changes in selected soil chemical properties of rice paddy fields in Gyeongbuk province. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 50:150-161. [in Korean]
- Roh AS, Park JS, Kim YH, Kang SS. 2015. Status and changes in chemical properties of paddy soil in Gyeonggi province. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 48:436-441. [in Korean]
- Yamagishi J, Nakamoto T, Richner W. 2003. Stability of spatial variability of wheat and maize biomass in a small field managed under two contrasting tillage. *Field Crops Research* 81:95-108.
- Yoo JH, Sung JK, Luyima D, Oh TK, Cho JS. 2021. Development of a soil total carbon prediction model using a multiple regression analysis method. *Korean Journal of Agricultural Science* 48:891-897. [in Korean]
- Yoon BS, Choi SC, Lim SJ, Heo SJ, Kim IJ, Kang SS. 2016. Status and changes in chemical properties of paddy soil in Gangwon province. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 49:293-299. [in Korean]
- Yoon JH, Jung BG, Jun HJ, Kwak HG. 2004. Soil quality assessment method of paddy and upland. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 37:357-364. [in Korean]