

Article

<https://doi.org/10.7745/KJSSF.2019.52.1.051>

pISSN : 0367-6315 eISSN : 2288-2162

Fertilizer NPK Recommendations for Kiwi Cultivation Based on Soil Testing 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 12, 2019**Revised:** February 27, 2019**Accepted:** February 28, 2019

This study was carried out in order to determine the Kiwi fruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) fertilization standards in Jeju. Soil chemical properties and mineral contents of leaves, and the amounts of fertilizers were investigated in 35 places of volcanic ash soils and in 15 places of non volcanic ash soils. Tests were made to provide the most reasonable fertilizer recommendation for kiwi fruit based on soil analytical data and leaf mineral contents response to the NPK fertilizers. Average pH was 6.0, organic matter (OM) content was 113 g kg⁻¹, available P₂O₅ content was 288 mg kg⁻¹, and exchangeable K, Ca, and Mg were 1.61, 10.5, and 3.1 cmol_c kg⁻¹, respectively for volcanic ash soils. Also, Average pH was 5.7, organic matter (OM) content was 48.3 g kg⁻¹, available P₂O₅ content was 541 mg kg⁻¹, and exchangeable K, Ca, and Mg were 1.45, 6.6, and 2.2 cmol_c kg⁻¹, respectively for non volcanic ash soils in Jeju. Available phosphorus contents of volcanic ash soils, were lower than those of non volcanic ash soils. However, soil organic matter contents were higher than those of the optimum range. P and Mg contents of kiwi fruit leaves were lower in comparison with a suitable standard leaf, but K and Ca contents were higher. The amounts of N, P₂O₅, and K₂O fertilizers applied to farmers' fields were N 22.4 kg 10a⁻¹, P₂O₅ 21.6 kg 10a⁻¹, and K₂O 18.3 kg 10a⁻¹ in volcanic ash soils. Those of non volcanic ash soils were 17.1 kg 10a⁻¹, 13.5 kg 10a⁻¹ and 13.3 kg 10a⁻¹. The Yield had no difference between the volcanic ash soils and non volcanic ash soils. The relationship between soil chemical properties and amounts of fertilizer use were observed. The soil organic matter contents were negatively correlated with amounts of nitrogen fertilizers. Soil available phosphorus contents were negatively correlated with amounts of phosphate fertilizer. Also, Soil exchangeable potassium contents showed negative correlation with amount of potassium fertilizer. Recommended fertilizer amounts for N and P₂O₅ were determined by using the soil OM and available P₂O₅ contents. Recommended K₂O fertilizer were determined by exchangeable K contents in soils. Amounts of standard fertilization N-P₂O₅-K₂O fertilizer in volcanic ash soils were 16.5-16.5-11.1 kg/10a for kiwi fruit of 8 years or older, and 13.5-8.8-9.0 kg/10a in non volcanic ash soils.

Keywords: Kiwi fruit, standard fertilization, soil chemical properties

N, P₂O₅, and K₂O standard fertilizer amount by tree ages in volcanic ash soils and non volcanic ash soils in Jeju.

Tree ages	Volcanic ash soil			Non volcanic ash soil		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	(kg 10a ⁻¹)					
1	3.2	3.3	2.2	2.7	1.8	1.8
2-3	5.8	5.7	3.9	4.7	3.1	3.2
4-5	9.0	9.0	6.1	7.4	4.8	5.0
6-7	12.4	12.3	8.3	10.1	6.6	6.8
8 more	16.5	16.5	11.1	13.5	8.8	9.0



Introduction

우리나라에서 참다래 (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward)는 1977년 뉴질랜드로부터 처음 도입되어 제주도, 전라남도 및 경상남도 남해안 일대에 주로 재배되고 있다 (Kim et al., 2013). 현재 제주지역 참다래 재배 면적은 310 ha로 전국 재배면적 (1,192 ha)의 26% 수준이나 생산량은 전국 19,442톤 대비 43%인 8,359톤으로 우리나라에서 가장 많다.

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., 2101a; song et al., 2010b). 제주도에서는 관행적으로 Andisols로 분류되는 토양을 화산회토, Andisols에 속하지 않는 토양을 비화산회토라고 명명하고 있다 (NAAS, 2013).

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 커서 비료로 주는 인산을 무효화 시키는 단점이 있다. 물리적으로는 보수력과 통기성이 양호하고 용적밀도가 매우 낮다 (Song, 1997; NAAS, 2014). 제주도의 비화산회토도 화산 분출물에서 발달되었기 때문에 화산회토의 특성을 일부 보유하고 있는 토양들과 유기물 함량이 비교적 높은 Mollisols 토양들이 주를 이루고 있어서 육지 토양과는 다른 특성을 보유하고 있다 (NAAS, 2014).

참다래의 품질과 안정생산을 위해서는 수체생장과 결실에 가장 알맞은 양분상태를 유지해야 한다 (Kim et al., 2013). 농촌진흥청에서 참다래 표준시비량 및 시비추천식이 설정되어 있어 육지부의 참다래과원에서 사용되고 있으나, 유기물함량이 많고 인산 고정력이 높은 제주지역에 적용하는 것은 불합리하다. 질소시비량은 토양유기물함량으로 산출되는데 유기물함량이 육지지역 토양보다 많아 유기물함량 80 g kg^{-1} 이상이면 질소시비량이 $0 \text{ kg } 10\text{a}^{-1}$ 으로 추천된다. 인산 시비량도 인산흡착이 강한 화산회토양에 육지의 인산시비량을 적용하는 것은 불합리하다. 따라서 화산회토와 비화산회토에 대한 시비기준이 없어 제주지역 토양에 적합한 참다래 비료사용량 기준 설정이 필요하다.

본 연구는 제주지역 화산회토와 비화산회토를 대상으로 시비실태조사를 하고 엽과 토양을 채취 분석하여 토양검정에 의한 합리적인 시비관리를 위하여 참다래 표준시비량 및 토양검정 시비량을 설정하였다.

Materials and Methods

비료사용 실태조사 농가 시비실태를 조사하기 위하여 2014년에서 2015년까지 2개년 동안 청취 및 방문조사하였다. 제주에 가장 많이 재배되고 있는 헤이워드 품종을 대상으로 화산회토는 35농가, 비화산회토는 15농가를 선정하여 조사하였다. 3요소 비료의 농가시비는 주성분으로 함유하고 있는 질소, 인산, 칼리를 구분하여 성분량으로 환산하여 나타내었다.

엽 및 토양 시료채취 참다래 영양상태 파악을 위한 엽시료 채취시기는 신초생장이 정지하여 엽중 무기성분 함량이 안정된 7월 20일에서 8월 10일 사이에 하였다. 채취방법은 수령이 8년생 이상의 수세가 비슷한 10주를 선정하여 착과지 마지막 착과부위에서 5-7마디의 건전한 엽을 주당 10매씩 각 과원에서 총 100매씩 채취하였다. 채취한 엽은

증류수로 씻은 후 65°C 건조기에서 24시간 건조 후 분쇄하고 20 mesh 체를 통과시켜 분석시료로 사용하였다. 토양화학성 분석을 위한 토양시료는 수확기인 10월부터 11월 사이에 채취주의 반경 1 m에서 0-20 cm 깊이에서 필지당 10개 지점의 토양을 채취하여 하나의 복합시료로 하여 풍건한 후 2 mm 체를 통과시켜 분석시료로 사용하였다.

엽 및 토양 시료분석 식물체 분석은 분쇄한 시료 1.0 g을 분해튜브에 넣고 H₂SO₄-H₂O₂로 습식분해하여 무기성분 분석에 활용하였다. 총질소는 켈달장치 (Kjeltec 2400 Foss, Sweden)를 이용하여 측정하였고, 인산은 ammonium vanadate 법으로 비색계 (UV/VIS spectrometer, Carry 100 varian, Australia)를 사용하여 정량하였다. 칼륨은 ICP-OES (Optima 7300DV, PerkinElmer, USA)를 사용하여 분석하였다.

토양 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.

Results and Discussion

토양 화학적 특성 화산회토의 화학성분은 pH가 평균 6.0, 유기물 함량은 113 g kg⁻¹, 유효인산 288 mg kg⁻¹으로 유기물 함량과 교환성 양이온 함량은 적정범위보다 높았으나 유효인산함량은 낮았다. 비화산회토의 pH는 5.7로 적정범위보다 낮았으나, 유기물, 유효인산 및 교환성 양이온 함량은 높았다.

화산회토와 비화산회토에서 유기물 함량은 화산회토에서 평균 113 g kg⁻¹으로 비화산회토에서 48 g kg⁻¹보다 높고, 유효인산 함량은 비화산회토가 541 mg kg⁻¹으로 화산회토 288 mg kg⁻¹보다 높았다 (Table 1).

Table 1. Chemical properties of kiwi cultivated soils.

Soils	No. of Field	pH	O.M. g kg ⁻¹	Avail. P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	Exch. Cation		
					K	Ca	Mg
		1:5			cmol _c kg ⁻¹		
Volcanic ash soils	46	6.0 (4.4-7.7)*	113 (75-181)	288 (49-863)	1.61 (0.31-3.88)	9.1 (1.1-23.5)	3.0 (0.4-7.3)
Non volcanic ash soils	24	5.7 (4.6-7.2)	48 (35-65)	541 (140-923)	1.45 (0.48-3.20)	6.6 (2.7-12.4)	2.2 (0.4-4.9)
Optimum range		6.0-6.5	25-30	300-500	0.50-0.80	5.0-7.0	1.5-2.0

*Minimum-Maximum value.

식물체 무기성분 엽중의 무기성분 함량은 화산회토보다 비화산회토에서 마그네슘을 제외한 질소, 인산, 칼륨 및 칼슘 함량이 높았다. 적정범위와 비교하면 질소 함량은 화산회토에서 평균 2.01% 그리고 비화산회토에서 2.07%로 적정범위인 2.0-2.5%에 포함되었으며, 인산 함량은 적정범위 보다 낮았다. 그러나 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량은 적정범위보다 높았다 (Table 2).

Table 2. Nutrient contents of kiwi leaves cultivated in volcanic ash and non-volcanic ash soils.

Soils	No. of Field	N	P	K	Ca	Mg
		%				
Volcanic ash soils	46	2.01 (0.98-3.03)*	0.179 (0.097-0.235)	2.32 (1.78-4.03)	2.77 (1.20-5.03)	0.74 (0.12-1.58)
Non volcanic ash soils	24	2.07 (1.09-3.04)	0.199 (0.087-0.310)	2.34 (1.13-3.71)	2.91 (1.69-4.63)	0.59 (0.21-1.46)
Optimum range		2.0-2.5	0.21-0.25	1.8-2.2	3.0-4.0	0.2-0.4

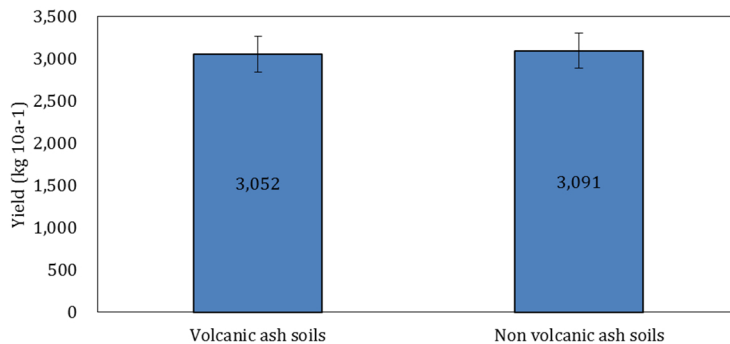
*Minimum-Maximum value.

비료 사용량과 수량 화산회토에서 비료사용량은 10a 당 질소 22.4, 인산 21.6, 칼리 18.3 kg이었으며, 비화산회토에서는 질소 17.1, 인산 13.5, 칼리 13.3 kg으로 화산회토의 비료사용량이 비화산회토보다 많았다 (Table 3). 그리고 수량은 화산회토과 비화산회토에서 각각 3,052 kg과 3,091 kg으로 차이가 없었다 (Fig. 1).

Table 3. Conventional fertilizer application rates in the Kiwi cultivated soils in jeju.

Soils	No. of Field	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Compost
		kg 10a ⁻¹			
Volcanic ash soils	30	22.4 (9.0-79.4)*	21.6 (10.4-72.2)	18.3 (6.9-68.6)	849 (72-4,042)
Non volcanic ash soils	15	17.1 (9.4-38.0)	13.5 (3.8-38.2)	13.3 (2.4-37.4)	560 (23-1,734)

*Minimum-Maximum value.

**Fig. 1.** Kiwi yields at different soil types.

토양 화학성과 시비량과의 관계 토양 화학성과 시비량과의 관계는 엽 중의 다량원소를 분석한 후, 엽의 질소, 인산 및 칼륨 함량이 적정범위에 포함된 포장의 토양 화학성분 함량과 시비량과의 관계를 나타내었다 (Figs. 2~4). 질소 시비량은 토양 유기물함량과 밀접한 상관이 있으며, 인산 시비량은 토양유효인산 함량, 칼리 시비량은 토양 교환성 칼륨 함량의 증가에 따라 감소하는 부의 상관이 나타났다. 질소 시비량은 토양 유기물함량이 많음에 따라 감소하고 있으며, 유효인산 함량이 적은 토양에서 인산시비량이 많으며, 토양의 교환성 칼륨 함량이 낮아짐에 따라 가리의 시비량이 높아지고 있다 (Lee et al., 1993)고 한 결과와 같은 경향이였다. 따라서 질소, 인산 및 칼륨 시비량을 추천할 때 이들과의 단순 회귀식을 사용하여 시비 추천식으로 활용 할 수 있을 것으로 판단된다.

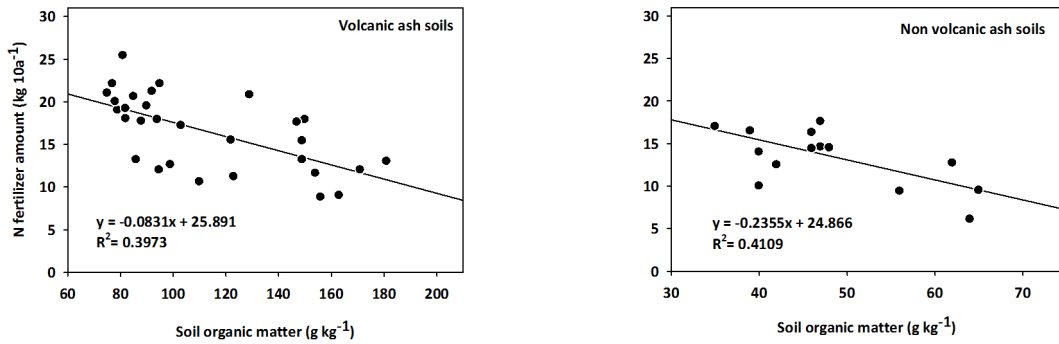


Fig. 2. The relationship between organic matter contents in soils and N fertilizer application rate.

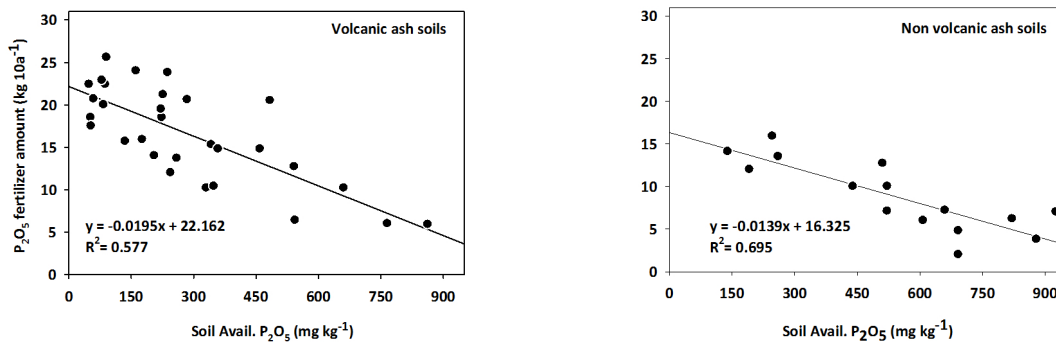


Fig. 3. The relationship between Avail. P₂O₅ contents in soils and P₂O₅ fertilizer application rate.

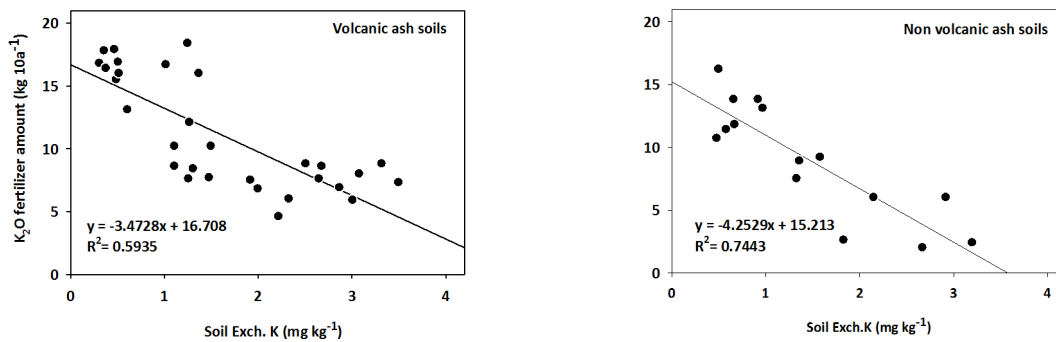


Fig. 4. The relationship between Exch. K contents in soils and K₂O fertilizer application rate.

질소 시비 추천식 설정 토양 화학성과 시비량과의 단순 회귀식을 사용하여 화산회토와 비화산회토의 토양 유기물 함량을 기준으로 하여 질소 시비량을 산출하였다 (Table 4, 5).

토양 유기물은 작물생육에 기여도가 가장 큰 질소성분을 공급해 주기 때문에 과수원 토양에서 필수적인 토양의 화학성 인자라고 할 수 있다 (Lee et al., 1993).

기존 질소 시비 추천식에 의하면 토양 유기물 함량이 많은 제주도 화산회토의 경우 거의 대부분 0 kg 10a⁻¹로 산출된다. 그러나 새로운 추천식에 의하면 토양 유기물 함량에 따라 질소 시비량이 10.9-19.2 kg 10a⁻¹로 산출된다 (Table 4). 습윤지역의 배수가 양호한 토양조건하에서 화산 분출물이 급속히 풍화되는 과정에 유기물이 공급되면, 풍화산물인 다른 양이온은 용탈되나 Al과 Fe은 부식과 매우 안정된 Al-, Fe-유기 복합체를 형성한다. 금속-유기물 복합

체에서 AI는 유기 분자와 배위자 교환과 수소결합에 의해 매우 강하게 결합되어 있으므로 화산회토에서 유기물 함량은 높으나 질소 공급력이 비교적 약하기 때문에 (Song, 1997) 기존 질소 시비 추천과는 달리 질소 시비 추천량이 많은 것이라고 생각된다.

제주도 동부 해안지역인 성산과 남부 해안지역인 서귀포의 경우 연평균 강수량이 각각 1,967 mm 및 1,923 mm로 서부와 북부 해안지역인 고산과 제주시의 1,143 mm 및 1,498 mm에 비하여 420-830 mm나 많다 (KMA, 2011). 또한 지대가 높아질수록 강수량이 현저하게 증가하여 한라산은 5,000 mm 이상이나 된다 (Moon et al., 2009). 이와 같이 화산회토가 주로 분포하고 있는 지역에 강수량이 매우 많아서 시용 질소의 용탈 손실이 크기 때문에 질소 요구량이 큰 것이라고 생각된다. 비화산회토에서도 기존의 질소 시비 추천식에 의해 산출된 질소 시비량은 0-20.6 kg 10a⁻¹이나 새로운 추천식에 의하면 6.0-20.2 kg 10a⁻¹로 산출되었다 (Table 5). 즉 비화산회토에서도 유기물함량이 높은 토양특성으로 기존의 질소 시비추천량보다 현저하게 많았다.

Table 4. Recommendation rate of N fertilizer application by different organic matter contents of volcanic ash soils.

Recommendation model	N recommendation model	Soil OM content (g kg ⁻¹)				Remark
		80	110	150	180	
N application rate (kg 10a ⁻¹)						
Current recommendation model	Y=29.951-0.4530X	0	0	0	0	- Y : N application
New recommendation model	Y=25.891-0.0831X	19.2	16.8	13.4	10.9	- X : Soil OM

Table 5. Recommendation rate of N fertilizer application by different organic matter contents of non volcanic ash soils in Jeju.

Recommendation model	N recommendation model	Soil OM content (g kg ⁻¹)				Remark
		20	40	60	80	
N application rate (kg 10a ⁻¹)						
Current recommendation model	Y=29.951-0.4530X	20.6	11.9	2.8	0	- Y : N application
New recommendation model	Y=24.866-0.2355X	20.2	15.4	10.7	6.0	- X : Soil OM

인산 시비 추천식 설정 토양 화학성과 시비량과의 단순 회귀식을 사용하여 화산회토와 비화산회토의 토양 유효인산 함량에 따른 인산 시비량을 산출하였다 (Table 6).

Table 6. Recommendation rate of P₂O₅ fertilizer application by different Avail. P₂O₅ contents of volcanic ash soils and non volcanic ash soils in Jeju.

Recommendation model	P recommendation model	Soil Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)				Remark
		200	400	600	800	
P ₂ O ₅ application rate (kg 10a ⁻¹)						
Current recommendation model	Y=13.122-0.0170X	9.7	6.3	2.9	0	
Recommendation model for volcanic ash soils	Y=22.162-0.0195X	18.3	14.4	10.5	6.6	- Y : P application - X : Soil Av. P ₂ O ₅
Recommendation model for non volcanic ash soils	Y=16.325-0.0139X	13.5	10.8	8.0	5.2	

기존 인산 시비 추천식에 따르면 토양 유효인산 함량에 따라 0-9.7 kg 10a⁻¹로 산출되었다. 그러나 새로운 인산 추천식에 의하면 화산회토에서는 토양 유효인산 함량에 따라 6.6-18.3 kg 10a⁻¹로 산출되었으며, 비화산회토에서는 5.2-13.5 kg 10a⁻¹로 산출되었다.

인산 흡착력이 매우 큰 것은 화산회토의 대표적인 특성 중의 하나이다. 인산보유능 85% 이상이라는 조건을 화산회토(Andisols) 분류기준의 하나로 적용하고 있을(USDA, 1999) 정도로 인산 흡착력이 특징적으로 크다. 따라서 육지 일반 토양에 적용하고 있는 기존의 인산 시비 추천량에 비하여 화산회토에서의 인산 시비 추천량이 현저하게 높다. 당근, 감자, 감귤 등 제주도의 화산회토와 비화산회토를 육지의 일반 토양과 구별하여 인산 비료 사용량을 추천하는 경우에도 화산회토에서 많은 양의 인산 비료를 사용할 것을 추천하고 있다(NIAST, 2010).

칼륨 시비 추천식 설정 토양 화학성과 시비량과의 단순 회귀식을 사용하여 화산회토와 비화산회토에서 토양 교환성 칼륨 함량에 따른 칼리 시비량을 산출하였다(Table 7).

기존 칼리 시비 추천식에 의하면 토양 교환성 칼륨 함량에 따라 8.2-12.9 kg 10a⁻¹로 산출되었다. 그러나 새로운 칼리 추천식에 의하면 화산회토에서는 12.9-15.5 kg 10a⁻¹로 산출되었으며, 비화산회토에서는 11.6-13.7 kg 10a⁻¹로 산출되었다.

화산회토에서 칼리 시비추천량이 특히 많은데, 이는 화산회토가 주로 분포하는 지역에 강수량이 많아 토양 중 칼륨의 용탈로 손실이 많기 때문이다.

Table 7. Recommendation rate of K₂O fertilizer application by different Exch. K contents of volcanic ash soils and non volcanic ash soils in Jeju.

Recommendation model	K recommendation model	Soil Ex. K (cmol _c kg ⁻¹)				Remark
		0.35	0.60	0.85	1.10	
		K ₂ O application rate (kg 10a ⁻¹)				
Current recommendation model	Y=15.099-6.2300X	12.9	11.4	9.7	8.2	
Recommendation model for volcanic ash soils	Y=16.708-3.4728X	15.5	14.6	13.8	12.9	- Y : K application - X : Soil Ex. K
Recommendation model for non volcanic ash soils	Y=15.213-4.2529X	13.7	12.7	11.6	10.5	

수령별 표준 시비량 설정 질소, 인산 및 칼리 표준시비량 설정은 Table 4, 5, 6 및 7에 나타난 질소 인산 및 칼리 시비 추천식에 Table 1의 토양중의 평균 유기물 함량, 인산 및 교환성칼리 함량을 대입하여 설정하였다. 질소, 인산 및 칼륨에 대한 수령별 표준시비량은 NIAST (2010)의 수령간 시비비율 설정 방법과 마찬가지로 수령 8년생 이상을 기준으로 하여, 6-7년생 시비량은 8년생 시비량의 80%, 4-5년생은 60%, 2-3년생은 40%, 그리고 1년생은 20%를 적용하여 수령별 시비량을 설정하였다(Table 8).

과수 재배지 질소, 인산 및 가리의 시비량은 토양화학 성분 함량을 적음, 보통, 많음으로 구분하여 토양화학 성분의 평균함량 범위에서는 수령별로 시비기준량을 적용하고, 화학성분의 평균함량 이하에서는 증시하도록 한 반면, 그 이상에서는 감비하도록 하는데 (Lee et al., 1993), 본 연구에서는 직선의 회귀식을 사용하여 시비량을 설정하였다(NIAST, 2010).

Table 8. N, P₂O₅, and K₂O standard fertilizer amount by tree ages in volcanic ash soils and non volcanic ash soils in Jeju.

Tree ages	Volcanic ash soil			Non volcanic ash soil		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	(kg 10a ⁻¹)					
1	3.2	3.3	2.2	2.7	1.8	1.8
2-3	5.8	5.7	3.9	4.7	3.1	3.2
4-5	9.0	9.0	6.1	7.4	4.8	5.0
6-7	12.4	12.3	8.3	10.1	6.6	6.8
8 more	16.5	16.5	11.1	13.5	8.8	9.0

Conclusions

제주지역 토양은 화산회토와 비화산회토로 구분되며, 이들 토양은 토양화학적 특성이 많이 다르므로 제주지역에서 작물별 비료사용량은 화산회토와 비화산회토로 구분하여 추천하고 있다. 제주도 토양을 화산회토와 비화산회토로 구분하여 비료사용 실태 조사를 하고, 엽과 토양의 화학성을 분석하여 제주지역 토양에 적합한 참다래 표준시비량과 토양검정 시비량을 설정하였다. 화산회토 화학성분의 평균함량은 유기물 113 g kg⁻¹, 유효인산 288 mg kg⁻¹, 교환성 칼륨 1.61, 칼슘 10.5, 마그네슘 3.1 cmol_c kg⁻¹이었다. 비화산회토 화학성분의 평균함량은 유기물 48.3 g kg⁻¹, 유효인산 541 mg kg⁻¹, 교환성 칼륨 1.45, 칼슘 6.6, 마그네슘 2.2 cmol_c kg⁻¹로 화산회토보다 유기물함량은 적으나, 유효인산함량은 높았다. 엽중 무기성분 함량은 화산회토보다 비화산회토에서 칼슘을 제외한 성분이 높았다. 화산회토의 비료사용량은 10a 당 질소 22.4, 인산 21.6, 칼리 18.3 kg이었으며, 비화산회토는 질소 17.1, 인산 13.5, 칼리 13.3 kg으로 화산회토에서 비료사용량이 많았고, 수량은 3,052kg과 3,091 kg으로 차이가 없었다. 질소시비량은 토양 유기물 함량, 인산시비량은 토양유효인산 함량, 칼리 시비량은 토양 교환성 칼륨 함량의 증가에 따라 감소하는 부의 단순회귀 상관성이 나타나 토양별, 수령별 시비추천식과 표준시비량을 설정하였다.

References

- Kim, C. H., D. K. Moon, K. C. Seong, D. Son, S. C. Kim, E. Y. Song, and C. K. Lim. 2013. Soil chemical properties and leaf nutrition composition of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. 'Hayward') tree in jeju. *J. of Agriculture & Life Science*. 47(1): 21-28.
- Korea Meteorological Administration. 2011. Climatological normals of korea. Annual normals. 1981-2010.
- Lee, C. S., J. Y. Lee, Y. J. Lee, J. S. Shin, K. H. Han, and D. S. Kim. 1993. Fertility and rate of fertilizer application for orchard soils of apple and pear. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.*, 26(2):103-110.
- Moon, K. H., H. C. Lim, and H. N. Hyun. 2009. Regional soil distribution in Jeju island by climatic factors. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 42(5): 348-354.
- NAAS, 2013, Workshop for soil survey, classification, and interpretation.
- NAAS, 2014, Taxonomical classification of Korean soils.
- NIAS. 2010. Fertilizer application recommendation for crops. National Institute of Agricultural science and Technology (revised edition). RDA. p 208-210.
- 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. 1994. Andic properties of major soils in Cheju Island. III. conditions for formation of allophane. *J. Soil Sci. Fert.* 24:149-157.

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.

USDA, Soil Survey Staff. 1999. *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys.* 2nd ed. Agric. Handbook 436. USDA-NRCS. CRC Press, Boca Paton, Fla., USA.