Soil Chemical Properties of Citrus Orchards in Jeju

Ho-Jun Kang*

Jeju Special Self-governing Province Agricultural Research and Extension Services, Seogwipo 63556, Korea

*Corresponding author: khj4066@korea.kr

ABSTRACT

Received: February 21, 2020

Revised: February 25, 2020

Accepted: February 26, 2020

This study is conducted to be used as data for soil nutrient management and fertilizer application improvement by examining the chemical characteristics of citrus orchard soils in the Jeju region. The soil samples were collected from 50 sites of dark brown soils (DBS), 50 sites of very dark brown volcanic ash soils (VDBAS), and 50 sites of black volcanic ash soils (BVAS) in Jeju Island from February to March 2018. Soil chemical properties such as pH, organic matter, available phosphate (Av. P_2O_5), exchangeable potassium (Ex. K), exchangeable calcium (Ex. Ca), exchangeable magnesium (Ex. Mg), and lime requirement were analyzed. The average pH of DBS, VDBAS, and BVAS were 5.4, 5.0, and 5.3, respectively. Organic matter contents were 42 g kg^{-1} for DBS, 98 g kg^{-1} for VDBAS, and 154 g kg^{-1} for BVAS, which showed that the darker the soil color, the higher the organic matter contents. Av. P_2O_5 and Ex. K contents became lower as the soil color get darker, and the lime requirement became higher as the soil color get darker. When compared to the optimal range of ideal citrus orchard soils, the insufficient ratio of pH, Ex. Ca, and Mg were quite high, with more than 58% in all soils, thus requiring the use of calcium magnesium fertilizer. The excessive ratio of Av. P_2O_5 and Ex. K were high in DBS with 90% and 62%, respectively, and the insufficient ratio of Av. P_2O_5 and Ex. K in BVAS were high with 46% and 56%, respectively. As for the correlation between citrus orchard soil chemical components, the pH and Ex. cations (K, Ca, and Mg) showed a positive correlation, and the pH and lime requirement showed a negative correlation. Organic matter showed a negative correlation with Av. P_2O_5 and a positive correlation with lime requirement. In conclusion, the fertilizer management of the soil in Jeju needs to be managed differently depending on the soil color.

Keywords: Soil chemical property, Optimal range, Citrus Orchards

Chemical properties of citrus cultivated soils in Jeju.

Soil colors	Statistics	pH	O.M.	Avail. P_2O_5	Exch. Cation			LR
					K	Ca	Mg	
		1:5	g kg^{-1}	mg kg^{-1}		$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$		$\text{kg } 10a^{-1}$
DBS [†]	Average	5.4a [§]	42c	638a	0.83a	5.1a	1.5a	1,106b
	Min-Max	4.5 - 7.1	25 - 68	203 - 1040	0.34 - 2.51	0.8 - 15.1	0.4 - 5.5	0 - 2,330
VDBAS	Average	5.0b	98b	312b	0.67ab	4.9a	1.3a	2,218a
	Min-Max	4.2 - 6.8	62 - 138	27 - 915	0.14 - 1.77	0.5 - 19.3	0.1 - 4.7	0 - 4,909
BVAS	Average	5.3ab	154a	208c	0.55b	6.1a	1.7a	2,457a
	Min-Max	4.4 - 7.0	108 - 201	25 - 494	0.17 - 1.75	0.58 - 28.0	0.1 - 5.9	0 - 6,148
Optimum range		5.5 - 6.5	21 - 50 [‡]	200 - 300	0.50 - 0.70	5.0 - 6.0	1.5 - 2.0	
			101 - 150					

[†]DBS, Dark brown soils; VDBAS, Very dark brown volcanic ash soils; BVAS, Black volcanic ash soils.

[‡]21-50 : Dark brown soils, 101-150 : Volcanic ash soils

[§]Medians by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to Tukey test using ranks.

Introduction

제주지역 감귤재배 면적은 2018년 기준으로 20,090 ha으로 제주 농경지의 50%를 차지하고 있으며, 조수입은 9,402억 원으로 제주의 대표적인 작물이다(Jejudo, 2019). 감귤은 아열대성 작물로 노지재배는 제주지역에 국한되어 재배되고 있으며, 시설재배는 우리나라 남부지역에서 일부 재배되고 있으며, 토양조건에 대한 적응은 넓은 것으로 알려졌다. 제주지역 화산회토는 주 점토광물이 allophane으로 표토는 다량의 유기물을 함유하고 있으며 토색은 흑색, 농암갈색 및 암갈색을 띠고 있다(Park et al., 1984). 제주도 전체 면적 중에 흑색토 31%, 농암갈색토 49%, 암갈색토 20%로 분포되어 있으며(MIAST, 2014) 용적밀도가 낮아서 건조하면 바람에 날리기 쉬우며, 염기치환용량이 크고 인산 흡착력이 커서 일반 토양과 구별되는 특징을 가지고 있다(Song and Yoo, 1991; Hur et al., 2006). 제주도 화산회토는 육지의 일반 토양에 비하여 유기물 함량과 양이온교환용량이 높아 물질을 여과하거나 보유하는 능력이 크다. 작물에 알루미늄 독성은 거의 나타나지 않으나 인산을 흡착, 고정하는 능력이 크기 때문에 비료로 주는 인산을 무효화시키는 단점이 있다. 물리적으로는 보수력과 통기성이 양호하고 용적밀도가 매우 낮다(Song, 1997; NAAS, 2014).

바닷가 모래 토양을 제외한 제주도의 모든 토양은 화산회, 화산사, 응회암, 부석, 분석 등과 같은 화산 분출쇄설물을 모재로 하여 발달되었다(NAAS, 2014). 그러나 화산 분출물을 모재로 하고 있는 토양일지라도 기후, 식생 등 토양생성 조건에 따라 매우 다양하게 생성 발달된다. 강수량이 상대적으로 적은 제주도 서북부 해안지역에는 non-Andisols 토양이 주로 분포하고 그 외의 다른 지역에는 습윤기후 조건에서 발달되는 전형적인 화산회토인 Andisols 토양이 주로 분포한다(Song 1997; Song et al., 2010a; Song et al., 2010b). 제주도에서는 관행적으로 Andisols로 분류되는 토양을 농암갈색 및 흑색 화산회토, Andisols에 속하지 않는 토양을 암갈색 비화산회토라고 명명하고 있다(NAAS, 2013).

제주도의 비화산회토도 화산 분출물에서 발달되었기 때문에 화산회토의 특성을 일부 보유하고 있는 토양들과 유기물 함량이 비교적 높은 구염토, 동귀토들과 같은 Mollisols 토양들이 주를 이루고 있어서 육지 토양과는 다른 특성을 보유하고 있다(NAAS, 2014). 제주지역 토양을 토양색별로 구분하여 화학성의 차이를 검토한 결과는 거의 찾아볼 수 없다.

따라서 본 연구는 제주지역 감귤원을 대상으로 토양색별로 토양화학성의 차이점을 평가하여 효율적인 양분관리를 위한 자료를 제공하고자 실시하였다.

Materials and Methods

토양시료 채취 제주지역 감귤원 토양의 화학성을 조사하기 위하여 토양색별로 구분하여 150 (암갈색 50, 농암갈색 50, 흑색 50) 지점에서 조사하였다. 토양 시료 채취는 비료사용 전인 2월 하순부터 3월 상순 사이에 감귤나무의 수관 아래에서 조사 필지의 7지점에서 표토(0 - 20 cm)를 토양 시료 채취기로 채취하여 하나의 복합시료로 하였다.

토양 화학성 분석 채취한 토양 시료는 그늘에서 5 - 7일간 풍건하여 고무망치로 분쇄하여 2 mm 체를 통과시켜 분석에 사용하였다. pH는 시료와 증류수 비율을 1:5로 하여 pH 측정기로(S47, Metter toledo, Germany)측정하였고, 유기물은 0.5 mm를 통과한 풍건토를 Tyurin법으로 분석하였으며, 유효인산은 Lancaster법으로 측정하였다. 교환성 양이온은 1 N ammonium acetate법으로 추출하여 ICP-OES (Optima, 7300DV, PerkinElmer, USA)로 측정하였다.

통계분석 토양색별 화학성 차이의 통계분석은 SAS 프로그램 911.3 버전 (2006)을 사용하였다. 토양색별 토양 화학성분은 Tukey 검정을 하였으며, 화학성분간의 상관 분석을 하였다.

Results and Discussion

토양 화학적 특성 암갈색토, 농암갈색토 및 흑색토의 화학적 특성을 Table 1에 나타내었다. 암갈색토, 농암갈색토 및 흑색토의 pH는 각각 평균 5.4, 5.0 및 5.3이었다. 유기물 함량은 암갈색토 42 g kg⁻¹, 농암갈색토 98 g kg⁻¹ 및 흑색토 154 g kg⁻¹로 토색이 짙을수록 유기물 함량이 높았으나, 유효인산과 교환성 칼륨함량은 토색이 짙을수록 낮았다. 석회요구량은 토양색이 짙을수록 많았다.

Park and Kang (2019)은 제주도 토양의 유기물 함량은 암갈색토 평균 27.8 g kg⁻¹, 농암갈색토 88.1 g kg⁻¹ 및 흑색토 173 g kg⁻¹으로 유기물 함량이 높은 토양일수록 토색이 진한 경향을 보였다고 한 것과 같은 경향이였다. 이와 같이 제주도 토양의 유기물 함량은 매우 높으나 AI의 복합교질물로서 분해가 어려우므로 (Ryu et al., 1976) 양분공급 능력이 낮기 때문에 제주도 토양에 퇴비, 유박, 계분, 해초 등 유기물 사용 효과가 좋은 특징이 있다 (Park et al., 1975).

제주도 화산회토는 인산흡착능력이 커서 인산비료를 다량으로 사용하더라도 유효인산 함량 증가가 크지 않은 것으로 알려졌으나 (Ryu et al., 1976), 흑색토에서도 평균 208 mg kg⁻¹으로 적정범위에 속하였다. 인산비료를 일시에 다량으로 사용하지 않고 매년 연용하면 경작기간이 오래된 감귤원 토양에서처럼 유효인산함량을 높은 수준까지 증가시킬 수 있기 때문이다 (Yoo and Song, 1984).

석회요구량은 산성토양 개량을 목적으로 토양의 pH를 6.5까지 높이는데 필요한 양으로 토색이 짙을수록 많아졌다. 토양의 pH를 교정하기 위하여 필요한 Ca의 양은 양이온교환용량 (NH₄OAc) 또는 양이온교환용량 (양이온 합)이 높을수록 많아진다. 따라서 토색별 평균 석회요구량은 암갈색토 1,106 kg 10a⁻¹, 농암갈색토 2,218 kg 10a⁻¹ 및 흑색토 2,457 kg 10a⁻¹으로 많았다.

Table 1. Chemical properties of citrus cultivated soils in Jeju.

Soil colors	Statistics	pH	O.M.	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cation			LR
					K	Ca	Mg	
		1:5	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹		cmol _c kg ⁻¹		kg 10a ⁻¹
DBS [†]	Average	5.4a [§]	42c	638a	0.83a	5.1a	1.5a	1,106b
	Min-Max	4.5 - 7.1	25 - 68	203 - 1040	0.34 - 2.51	0.8 - 15.1	0.4 - 5.5	0 - 2,330
VDBAS	Average	5.0b	98b	312b	0.67ab	4.9a	1.3a	2,218a
	Min-Max	4.2 - 6.8	62 - 138	27 - 915	0.14 - 1.77	0.5 - 19.3	0.1 - 4.7	0 - 4,909
BVAS	Average	5.3ab	154a	208c	0.55b	6.1a	1.7a	2,457a
	Min-Max	4.4 - 7.0	108 - 201	25 - 494	0.17 - 1.75	0.58 - 28.0	0.1 - 5.9	0 - 6,148
Optimum range		5.5 - 6.5	21 - 50 [‡]	200 - 300	0.50 - 0.70	5.0 - 6.0	1.5 - 2.0	
			101 - 150					

[†]DBS, Dark brown soils; VDBAS, Very dark brown volcanic ash soils; BVAS, Black volcanic ash soils.

[‡]21-50 : Dark brown soils, 101-150 : Volcanic ash soils

[§]Medians by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to Tukey test using ranks.

토양 화학성 과부족율 감굴원 토양의 화학성을 적정 범위 (NIAST, 2019)를 기준으로 낮음, 적정, 높음 비율로 구분하여 Fig. 1에 나타내었다.

pH의 적정 비율은 암갈색 28%, 농암갈색 22% 및 흑색 24%로 낮았으며, 적정범위보다 낮음의 비율은 64 - 76%로 높아 토양 산도 개선을 위한 토양개량이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

유효인산 함량의 적정비율은 암갈색토 10%, 농암갈색토 22% 및 흑색토 38%로 흑색토가 가장 양호한 것으로 나타났다, 부족비율은 이와 반대로 흑색토가 46%로 가장 높았다. 과다비율은 암갈색토가 90%, 농암갈색토 39%, 흑색토 16%로 나타나 토양색별로 인산함량 분포비율의 차이가 크게 나타났다. 이와 같이 토양색별로 차이가 크게 나타난 것은 제주도 서부와 북부 해안지역과 중산간 지역에는 non-Andisols 토양이 주로 분포하고 그 외의 다른 지역은 전형적인 화산회토인 Andisols 토양이 분포하고 있으며 (Song, 1997; Song et al., 2010a; Song et al., 2010b), 제주도 화산회토양은 allophane형 점토광물의 특성상 인산을 고정하는 능력이 높다 (Yoo and Song, 1984). 따라서 인산질비료 시비관리가 토색에 따라 다르게 이루어져야 할 것으로 판단된다.

교환성 칼륨 함량 범위의 비율은 유효인산과 같은 경향으로 토양색이 짙을수록 적정비율은 증가하나, 부족비율도 증가하였다. 이와 같이 흑색토에서 부족비율이 56%로 높은 것은 화산회토가 주로 분포하는 지역에 강수량이 많아 토양중 칼륨의 용탈로 손실이 많기 때문이다 (Kang, 2019). 또한 암갈색토의 유효인산과 교환성 칼륨 함량의 과다비율은 각각 90%와 62%로 높아 암갈색 토양의 감굴원의 비료관리는 저인산·저칼리비료 사용이 권장되어야 하겠다.

교환성 칼슘과 마그네슘은 토양색별로 큰 차이는 없는 것은 석회고토 사용량이 모든 토양에서 부족하여 부족비율이 58 - 70%로 높고, pH의 부족비율도 64 - 76%로 높아 모든 토양에서 석회고토비료를 지속적으로 시비해야 할 것으로 나타났다.

†DBS, Dark brown soils; VDBAS, Very dark brown volcanic ash soils; BVAS, Black volcanic ash soils.

Fig. 1. The frequency distribution of excess, optimal and deficient ranges of chemical properties of upland soils in Jeju (n=150).

Table 2. A correlation coefficient among chemical contents in citrus soils for Jeju (n=150).

Parameter	pH	O.M.	Av.P ₂ O ₅	Ex. K	Ex. Ca	Ex. Mg
O.M.	-0.117					
Av.P ₂ O ₅	-0.086	-0.608***				
Ex. K	0.440***	-0.306***	0.193*			
Ex. Ca	0.854***	0.071	-0.217**	0.356***		
Ex. Mg	0.724***	0.051	-0.123	0.441***	0.738***	
LR	-0.756***	0.495***	-0.119	-0.396***	-0.578***	-0.514***

[†] A significant values reported as *** $P \leq 0.001$, ** $P \leq 0.01$, and * $P \leq 0.05$.

토양 화학성분 간의 상관 제주도 감귤원 토양 화학성분 간의 상관관계는 Table 2와 같다.

토양 pH는 교환성 칼륨 ($r = 0.440, p \leq 0.001$), 교환성 칼슘 ($r = 0.854, p \leq 0.001$) 및 교환성 마그네슘 ($r = 0.724, p \leq 0.001$)과 정의 상관이 나타났으며, 석회요구량 ($r = -0.756, p \leq 0.001$)과는 고도의 부의 상관이 나타났다. 유기물은 유효인산 ($r = -0.608, p \leq 0.001$)과 교환성 칼륨 ($r = -0.306, p \leq 0.001$)과는 부의 상관이 나타났으며, 석회요구량 ($r = 0.495, p \leq 0.001$)과는 고도의 정의 상관이 나타났다. 이것은 제주도 토양이 주로 화산회토로 토양 유기물 함량이 많을수록 인산고정력이 높기 때문이다. 또한 토양의 수소이온 완충력이 점토광물의 종류와 유기물 함량에 좌우되기 때문에 (Coleman and Thomas, 1967), 유기물이 많은 토양일수록 토양완충력이 커져 석회요구량이 많아지는 것이다.

유효인산은 교환성 칼륨 ($r = 0.193, p \leq 0.05$)과는 정의 상관, 교환성 칼슘 ($r = -0.217, p \leq 0.001$)과는 부의 상관이 나타났다. 교환성 칼륨은 칼슘과 마그네슘, 교환성 칼슘은 마그네슘과 고도의 정의 상관이 나타났으며, 석회요구량과는 부의 상관이 나타났다. 이런 원인은 계속된 복합비료의 사용으로 교환성 양이온 함량이 증가되었기 때문이다.

Conclusions

본 연구는 제주지역 감귤원 토양에 대한 화학성을 파악하여 합리적인 토양 양분관리와 시비체계 개선을 위한 자료로 활용하고자 수행되었다. 도일원 150개소에서 2018년 2 - 3월에 표토 (0 - 20 cm)를 채취하여 화학성을 조사하였다.

암갈색토, 농암갈색토 및 흑색토의 pH는 각각 평균 5.4, 5.0 및 5.3이었다. 유기물은 암갈색토 42 g kg^{-1} , 농암갈색토 98 g kg^{-1} 및 흑색토 154 g kg^{-1} 로 토색이 짙을수록 유기물 함량이 높았으나, 유효인산과 교환성 칼륨 함량은 토색이 짙을수록 낮았다. 석회요구량은 토양색이 짙을수록 많았다. 감귤원 토양의 적정범위와 비교하여 pH, 교환성 칼슘과 마그네슘의 부족비율은 모든 토양에서 58% 이상으로 높아 석회고토 비료 사용이 필요하였다. 유효인산과 교환성 칼륨 함량은 암갈색토에서 과다비율이 각각 90%와 62%로 높았으며, 흑색토에서는 부족비율이 각각 46와 56%로 높았다. 감귤원 토양 화학성분간의 상관관계는 pH는 교환성양이온 (K, Ca, Mg)과 정의 상관이 나타났으며, 석회요구량과는 부의 상관이 나타났다. 유기물은 유효인산과 부의 상관, 석회요구량과는 정의 상관이 나타났다. 이것은 제주도 토양은 화산회토로 토양 유기물 함량이 많을수록 인산고정력이 높고, 토양의 수소이온 완충력이 점토광물의 종류와 유기물의 영향을 크게 받기 때문에 유기물이 많은 토양일수록 토양완충력이 커져 석회요구량이 많기 때문이다. 결론적으로 토양 pH, 교환성 칼슘 및 마그네슘의 부족비율이 높아 모든 토양에서 석회고토 비료를 지속적으로 사용하여야 하며, 암갈색토는 저인산·저칼리 비료, 흑색토는 인산과 칼리함량이 높은 비료를 사용해야 하는 것으로 나타났다.

Acknowledgement

This study was conducted with the support of the Research Cooperating Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ01250523), Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Coleman, N.T., and G.W. Thomas. 1967. The basic chemistry of soil acidity. p. 1-41. In R.W. Pearson and F. Adams (ed.) Soil acidity and liming. Agronomy series No. 12. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.
- Hur, S.O., K.H. Moon, K.H. Jung, S.K. Ha, K.C. Song, H.C. Lim, and G.G. Kim. 2006. Estimation model for simplification and validation of soil water characteristics curve on volcanic ash soil in subtropical area in Korea. Korean J. Soil Sci. Fert. 39:329-333.
- Jejudo. 2019. Current Status of Agricultural and Livestock Food. p.115.
- Kang, H.J. 2019. Fertilizer NPK recommendations for kiwi cultivation based on soil testing in jeju. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 52(1):51-59.
- NAAS, 2013. Workshop for soil survey, classification, and interpretation.
- NAAS, 2014. Taxonomical classification of Korean soils.
- NIAST. 2019. Fertilizer application recommendation for crop. National Institute of Agricultural science and Technology (4th edition). RDA. p.266-271.
- Park, C.S., K.T. Um, and L.Y. Kim. 1984. Variation of soil characteristics for soil color groups in Jeju-Do Korean J. Soil Sci. Fert. 17:141-146.
- Park, H., S.H. Yoo, and S.B. Hong. 1975. Characteristics and management of citrus orchard soils in JEJU. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 8(3):135-152.
- Park, W.P. and H.J. Kang. 2019. Study on Soil Erosion and Physical Characteristics of Jeju Volcanic Ash Soils Under a Rainfall Simulator Condition. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 52(1):60-69.
- Ryu, I.S., S.H. Yoo, and J.H. Yoon. 1976. Fertility status of jeju volcanic ash soil and its improvement. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 8:121-133.
- Song, K.C. 1997. Distribution, and conditions for formation of allophane in soils in Cheju Island. Mineralogy and Industry. 10(2):26-45.
- Song, K.C. and S.H. Yoo. 1991. Andic properties of major soils in Cheju Island. I. Characterization of volcanic ash soils by selective dissolution analysis. Korean J. Soil Sci. Fert. 24:86-94.
- Song, K.C., B.G. Hyun, K.H. Moon, S.J. Jeon, H.C. Lim, and H.J. Kang. 2010a. Taxonomical classification and genesis of Jeju series in Jeju Island. Korean J. Environ. Agriculture. 29(1):20-26.
- Song, K.C., B.G. Hyun, K.H. Moon, S.J. Jeon, H.C. Lim, and S.C. Lee. 2010b. Taxonomical classification and genesis of Donggui series in Jeju Island. Korean J. Soil Sci. Fert. 43(2):230-236.
- Yoo, S.H. and K.C. Song. 1984. Chemical characteristics of soils in cheju island I. Variations in chemical characteristics with altitude. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 17(1):1-6.