

Article

<https://doi.org/10.7745/KJSSF.2023.56.4.440>

pISSN : 0367-6315 eISSN : 2288-2162

Status and Changes in Chemical Properties of Orchard Soils in Gangwon State

Byeong Sung Yoon¹, Soo Jeong Lim², Su Jeong Heo³, Dong Min Kim⁴, Kyungdae Kim⁵, and Youngho Seo^{6*}

¹Researcher, Fruit Vegetable Research Station, Gangwon State Agricultural Research and Extension Services, Cheorwon 24054, Korea

²Senior Researcher, Crop Research Section, Gangwon State Agricultural Research and Extension Services, Chuncheon 24203, Korea

³Researcher, Wild Vegetable Experiment Station, Gangwon State Agricultural Research and Extension Services, Pyeongchang 25300, Korea

⁴Researcher, Agricultural Environment Research Section, Gangwon State Agricultural Research and Extension Services, Chuncheon 24203, Korea

⁵Researcher, Research Cooperation Section, Gangwon State Agricultural Research and Extension Services, Chuncheon 24203, Korea

⁶Senior Researcher, Agricultural Environment Research Section, Gangwon State Agricultural Research and Extension Services, Chuncheon 24203, Korea

*Corresponding author: seoysh@korea.kr

ABSTRACT

Received: October 25, 2023

Revised: November 8, 2023

Accepted: November 10, 2023

Edited by

Hyuck Soo Kim,
Kangwon National University,
Korea

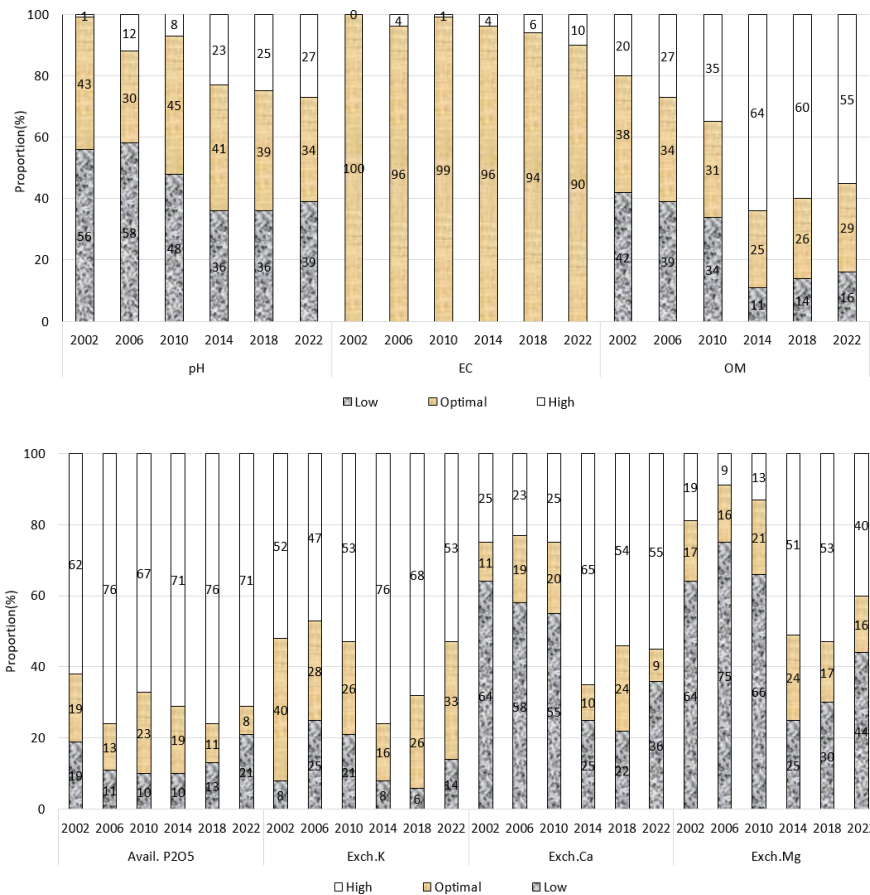
ORCID

Youngho Seo
<https://orcid.org/0000-0003-3939-6877>

The chemical properties of orchard soils in Gangwon state have been monitored every 4 years from 2002 to 2022 in order to provide basic information for orchard soil fertility management. In 2022, the soil chemical properties of orchard were 6.3 of pH, 0.82 dS m⁻¹ of EC, 38 g kg⁻¹ of organic matter (OM) and 803 mg kg⁻¹ of available phosphate (Avail. P₂O₅). Exchangeable (Exch.) potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) were 1.2, 7.2 and 2.0 cmol_c kg⁻¹, respectively. The distribution percentages within optimal range of pH were 43% in 2002, 30% in 2006, 45% in 2010, 41% in 2014, 39% in 2018, and 34% in 2022. The percentages for OM were 38% in 2002, 34% in 2006, 31% in 2010, 25% in 2014, 26% in 2018, and 29% in 2022. The excessive percentages for Avail. P₂O₅, Exch. Ca and Mg increased from 52% in 2002 to 71% in 2022, from 25% in 2002 to 55% in 2022, and from 19% in 2002 to 40% in 2022, respectively. In terms of heavy metals, mean contents of Cd and Hg were less than 5% of soil pollution standards (4 mg kg⁻¹). Cu, Ni, Pb, and As were distributed to less than 20% of soil pollution standards. Therefore, it is necessary to fertilize based on soil test in order to maintain the soil chemical properties of the orchard soil within in an appropriate range.

Keywords: Gangwon state, Heavy metal, Orchard soil, Soil chemical property





Excess, deficient, and optimal proportion of chemical properties of orchard soils in Gangwon state ($n = 80$).

Introduction

농경지 토양 등 농업환경을 보전하고, 소비자들에게 안전한 먹거리를 제공하며, 농업인들의 농가 소득을 높일 수 있는 친환경농업에 대한 관심이 높아지고 있다. 농경지의 친환경 토양 관리를 위한 토양 비옥도 조사는 1958년부터 1963년까지 전국 토양개량 조합과 시군 농촌지도소에서 토양을 채취하고 식물환경연구소에서 화학성을 분석하면서 시작하였다 (Kim et al., 1963; RDA, 2009).

Ahn et al. (2011)은 전북지역 과수원 토양의 pH와 유기물은 적정 수준을 보였지만, 유효인산과 교환성 칼륨, 칼슘은 적정 수준보다 높아 적절한 양분관리가 필요하다고 하였다. 경북지역의 과수원 토양은 pH와 유기물, 유효인산이 증가하는 경향을 나타내었다 (Park et al., 2016).

강원특별자치도의 논 토양의 pH와 유기물, 교환성 칼륨은 다소 증가하였으나, 유효인산, 교환성 칼슘, 교환성 마그네슘은 감소하는 경향을 보였고, 유효규산은 적정범위였다 (Yoon et al., 2016). 밭 토양의 pH, 유효인산, 교환성 칼륨, 교환성 칼슘, 교환성 마그네슘 함량은 증가하는 경향을 보였으며, pH와 교환성 마그네슘은 적정범위에 있었으나 교환성 칼륨과 칼슘은 적정범위를 초과하였다 (Yoon et al., 2020). 본 연구에서는 강원지역 과수원 토양의 과학적이고 합리적인 토양개량과 시비 체계 개선 및 농업환경 보전을 위하여, 과수원 80지점을 대상으로 2002년부터 2022년까지 4년 주기로 6회에 걸쳐 화학성을 분석하여 비옥도의 현황과 변동을 평가하였다.

Materials and Methods

조사지점 분포 강원지역 과수원 토양의 화학성 변동을 주기적으로 조사하기 위하여, 2002년에 시군별로 토양 유형, 지형 및 토성 분포면적 비율을 고려하여 80지점을 선정하여 2022년까지 4년마다 조사하였다. 채취 지역을 지형 별로 분류하면 곡간지/선상지는 32지점, 산록경사지 14지점, 하성평탄지 12지점, 구릉지와 산악지 12지점, 홍적대지 6지점, 기타 4지점이었고, 토성별로는 사양토 43지점, 양토 26지점, 실트질양토 5지점, 실트질식양토 5지점, 기타 1지점이었다. 과수 종류별로는 복숭아 25, 배 23, 사과 16, 포도 14, 매실 1, 자두 1종이었다.

토양 화학성 분석 토양 시료는 비료를 사용하기 전인 3월부터 4월 사이에 토양시료 채취기로 표토 (0 - 15 cm) 를 채취하였다. 채취한 토양은 그늘에서 5 - 7일간 풍건한 다음 2 mm 체를 통과시켰다. 토양 화학성 분석은 농촌진흥청 토양화학분석법 (NAAS, 2010a)에 따라 pH와 EC는 토양과 증류수를 1:5 (w/w) 비율로 진탕한 후 각각 pH meter (Orion 3 Star, Thermo Scientific, USA)와 EC meter (SevenDirect SD30, Mettler Toledo, Switzerland)로 측정하였으며, EC 측정치에 5를 곱하였다. 유기물 함량은 Tyurin법으로, 유효인산은 Lancaster법으로, 교환성 양이온은 1 N ammonium acetate (NH₄OAc, pH 7.0)로 침출하여 ICP-OES (Integra Dual, GBC, Australia)로 분석하였다. 유효규산은 1 M sodium acetate (NaOAc, pH 4.0)로 침출하여 분광광도계 (UV-2600, Shimadzu, Japan)를 이용하여 정량하였다.

중금속은 토양오염공정시험기준 (ME, 2010)에 따라, 비소 (As), 카드뮴 (Cd), 니켈 (Ni), 납 (Pb), 아연 (Zn), 구리 (Cu)는 ICP-OES (Integra Dual, GBC, Australia)로, 크롬 (Cr) 총함량은 분광광도계 (UV-2600, Shimadzu, Japan)로, 수은 (Hg)은 수은분석기 (DMA-80, Milestone, Italy)로 분석하였다. 통계적인 분석은 SAS (9.4)를 사용하여 Duncan 검정을 실시하였다.

Results and Discussion

토양 화학성 2002년부터 2022년까지 4년마다 조사한 강원특별자치도의 과수원 토양 화학성의 평균과 범위, 분포비율을 각각 Table 1과 Table 2에 나타내었다. 2022년의 토양 pH는 6.3 (3.7 - 8.0), EC는 0.82 (0.13 - 7.74) dS m⁻¹, 유기물은 38 (3 - 142) g kg⁻¹, 유효인산은 803 (24 - 3,114) mg kg⁻¹, 교환성 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 각각 1.22 (0.10 - 8.70), 7.2 (1.3 - 23.6), 2.0 (0.5 - 7.0) cmol_c kg⁻¹이었다. pH는 2002년 5.9에서 2014년 6.2, 2022년에는 6.3으로 높아졌고, 유기물은 2002년 22 g kg⁻¹에서 2022년에는 38 g kg⁻¹으로 증가하였다. 유효인산은 2002년 734 mg kg⁻¹, 2014년 804 mg kg⁻¹, 2018년 860 mg kg⁻¹로 적정범위를 초과하였다 (NAAS, 2010b). 교환성 칼륨은 2002년 0.95 cmol_c kg⁻¹, 2014년 1.41 cmol_c kg⁻¹, 2022년 1.22 cmol_c kg⁻¹, 교환성 칼슘은 2002년 4.5 cmol_c kg⁻¹, 2014년 8.0 cmol_c kg⁻¹, 2022년 7.2 cmol_c kg⁻¹, 교환성 마그네슘은 2002년 1.3 cmol_c kg⁻¹, 2014년 2.3 cmol_c kg⁻¹, 2022년 2.0 cmol_c kg⁻¹으로 적정 범위를 초과하고 있다. 따라서, 재배 전 토양 분석한 결과를 반영하여 비료를 사용하여 토양의 양분을 적정한 범위 내에서 유지할 필요가 있다. Song et al. (2022)은 꾸지뽕나무 재배 농가의 질소비료 사용량이 많을수록 잎의 질소 함량은 오히려 감소한다고 하였다. 또한 과수의 양분 생리장해는 그 양분의 토양내 함량뿐만 아니라 양분 사이의 불균형에 의해서도 발생하므로, 양분 균형을 고려하여 시비하여야 한다. 한 예로, 대추나무 신초 잎끝마름증은 토양의 질소와 칼륨 함량이 높아 칼슘의 흡수를 저해하여 발생할 수 있다 (Park et al., 2022). Park et al. (2016)은 경북지역의 과수원

토양의 pH는 증가하는 경향이었으며, 유기물을 30 g kg⁻¹ 이상으로 함유하고 있는 과수원의 분포비율이 점차 높아져서, 과수원 토양의 비옥도 증진과 물리성 개선에 긍정적으로 작용할 것이라고 하였는데 본 조사결과도 이와 유사하다.

Table 1. Average and range of chemical properties of orchard soils (top soil) in Gangwon state.

Year	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cations (cmol _c kg ⁻¹)			
					K	Ca	Mg	Na
2002	5.9 (4.8 - 7.1)	0.39 (0.07 - 1.49)	22 (5 - 44)	734 (49 - 1,686)	0.95 (0.18 - 2.44)	4.5 (0.3 - 18.8)	1.3 (0.1 - 4.4)	0.12
2006	5.9 (4.4 - 8.8)	0.64 (0.07 - 4.63)	24 (7 - 53)	896 (35 - 2,619)	0.92 (0.11 - 3.08)	4.6 (0.8 - 22.2)	1.2 (0.3 - 4.9)	0.40
2010	5.9 (4.2 - 7.5)	0.39 (0.04 - 3.39)	28 (6 - 93)	791 (27 - 1,730)	0.97 (0.09 - 2.61)	4.9 (0.9 - 16.9)	1.3 (0.2 - 4.2)	0.61
2014	6.2 (4.5 - 7.6)	0.67 (0.06 - 3.05)	38 (13 - 112)	804 (12 - 2,924)	1.41 (0.14 - 4.25)	8.0 (0.8 - 20.1)	2.3 (0.4 - 7.2)	0.23
2018	6.2 (4.1 - 7.8)	0.79 (0.20 - 6.43)	36 (9 - 93)	860 (36 - 1,947)	1.41 (0.06 - 4.92)	7.6 (1.4 - 23.6)	2.1 (0.6 - 5.6)	0.17
2022	6.3 (3.7 - 8.0)	0.82 (0.13 - 7.74)	38 (3 - 142)	803 (24 - 3,114)	1.22 (0.10 - 8.70)	7.2 (1.3 - 23.6)	2.0 (0.5 - 7.0)	0.14 (0.04 - 1.18)
Optimum range	6.0 - 7.0	≤2	20 - 30	300 - 550	0.5 - 0.8	5.0 - 6.0	1.5 - 2.0	-

Table 2. Distribution percentage of chemical properties for orchard soils in Gangwon state in 2022.

Chemical properties	Distribution percentage (top soil)							Optimum range
	≤5.0	5.1 - 5.5	5.6 - 5.9	6.0 - 6.5	6.6 - 7.0	7.1 - 7.5	7.6 <	
pH (1:5)	10.0	12.5	16.3	13.7	20.0	20.0	7.5	6.0 - 7.0
EC (dS m ⁻¹)	52.5	27.5	7.5	2.5	2.5	5.0	2.5	2 ≤
OM (g kg ⁻¹)	1.3	15.0	28.7	21.3	10.0	11.2	12.5	20 - 30
Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	21.3	7.5	21.3	11.2	31.2	5.0	2.5	300 - 550
Exch. K (cmol _c kg ⁻¹)	13.8	32.5	31.2	10.0	5.0	2.5	5.0	0.5 - 0.8
Exch. Ca (cmol _c kg ⁻¹)	36.2	8.7	27.5	13.8	10.0	1.3	2.5	5.0 - 6.0
Exch. Mg (cmol _c kg ⁻¹)	43.6	16.3	25.0	10.0	2.5	1.3	1.3	1.5 - 2.0

과수 종류에 따른 토양화학성을 Table 3에 제시하였다. 표토의 pH는 6.1 - 6.7이었고, 유기물은 20 - 44 g kg⁻¹, 유효 인산은 632 - 891 mg kg⁻¹, 교환성 칼륨은 0.61 - 1.45 cmol_c kg⁻¹, 교환성 칼슘은 4.5 - 8.5 cmol_c kg⁻¹, 교환성 마그네슘

은 1.0 - 2.1 cmol_c kg⁻¹이었으며, 과수 종류에 따른 차이는 유의성이 없었다. 지형에 따른 토양 화학성을 Table 4에 제시하였다. 토양 pH와 EC는 지형에 따른 유의한 차이를 보이지 않았으며, 유기물, 유효인산, 교환성 칼륨, 교환성 마그네슘은 홍적대지에서 유의한 차이를 보였다. 토성에 따른 토양화학성은 유의한 차이가 없었다 (Table 5).

Table 3. Selected soil chemical properties of orchard soils depending on the type of fruit in 2022.

Fruits		pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cations (cmol _c kg ⁻¹)			
						K	Ca	Mg	Na
Peach (25)	Top soil	6.2 a [†]	0.57 a	41 a	891 a	1.45 a	6.3 a	1.9 a	0.12 a
	Sub soil	5.7 a	0.58 a	22 a	626 a	0.75 a	3.8 a	1.3 ab	0.17 a
Asian pear (23)	Top soil	6.3 a	0.53 a	44 a	866 a	1.10 a	7.8 a	2.0 a	0.12 a
	Sub soil	6.0 a	0.33 a	18 a	626 a	0.73 a	4.9 a	1.3 ab	0.15 a
Apple (16)	Top soil	6.1 a	1.09 a	31 a	714 a	1.18 a	7.1 a	2.0 a	0.15 a
	Sub soil	6.0 a	0.56 a	19 a	424 a	0.82 a	5.6 a	1.5 a	0.20 a
Grape (14)	Top soil	6.7 a	1.49 a	35 a	632 a	1.14 a	8.5 a	2.1 a	0.21 a
	Sub soil	6.8 a	0.70 a	24 a	542 a	0.72 a	7.6 a	1.7 a	0.12 a
Plum, Apricot (2)	Top soil	6.2 a	0.28 a	20 a	887 a	0.61 a	4.5 a	1.0 a	0.05 a
	Sub soil	6.4 a	0.41 a	17 a	794 a	0.39 a	6.1 a	0.6 b	0.17 a

[†]Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, $p < 0.05$).

Table 4. Selected soil chemical properties of orchard soils depending on topography.

Topography	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cations (cmol _c kg ⁻¹)			
					K	Ca	Mg	Na
Local valley/Alluvial fan (32)	6.6 a [†]	1.01 a	37 b	746 b	1.10 b	8.0 a	2.1 b	0.13 a
Mountain foot slopes (14)	6.1 a	0.59 a	39 b	797 b	0.99 b	6.6 a	1.8 b	0.13 a
Alluvial plains (12)	6.2 a	0.45 a	33 b	703 b	0.67 b	5.9 a	1.5 b	0.11 a
Hill & Mountain (12)	6.1 a	0.85 a	34 b	731 b	1.52 ab	5.8 a	1.7 b	0.11 a
Diluvial terrace (6)	6.2 a	0.82 a	65 a	1,408 a	2.64 a	9.8 a	3.4 a	0.27 a
Lava flow flat, Alpine (4)	6.0 a	1.16 a	36 b	890 b	1.59 ab	7.9 a	1.6 b	0.23 a

[†]Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, $p < 0.05$).

Table 5. Selected soil chemical properties of orchard soils depending on soil texture.

Soil texture	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cations (cmol _c kg ⁻¹)			
					K	Ca	Mg	Na
Silty clay loam (5)	6.1 a [†]	1.05 b	60 a	1,195 ab	1.72 ab	11.3 a	2.8 a	0.14 a
Silt loam (5)	6.6 a	0.58 b	45 ab	1,007 b	2.41 ab	9.4 a	2.9 a	0.29 a
Sandy loam (35)	6.3 a	1.00 b	37 ab	780 b	1.12 ab	6.6 ab	1.8 a	0.11 a
Loam (26)	6.4 a	0.62 b	36 ab	720 b	1.12 ab	7.6 ab	2.0 a	0.16 a
Fine sandy loam (8)	6.3 a	0.43 b	38 ab	666 b	0.74 b	5.4 ab	1.5 a	0.11 a
Unknown (1)	5.9 a	2.70 a	22 b	1,908 a	2.73 a	2.6 b	1.1 a	0.09 a

[†]Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, $p < 0.05$).

Ahn et al. (2011)이 전라북도 과수의 종류에 따라 화학적 특성을 조사한 결과, pH와 유기물은 모두 적정 수준을 보여 주었고, EC는 포도 재배지를 제외하면 비슷한 수준이었다. 유효인산은 과수에 따라 580 - 859 mg kg⁻¹로 적정기준 (200 - 300 mg kg⁻¹)보다 모두 높았고, 교환성 칼륨은 지형에 따라 유의한 차이가 없이 모두 적정기준보다 높았으며, 칼슘은 사과 재배지에서 6.2 cmol_c kg⁻¹로 적정기준보다 높았고, 마그네슘은 감 재배지를 제외하고 적정 수준보다 모두 높았다. 전라북도 과수원 토양의 지형에 따른 화학적 특성은 토양 pH와 전기전도도는 하해혼성 평탄지에서 높았으나, 나머지 지형은 유의한 차이를 보이지 않았다. 유기물, 유효인산, 교환성 칼륨, 칼슘은 유의한 차이를 나타내지 않았다 (Ahn et al., 2011).

토양 화학성 분포율 과수원 토양의 적정범위 (RDA, 2013)를 기준으로, 2002년부터 2022년까지 부족/낮음, 적정, 과다/높음으로 분류하였으며, 그 분포 비율은 Fig. 1과 같다. pH의 적정범위 (6.0 - 7.0)에 분포하는 비율은 2002년 43%, 2006년 30%, 2010년 45%, 2014년 41%, 2018년 39%, 2022년 34%이었으며, 적정범위보다 높음의 비율은 점진적으로 증가하였다. 전기전도도의 적정범위 (2 dS m⁻¹ 이하)를 초과한 지점이 2002년에는 없었으나, 2022년에는 10%가 분포하였다.

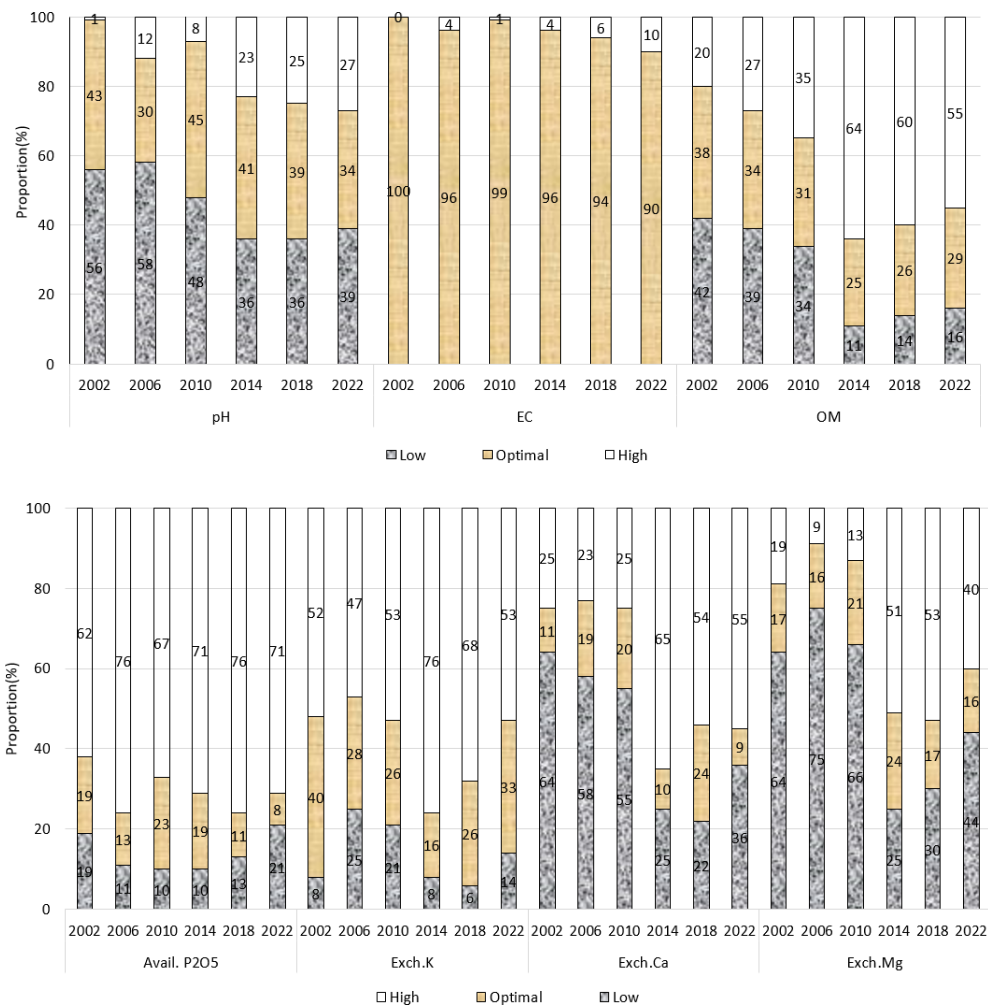


Fig. 1. Excess, deficient, and optimum proportion of chemical properties of orchard soils in Gangwon state (n=80).

토양 유기물의 적정범위 비율은 2002년 38%, 2006년 34%, 2010년 31%, 2014년 25%, 2018년 26%, 2022년 29% 이었고, 적정범위보다 낮음의 비율은 2002년 42%에서 2022년 16%로 감소하였다. 유기물 함량이 낮은 과수원 토양에 유기물을 사용하면 입단 형성, 보수력 증가, 통기성 향상, 지온 상승 등 물리성을 개선할 수 있고, 토양의 완충능 증대, 양분가용성 증가, 질소 고정 등의 효과가 있다(Recel, 1994). 그러나 유기물 함량을 높이기 위해 가축분 퇴비를 과다 사용하면 질산염과 인산 함량이 높아질 수 있으므로(Sohn and Han, 2000), 볏짚과 퇴구비의 사용, 녹비작물 재배가 토양의 염류 집적을 최소화하면서 유기물 함량을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

유효인산의 적정범위 비율은 2010년 23%, 2014년 19%, 2018년도 11%, 2022년 8%로 낮아지는 경향이었으며, 과다한 농가의 비율은 71%로 높고 부족 비율은 낮았다. 교환성 칼륨의 적정범위 비율은 2002년 40%, 2006년 28%, 2010년 26%, 2014년 16%, 2018년 26%, 2022년 33%이었으며, 교환성 칼륨이 과다한 비율은 53%였다. 교환성 칼슘의 과다 비율은 2002년 25%에서 2022년 55%로 증가하였고, 교환성 마그네슘도 적정범위보다 높은 비율이 2002년 19%에서 2022년 40%로 높아졌다. 2022년 과수원 토양의 적정범위보다 과다한 비율은 유효인산(71%) > 교환성 칼슘, 유기물(55%) > 교환성 칼륨(53%) > 교환성 마그네슘(40%) > pH(27%)이었다. 한편 양분이 부족한 비율은 교환성 마그네슘(44%) > pH(39%) > 교환성 칼슘(36%) > 유효인산(21%) > 유기물(16%) > 교환성 칼륨(14%) 순이었다. 적정범위보다 양분이 과다한 비율이 높은 반면에 부족한 농가도 존재하여 농경지 사이에 큰 편차를 보이므로, 토양 검정한 결과를 바탕으로 적정 시비하는 등 친환경 토양 관리를 하여야 한다.

중금속 함량 강원지역 과수원 토양의 중금속 함량은 우려기준보다 현저히 낮았으며, 우려기준을 초과하는 지점은 없었다. 과수별로 조사한 강원지역 과수원 토양의 중금속 함량을 Table 6에 나타내었다. 사과 재배지가 다른 과수에 비해 높은 편이었으나, 토양환경보전법의 토양오염 우려기준(ME, 2010)보다 훨씬 낮은 수준이었다. 기준 대비 비율(평균값/우려기준 × 100)은 아연(30.5%), 구리(16.7%), 비소(16.4%), 니켈(16.1%), 납(10.8%), 카드뮴(3.3%)이었다. 한편, 강원특별자치도 논 토양의 카드뮴과 납은 토양오염 우려기준의 5%, 구리는 10%, 비소는 15%, 아연은 20% 이하였으며(Yoon et al., 2016), 밭 토양은 납 5.5%, 카드뮴 5.8%, 니켈 13.5, 구리 14.0%, 비소 21.0%, 아연

Table 6. Heavy metal contents of orchard soils depending on the type of fruit.

Fruits	Cd (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Ni (mg kg ⁻¹)	Pb (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	As (mg kg ⁻¹)	Cr [†] (mg kg ⁻¹)	Hg (mg kg ⁻¹)
Peach (25)	0.08 b [†]	26.8 a	16.3 b	17.9 b	83.8 a	3.7 a	34.6 a	0.0284 b
Asian pear (23)	0.10 b	25.0 a	15.8 b	24.6 ab	99.1 a	3.4 a	33.9 a	0.0352 ab
Apple (16)	0.17 b	22.7 a	17.3 b	24.8 ab	84.2 a	4.9 a	38.4 a	0.0345 ab
Grape (14)	0.16 b	23.8 a	16.0 b	15.3 b	97.1 a	5.0 a	32.0 a	0.0314 ab
Plum, Apricot (2)	0.57 a	32.2 a	6.6 a	46.8 a	115.7 a	3.4 a	19.7 a	0.0284 a
Mean	0.13	25.1	16.1	21.5	91.4	4.1	34.3	0.0329
Min	ND	4.6	2.4	0.7	9.7	0.2	5.5	ND
Max	1.03	64.9	42.4	118.4	260.2	12.3	112.3	0.1301
Mean/Critical level (%)	3.25	16.7	16.1	10.8	30.5	16.4	-	0.75
Critical level [§]	4	150	100	200	300	25	-	4

[†]Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different (Duncan test, $p < 0.05$).

[†]Total chromium.

[§]Based on soil pollution concerns of Soil Environment Conservation Act (ME, 2010).

27.5%였다 (Yoon et al., 2020).

Conclusions

강원지역 과수원 토양의 적절한 양분 관리를 위하여 80지점의 토양화학성을 2002년부터 2022년까지 4년마다 조사하였다. 2022년 과수원 토양의 화학성은 pH 6.4, 유기물 34 g kg⁻¹, 유효인산 805 mg kg⁻¹을 나타냈다. 교환성 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 각각 1.1, 8.4, 2.2 cmol_c kg⁻¹이었으며, 전기전도도는 0.81 dS m⁻¹이었다. 토양 화학성의 적정범위 분포 비율은 낮아지는 경향을 보였는데, pH는 2002년 43%에서 2022년 34%로 감소하였고, 토양 유기물은 2002년에 38%에서 2022년 29%로, 유효인산은 2002년 19%에서 2022년에 8%로, 교환성 칼륨은 2002년에 40%에서 2022년 33%로 감소하였다. 따라서 양분이 과다하거나 부족한 과수원 토양에 대하여 토양검정에 따라서 비료 사용량을 조절하고, 토양 유기물이 부족한 과수원은 녹비작물을 재배하거나 볏짚 등 유기자원을 사용하여야 한다.

Acknowledgement

This study was conducted with the support of the “Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ01572803)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Ahn, B.K., J.H. Lee, and S.K. Ha. 2011. Relationships between soil physico-chemical properties and topography in Jeonbuk orchard fields. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44(5):859-865.
- Kim, Y.S., S.C. Seo, and K.H. Han. 1963. Study on soil analysis. Annual Research Report of Institute of Plant Environment, RDA, Suwon, Korea.
- ME. 2010. Standard test method for soil pollution. Ministry of Environment, Gwacheon, Korea.
- NAAS. 2010a. Method of soil chemical analysis. National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea.
- NAAS. 2010b. Fertilization standard of crop. National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea.
- Park, H.S., C.Y. Lee, D.G. Lee, H.J. Kang, J.E. Park, and H.M. Shin. 2022. Effect of soil moisture and calcium deficiency on incidence of new branch necrosis and tip-burn in jujube (*Zizyphus jujube* Mill.). *Korean J. Soil Sci. Fert.* 55(4):488-496.
- Park, S.J., J.H. Park, C.Y. Kim, Y.J. Seo, O.H. Kwon, J.G. Won, and S.H. Lee. 2016. Comparison of surface chemical properties of plastic film house, upland, and orchard soils in Gyeongbuk province. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 49(2): 115-124.
- RDA. 2009. Monitoring project on agro-environment quality in Korea. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2013. Monitoring project on agro-environment quality; the second round of the workshop. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Recel, M.R. 1994. International Seminar on the use of microbio and organic fertilizers in agricultural production. Rural Development Administration (RDA) and Food and Fertilizer Technology Center (FFTC).
- Sohn, S.M. and D.H. Han. 2000. Assessment of environmentally sound function on the increasing of soil fertility by Korean organic farming. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 33(3):193-204.

- Song, Y.S., B.G. Hyun, and Y.J. Lee. 2022. Assessment of correlation between soil chemical properties and plant nutrient contents: Silkworm thorn (*Cudrania tricuspidata*) on-farm survey. Korean J. Soil Sci. Fert. 55(4):533-540.
- Yoon, B.S., S.C. Choi, S.J. Lim, S.J. Heo, and Y.H. Seo. 2020. Status and changes in chemical properties of upland soil in Gangwon province between 2001 and 2017. Korean J. Soil Sci. Fert. 53(4):549-557.
- Yoon, B.S., S.C. Choi, S.J. Lim, S.J. Heo, I.J. Kim, and S.S. Kang. 2016. Status and changes in chemical properties of paddy soil in Gangwon province. Korean J. Soil Sci. Fert. 49(4):293-299.