



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

제주도 토양의 화학적 특성과 모바일
앱을 이용한 시비처방 연구

Study on the Chemical Characteristic of Jeju Island Soils and
Fertilizer Recommendation using Mobile Application

濟州大學校 大學院

農學科

梁 哲 準

2016年 8月

제주도 토양의 화학적 특성과 모바일 앱을 이용한 시비처방 연구

指導教授 玄 海 男

梁 哲 準

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함

2016年 6月

의 農學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ (印)

委 員 _____ (印)

委 員 _____ (印)

濟州大學校 大學院

2016年 6月

목 차

List of Tables	ii
List of Figures	iii
ABSTRACT	v
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	3
1. 토양 시료의 선정	3
2. 토양 시료의 채취 및 조제	4
3. 토양 이화학성 분석 방법	5
4. 흙토람 비료사용처방 프로그램 적용 방법	7
5. 시비처방 모바일 앱 적용 방법	9
III. 결과 및 고찰	13
1. 토양 화학성	13
2. 토양 화학적 특성간의 관계	22
3. 흙토람 시비처방 프로그램 적용 결과	23
4. 모바일 앱을 이용한 비료 추천 결과	31
IV. 적 요	36
V. 인 용 문 헌	38

List of Tables

Table 1. Chemical characteristics of black volcanic ash soil, very dark brown volcanic ash soil and dark brown non-volcanic ash soil.	14
Table 2. Application result of fertilizer prescription program of Korean Soil Information System in black volcanic ash soil.	27
Table 3. Application result of fertilizer prescription program of Korean soil Information System in very dark brown volcanic ash soil.	28
Table 4. Application result of fertilizer prescription program of Korean soil Information System in dark brown non-volcanic ash soil.	29
Table 5. Application result of fertilizer prescription program in black volcanic ash soils.	30
Table 6. Application result of fertilizer prescription program in very dark brown volcanic ash soils.	30
Table 7. Application result of fertilizer prescription program in dark brown non-volcanic ash soils.	30
Table 8. Applied content of crop component on the mobile application.	31
Table 9. Comparisons between compound fertilizers recommendation(㉠, 21-17-17) and the mobil application recommendation(㉡).	35

List of Figures

- Fig. 1. Sampling sites of black volcanic ash soil(●), very dark brown volcanic ash soil(●), and dark brown non-volcanic ash soil(●) sampling. 3
- Fig. 2. Color of (A)black volcanic ash soil, (B)very dark brown volcanic soil and (C)dark brown non-ash soil. 4
- Fig. 3. The fertilizer prescription menu of Korean Soil Information System.. · 8
- Fig. 4. Fertilizer recommendation method of Korean Soil Information System. 8
- Fig. 5. Fertilizer recommendation method of Mobile Application. 9
- Fig. 6. The page of Main and guidance method using Mobile Application. · 11
- Fig. 7. The page of ingredient content confirm in Korean Soil Information System. 12
- Fig. 8. Distribution of pH in black volcanic ash soil(■), very dark brown volcanic ash soil(■), and dark brown non-volcanic ash soil(□). 17
- Fig. 9. Distribution of organic matter in black volcanic ash soil(■), very dark brown volcanic ash soil(■), and dark brown non-volcanic ash soil(□). 18
- Fig. 10. Distribution of available phosphate in black volcanic ash soil(■), very dark brown volcanic ash soil(■), and dark brown non-volcanic ash soil(□). 19
- Fig. 11. Distribution of exchangeable K, Ca, Mg contents in black volcanic ash soil(■), very dark brown volcanic ash soil(■), and dark brown non-volcanic ash soil(□). 20
- Fig. 12. Distribution of electrical conductivity in black volcanic ash soil(■), very dark brown volcanic ash soil(■), and dark brown non-volcanic ash soil(□). 21

Fig. 13. Relationship between pH and Ca, Mg saturation in black volcanic ash soil, very dark brown volcanic ash soil, and dark brown non-volcanic ash soil.	23
Fig. 14. Calculation process of fertilizers for compound fertilizers and single fertilizers.	26
Fig. 15. Recommendation rate of fertilizer at Korea Soil Information System(left) and result of selected compound fertilizer and additional single fertilizer using mobile application(right) of citrus	33
Fig. 16. Recommendation rate of fertilizer at Korea Soil Information System(left) and result of selected compound fertilizer and additional single fertilizer using mobile application(right) of fall planted potato and corn.	34

A B S T R A C T

Studied in the thesis were the chemical properties of black volcanic ash soil, very dark brown volcanic ash soil and dark brown non-volcanic ash. Then, they were applied to a fertilizer prescription program in Korean Soil Information System for comparing the amount of the fertilizer employed. Also, the way to recommend an optimized fertilizer commercially available was explored with a fertilizer recommendation mobile application.

The fertilizer requirement of both compound and additional single fertilizers were calculated by applying the equation of compound fertilizer (21-17-17) to the amount of fertilizer ingredient in the fertilizer prescription in Korean Soil Information System. Consequently, the composition of fertilizer in black volcanic ash soil/very dark brown volcanic ash soil/dark brown non-volcanic ash were identified to 40.10/40.17/28.11 kg of component fertilizer, 7.57/8.00/11.88 kg of urea, 113.80/102.28/56.85 kg of fused phosphate, respectively. According to the results, it was demonstrated that the fertilizer requirement was dependant on the chemical property of the individual soil group.

Jeju volcanic ash soil hardly decomposes organics due to its characteristics, and phosphoric acid exists in the form of useless type for plant growing due to its strong interaction with soil. Thus, higher nutrient requirement was observed in the volcanic ash soil than those in other soil group due to its low available phosphate content.

The method of the fertilizer recommendation with the mobile application is to suggest the best combination of compound fertilizer with single fertilizer for agriculture, which was set by applying the required amount of fertilizer ingredient to domestic fertilizer samples (159 ea) commercially available.

Fertilizer recommendation with the mobile application was conducted for

both citrus trees under 2 years and above 18 years, fall planted potato and corn. The method of the mobile application has recommended 4.1kg, 16.1kg, 17.6kg, 1.8kg less per 10a than that of compound fertilizer (21-17-17) method.

I. 서 론

농업활동을 하면서 생산성 향상에 기여하는 요인을 보면 품종이 30%, 병해충 방제 20%, 비료가 50%로 평가될 만큼 비료의 사용은 농업생산성 향상에 크게 기여한다. 70년대 이후 비료의 공급이 원활히 이루어짐에 따라 농업생산량은 증가하는 반면 화학비료 과다 사용이라는 문제점이 대두되었다(Gil, 2000). 또한 토양 염류집적 및 양분 불균형이 심해지면서 병해충, 기상재해 등에 취약해져 농업생산성 향상에 문제가 되기도 하였다(Lee et al., 2011). 예를 들면 제주도 화산회토양은 다량의 비료를 요구하는 특성의 토양으로 육지부 토양보다 평균 2~3배 많은 비료를 사용하였다. 특히 문제가 되는 것이 화산회토와는 달리 비화산회토의 경우 인산흡착능력이 약하고 용탈이 적으며 양이온 치환용량이 적기 때문에 화산회토에 준한 양의 비료 사용은 70년대에 들어 양분의 불균형이라는 결과를 초래하였고 1995년에는 우리나라 평균의 3배 많은 양의 비료를 사용하게 되었다(Hyun et al., 1997). 그리고 우리나라의 비료 사용량도 90년대 후반까지 472kg/ha까지 증가하는 추세였고 2000년도부터 감소하여 2010년도에는 248kg/ha까지 감소하였다. 이러한 이유는 전반적인 비옥도 상승과 토양검정 및 처방 등이 한 역할을 한 것으로 보고 있다(농촌진흥청, 2013). 이에 정부에서는 2004년까지 화학비료 30% 감축목표 등 대책을 마련하기도 하였는데, 토양검정을 통한 맞춤형 비료공급, 토양검정을 통한 시비처방이 그 예라고 할 수 있겠다(kwak, 2001). 토양검정 사업은 각 시·군 농업기술센터에서 실시하고 있으며 전국에서 검정된 자료는 시·군 농업기술센터 담당자를 통해 흙토람에 입력이 되어 토양검정 DB 자료가 된다.

흙토람(토양환경정보시스템, Korean Soil Information System)은 각종 토양의 정보를 인터넷으로 열람하고 그 정보를 활용하여 과학적 영농을 통한 농업인의 농업생산성 향상과 환경을 보전하는데 목적이 있다. 40여년에 걸친 토양조사사업을 바탕으로 최근에는 GIS(지리정보시스템, Geographic Information System)로 전산화하여 수치토양도 DB, 토양비옥도 DB를 구축하였고 흙토람을 구축하기에 이르렀다(Yun et al., 2009).

흙토람에는 한국의 토양, 흙에 대한 일반적인 정보, 토양자료실, 토양지도, 시비처방, 토양통계 등 토양에 대한 모든 자료를 열람할 수 있다. 흙토람의 메뉴 중 비료사용처방은 비옥도 DB 구축의 일환인 토양검정사업을 통해 전국의 농경지에 대한 토양 특성과 그 특성에 따라 비료사용처방을 해주는 흙토람의 가장 핵심적인 기능이 되었다.

그러나 흙토람 에서의 비료사용처방은 단일비료 위주의 처방이었고 현행의 경우에도 복합비료가 추천이 되지만, 사용자가 직접 비료를 선택해야 하는 어려움이 남아있다. 사용자가 직접 비료를 선택하면 경우에 따라서는 비료 사용량이 달라질 수도 있다. 즉, 토양검정 결과 목표 성분량을 적은 양의 비료로 충족시킬 수도 있고, 많은 양의 비료로 충족시킬 수도 있게 된다. 그래서 우리나라에 시판하는 비료 중 토양에 적합한 비료를 추천할 수 있다면 농가의 비료선택에 좋은 길잡이가 될 것이다.

제주도 토양은 토양색에 따라 흑색 화산회토, 농암갈색 화산회토, 암갈색 비화산회토, 갈색 산림토로 나눌 수 있는데, 비화산회토양은 육지부 토양과 비슷한 성질을 가지고 있으나 화산회토양은 화산회를 모재로 한 금속-유기복합체로 형성되어 있어 물리화학적 성질이 매우 다르다(Hyun, 1955). 화산회토의 경우 기후적으로 비가 많고 구조적 특이성으로 인해 다량의 염기가 용탈되어 산성을 띄게 되고 주된 토양광물인 알로판은 토양 pH에 따라 Al은 $Al(OH)_2^+$, $Al(OH)^{2+}$ 등으로 존재하게 된다. 그만큼 음이온과의 흡착력이 커지고 인산과 유기물은 강하게 흡착하여 작물이 이용이 어려운 형태로 존재한다고 하였다(Kim, 2008). 이러한 이유로 화산회토와 비화산회토는 비료사용에도 각각 다른 결과가 나올 것으로 생각된다.

본 연구에서는 흙토람 토양정보시스템에서 제주도 토양검정 결과를 이용하여 모바일 앱으로 최적의 복합비료를 선택하기 위해 수행되었다. 이를 위해 흑색 화산회토, 농암갈색 화산회토 및 암갈색 비화산회토 각각 20점을 채취하여 토양의 화학적 성질을 분석하였으며, 흙토람에서 단비로 추천된 시비량을 본 연구에서 개발한 모바일 앱에 적용시켜 시판용 최적 복합비료를 선택하고 부족한 양의 비료를 단비로 추천하는 시비처방 방법을 개발하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 토양 시료의 선정

제주도 토양의 유형은 토색에 따라 흑색토, 농암갈색토, 암갈색토 및 갈색 산림토로 구분되는데 대부분의 토양이 화산회토를 모재로 하고 있으며 경작지의 구분은 크게 화산회토와 비화산회토 지역으로 구분하고 있다(농촌진흥청, 2013). 화산회토는 주로 제주도의 남동부 또는 동북부와 오름 등지에 분포하고 비화산회토는 주로 북부 또는 북서부에 분포한다(제주민속자연사박물관, 2000). 본 연구에서 사용한 토양은 Fig. 1과 같이 갈색 산림토를 제외한 흑색 화산회토(Black volcanic ash soil), 농암갈색 화산회토(Very dark brown volcanic ash soil), 암갈색 비화산회토(Dark brown non-volcanic ash soil) 토양을 각각 20점씩 총 60점을 선정하였다.

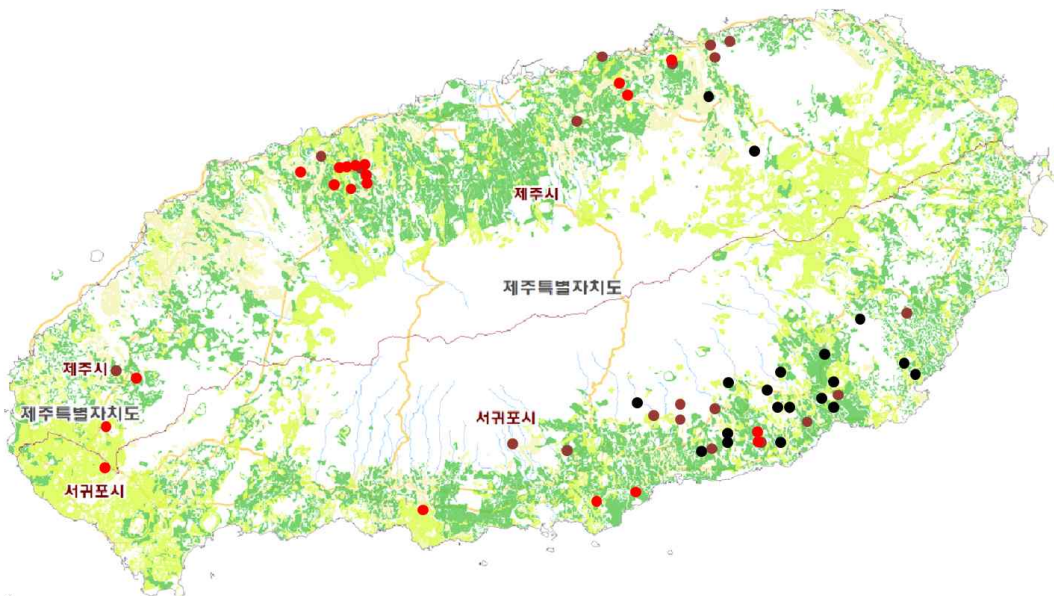


Fig. 1. Sampling sites of black volcanic ash soil(●), very dark brown volcanic ash soil(●), and dark brown non-volcanic ash soil(●) sampling.

2. 토양 시료의 채취 및 조제

흙토람의 토양환경지도 토양도 보기 메뉴를 통해 지번을 검색하면 해당 지역의 토양통을 확인할 수 있다. 그리고 채취한 토양은 흙토람을 활용하여 토양통 별로 흑색 화산회토(A), 농암갈색 화산회토(B), 암갈색 비화산회토(C)로 시료를 구분하였다.

토양시료채취 방법은 표토 위의 부식층 등을 1 ~ 2cm를 걷어낸 후 토양시료 채취용 삽을 사용하여 표토 15cm까지 채취하였는데, 동일포장 내에서도 부위에 따라 토양비옥도가 불균일하므로 전체포장을 대표할 수 있도록 채취지점을 여러 군데 선정하여 시료를 채취하였다.

채취한 시료는 그늘에서 건조과정을 거친 후 2mm 체를 통과시킨 것을 사용하였으며 토양 및 식물체 분석법에 준하여 토양 pH, 유기물 함량, 유효인산, 양이온 용량, 전기전도도를 분석하였다(농촌진흥청, 2000; 농촌진흥청, 2010).

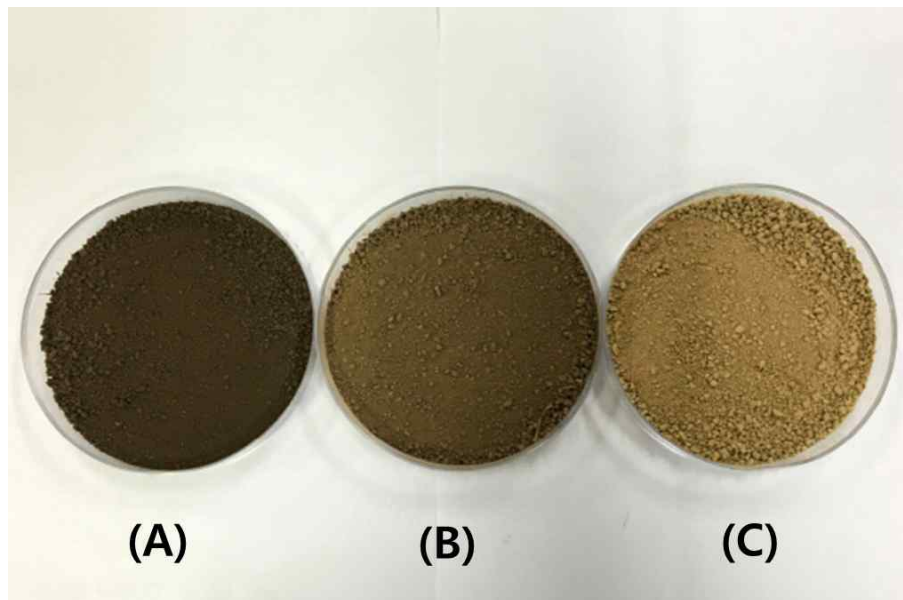


Fig. 2. Color of (A)black volcanic ash soil, (B)very dark brown volcanic soil, and (C)dark brown non-ash soil.

3. 토양 이화학성 분석 방법

(1) pH

토양 pH 분석 방법은 1:5법을 이용하였다. 시료채취 후 전처리를 마친 풍건토양 5g과 증류수 25ml를 100ml 비이커에 취하였다. 그리고 교반하면서 약 1시간 정도 정치한 후, pH buffer 용액으로 보정한 pH meter(Orion Star A211, Thermo Scientific, UK)를 사용하여 측정하였다.

(2) 유기물 함량

유기물 함량 분석방법은 Walkley & Black 법을 이용하였다. 토양시료 0.1g과 10ml의 1N $K_2Cr_2O_7$ 용액을 500ml 삼각플라스크에 취하여 잘 흔들어 준 후 20ml의 H_2SO_4 를 첨가하여 20 ~ 30분간 방치하였다. 그리고 200ml의 증류수를 가하여 산화반응을 종결시켜 O-phenanthroline-ferrous 지시약을 3 ~ 4방울을 떨어뜨리고 0.5N $FeSO_4$ 용액으로 탁한 초록색에서 맑은 초록색을 거쳐 붉은색이 될 때까지 적정하여 그 시점의 적정 수치를 종말점으로 취하였다.

(3) 유효인산

유효인산의 분석법은 Lancaster법을 이용하였다. 토양시료 5g에 침출액 20ml를 넣고 10분간 진탕 후 여과하여 표준용액과 시료액 3ml를 시험관에 넣고 조작액 6ml, 1-amino-2naphtol-4-sulfonic acid를 가하였다. 그리고 30℃에서 30분 항온 후 분광광도계(Lambda 25, PerkinElmer, USA, 720nm)를 이용하여 측정하였다.

(4) 교환성 양이온

토양시료 5g과 1N-OAc용액 50ml를 100ml 삼각플라스크에 넣고 진탕하여 여과 후 유도결합플라즈마분광분석기(JY 139 Ultrace, Jobin Yvon, France)를 이용하여 농도를 측정하였다.

(5)전기전도도

토양 전기전도도 측정법은 1:5법을 이용하였다. 100ml 플라스크에 5g의 토양과 25ml의 증류수를 가하고 EC meter(Orion StarA329, Thermo Scientific, UK)를 이용하여 측정 하였다. 본 실험에서는 토양 pH를 측정한 여액을 사용하였다.

4. 흙토람 비료사용처방 프로그램 적용 방법

토양을 분석한 결과는 Fig. 3과 같이 흙토람(농촌진흥청, 토양환경정보시스템, <http://soil.rda.go.kr>)의 비료사용처방 체험하기 메뉴를 이용하여 비료 추천을 위한 성분량을 산출하였다. 이 성분량은 작물별 시비처방기준에 준하여 계산되는데, 본 실험에 해당하는 감귤에 대한 시비처방 기준은 화산회토와 비화산회토를 기준으로 다르게 설정되어 있다. 흙토람 비료사용 처방의 방법은 Fig. 4의 모식도와 같은 순서로 이루어진다. 분석한 토양의 화학성 결과는 작물별 시비기준에 적용되어 10a당 필요 성분량으로 표기되고 단일비료 추천량, 밑거름 복합비료 추천량, 퇴비 추천량 등으로 처방서가 만들어진다.

토양 분석 결과에 대한 각 토양별 비료 사용량을 비교하기 위해 분석값을 흙토람의 비료사용처방 메뉴에 적용을 하였다. 입력방법으로 경작지 구분 및 작물에서는 과수를 선택하고 감귤 18년생 이상, 화산회토 및 비화산회토로 하여 pH, 유기물, 유효인산, 교환성양이온, 전기전도도 등의 필수값을 입력하였다. 입력 후 결과값 보기에서 성분량은 밑거름을 기준으로 적용하였다. 그리고 적용한 복합비료의 종류(%)는 흑색 화산회토, 농암갈색 화산회토, 암갈색 비화산회토 모두 동일하게 N(21)-P(17)-K(17) 로 하였다.

비료사용처방
비료사용처방 | 토양검정 및 작물별 처방에 관련된 서비스를 제공합니다.

HOME > 비료사용처방 > 비료사용처방 체험하기

토양검정정보
비료사용 처방
비료사용처방 체험하기
화학비료 대체
가축분 퇴비량 추천
객도량 구하기

비료사용처방 체험하기

※ 재배하기를 원하는 작물에 대하여 임시처방서 서비스를 제공합니다.
 시군 농업기술센터에서 지번별로 토양시료를 채취 분석한 토양검정정보를 이용하였으므로 보다 정확한 비료사용처방을 받기 원하시면 관할 농업기술센터로 문의하시기 바랍니다.

- 경지구분 논 밭 시설 과수 간척지(논) 간척지(밭) 임야 기타
- 작물
- 대상지면적 제곱미터 (㎡) 평

● 화학성 분석 값

(+) 필수입력항목 유효범위 보기

(*) pH	<input type="text" value="5.4"/>	(*) 유기질	<input type="text" value="198"/> g/kg
(*) 유효인산	<input type="text" value="219"/> mg/kg	(*) 칼륨	<input type="text" value="0.26"/> cmol+/kg
(*) 칼슘	<input type="text" value="3.5"/> cmol+/kg	(*) 마그네슘	<input type="text" value="1.2"/> cmol+/kg
유효규산	<input type="text"/> mg/kg	(*) 전기전도도	<input type="text" value="0.4"/> dS/m
석회소요량	<input type="text"/> kg/10a	질산태질소	<input type="text"/> mg/kg
양이온 치환용량	<input type="text"/> cmol+/kg	암모니아태질소	<input type="text"/> mg/kg

입력방법 : 기본정보와 화학적 분석치는 반드시 입력하여야 합니다. 단, 비 재배시 유효규산, 비 이외의 경우는 전기전도도를 반드시 입력하여야 하고, 석회소요량, 양이온치환용량은 미입력시 평균값이 적용됩니다.

✓ 결과값

Fig. 3. The fertilizer prescription menu of Korean Soil Information System.

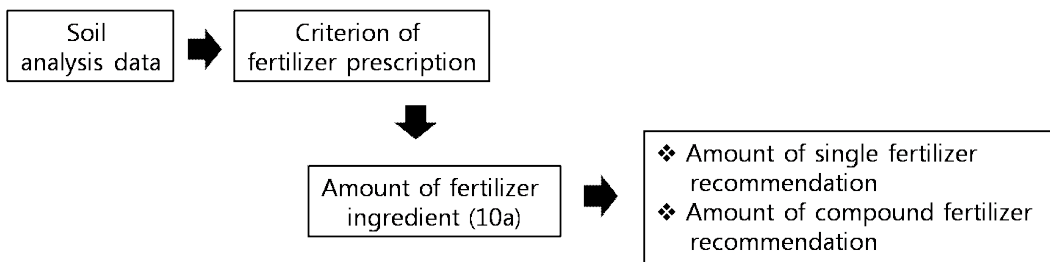


Fig. 4. Fertilizer recommendation method of Korean Soil Information System.

5. 시비처방 모바일 앱 적용 방법

모바일 앱을 이용한 시비처방은 흙토람의 시비처방 메뉴에서 토양 검정자료 검색결과 생성되는 해당필지의 필요성분량(kg/10a)과 면적(평, m²)을 입력 필수 인자로 하였고, 토양 검정결과의 성분량 중 밑거름에 대하여 적용을 하였다.

모바일 앱의 화면구성은 메인화면, 이용방법 안내 및 흙토람 바로가기 화면, 흙토람 링크 및 필요성분량 확인 화면, 단위면적당 필요성분량 및 실면적 입력화면, 비료추천 결과 및 다시하기 화면으로 구성되어 있다.

모바일 앱의 비료추천의 방법은 Fig. 5와 같이 기존의 흙토람 비료사용추천에서 선택한 복합비료에 대해 시비량을 구하는 식을 조사된 159개의 시판 비료에 해당필지의 면적당 필요성분량을 만족시킬 수 있는 최소의 복합비료의 양과 추가 단일비료의 양을 계산하는 식을 적용하여 비료를 추천하는 방식이다.

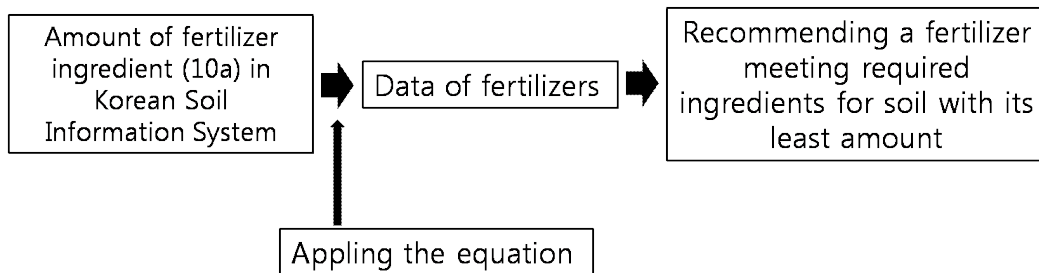


Fig. 5. Fertilizer recommendation method of Mobile Application.

분석한 토양의 흙토람 적용결과와 모바일 앱의 추천 결과를 비교하고 가장 적합한 비료를 추천하기 위해 시판중인 복합비료를 조사하였다. 비료의 종류는 총 8개 회사의 159개 비료이며 각각의 성분함량을 조사하였다.

비료추천 모바일 앱의 화면구성은 Fig. 6, 7과 같다. Fig. 6은 메인화면으로 비료사용계산 바로가기와 이용방법 안내 메뉴로 구성되어 있다. 비료사용 바로가기 메뉴는 흙토람 모바일 웹사이트의 비료사용처방 조회 페이지로 바로 이동할 수 있고 이용방법 안내 메뉴에는 처음 사용하는 사용자를 위한 비료추천의 순서가 설명되어 있다. Fig. 7은 흙토람의 비료사용처방 조회 페이지에서 경지구분, 지역선택, 작물선택 후 결과를 선택하여 필요성분량을 확인할 수 있는 화면이다.

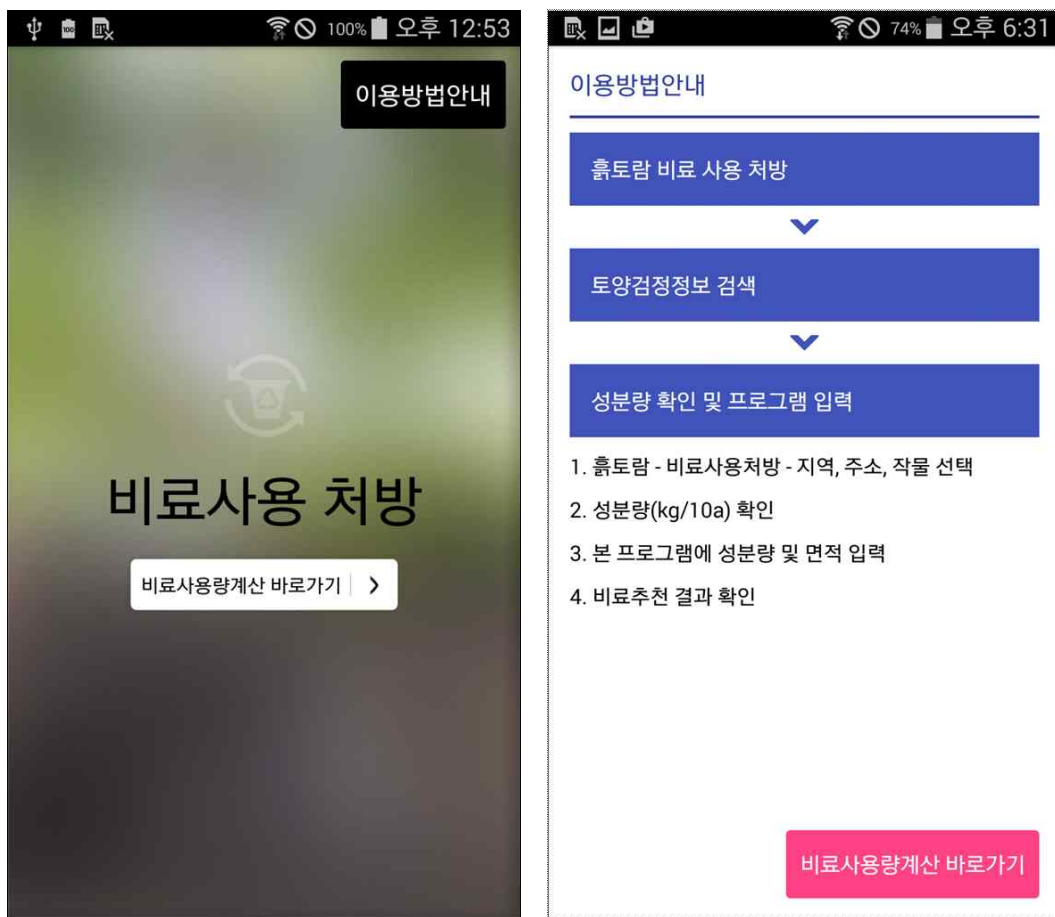


Fig. 6. The pages of main and guidance method using Mobile Application.



Fig. 7. The pages of ingredient content confirm in Korean Soil Information System.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 토양의 화학성

흑색 화산회토, 농암갈색 화산회토, 암갈색 비화산회토의 화학성 분석 결과는 Table 1과 같다. 분석한 토양화학성 결과의 비교를 위해 감귤원의 화산회토/비화산회토의 화학성 적정수준은 작물별 시비처방기준(농촌진흥청, 2010)을 참고하였다.

일반적으로 토양은 물리 화학적 성질에 따라 무기양분의 흡착과 용탈 정도가 다르고 토양마다 사용하는 비료의 종류와 양에도 차이가 있다. 비화산회토의 경우에는 육지토양과 비슷한 특성을 갖고 있으나, 화산회토의 경우에는 용적밀도가 낮아 양분유실이 심하고 인산고정이 강해 인산의 가용화가 어렵다. 그리고 AI에 의해 유기물을 분해할 수 있는 토양 미생물의 활성도 낮다고 하였다(Joa et al., 2009). 이러한 세 종류 토양군의 화학적 특성의 차이에 따라 토양양분 함량과 필요성분량도 다르고 시비처방의 결과도 다르게 나타날 것으로 생각된다.

Table 1. Chemical characteristics of black volcanic ash soil, very dark brown volcanic ash soil, and dark brown non-volcanic ash soil.

		pH (1:5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	AV.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Cations		
						K (cmol+/kg)	Ca (cmol+/kg)	Mg (cmol+/kg)
Black volcanic ash soil	Optimal Range	5.6~6.5	<2	110~150	200~300	0.5~1.3	5~6	1.5~2.0
	Mean	5.3	0.5	170.1	237.9	0.6	6.6	1.6
	SD	0.6	0.5	31.3	194.8	0.3	6.9	1.6
	Max	6.5	2.7	225.3	813.0	1.4	26.3	6.1
	Min	4	0.2	90.0	25.5	0.3	0.6	0.1
Very dark brown volcanic ash soil	Optimal Range	5.6~6.5	<2	110~150	200~300	0.5~1.3	5~6	1.5~2.0
	Mean	5.1	0.8	129.0	421.7	0.7	3.7	1.7
	SD	0.4	0.9	35.3	228.2	0.5	2.7	1.0
	Max	5.6	4.6	239.0	779.0	1.9	10.1	4.6
	Min	4.5	0.2	60.0	115.0	0.1	0.1	0.5
Dark brown non-volca nic ash soil	Optimal Range	5.6~6.5	<2	30~50	200~300	0.5~0.7	5~6	1.5~2.0
	Mean	5.3	0.6	62.1	570.0	1.2	4.2	0.6
	SD	0.9	0.4	25.8	302.6	0.7	3.4	0.4
	Max	6.8	1.8	114.0	1151.0	3.3	13.0	1.7
	Min	4.2	0.1	23.0	61.0	0.4	0.5	0.1

(1) pH

Fig. 6은 토양의 pH의 범위별 분포를 나타낸 그림이다. 흑색 화산회토와 농암갈색 화산회토에서는 감귤원 토양의 적정수준인 pH 5.5 ~ 6.5 이하인 토양이 각각 70%, 90%로 대부분을 차지하였고 암갈색 비화산회토에서는 대체로 적정수준을 중심으로 골고루 분포하였다.

(2) 유기물 함량

Fig. 7은 유기물 함량의 범위별 분포를 나타낸 그림이다. 화산회토의 적정 유기물 함량은 110 ~ 150g/kg이며 분석한 흑색 화산회토에서는 80%가 적정치보다 높았고 농암갈색 화산회토에서는 85%가 적정수준이었다. 그리고 비화산회토의 적정 유기물 함량은 30 ~ 50g/kg이며 분석한 암갈색 비화산회토에서는 60%가 적정수준이었다. 그리고 제주도 토양의 화산회토는 풍화과정에서 유기물과 Al-, Fe-의 유기복합체를 형성하며 강한 결합으로 유기물 축적을 더욱 조장한다고 하였다.(Oh, 1999) 실험토양의 분석결과도 화산회토의 전형적인 특성이 나타난 것으로 판단된다.

(3) 유효인산

감귤원 토양에서 유효인산의 적정수준은 200 ~ 300mg/kg 이며 흑색 화산회토, 농암갈색 화산회토, 암갈색 비화산회토에서 각각 25%, 55%, 85%가 적정수준을 초과하였다. 제주도 비화산회토에서 유효인산 함량이 높은 이유는 화산회토와 화학적 성질이 다른 비화산회토에 화산회토에 해당하는 양의 인산비료를 사용했기 때문일 것으로 보인다(Moon, 1993).

(4) 교환성 양이온

흑색 화산회토는 교환성 칼륨 적정수준인 토양이 60%로 많았지만 교환성 Ca, Mg은 대부분 적정수준 이하였다. 농암갈색 화산회토에서는 교환성 K, Ca, Mg 모두 적정치 이하인 토양이 많았고, 암갈색 비화산회토는 교환성 Ca 함량이 낮은 토양이 많았다.

(5)전기전도도

전기전도도는 평균값이 흑색 화산회토는 0.54 dS/m, 농암갈색 화산회토는 0.78 dS/m, 암갈색 비화산회토는 0.64 dS/m로 걱정수준 상한치인 2 dS/m 보다 낮아 세가지 토양군 모두 염류집적은 나타나지 않았을 것으로 판단된다.

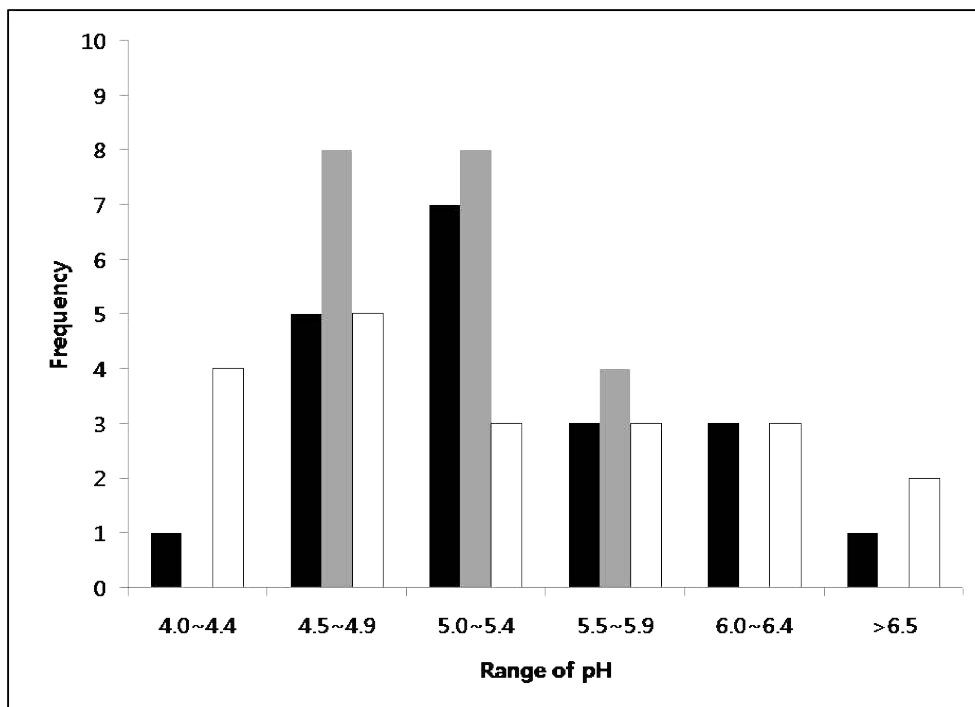


Fig. 8. Distribution of pH in black volcanic ash soil(■), very dark brown volcanic ash soil(■), and dark brown non-volcanic ash soil(□).

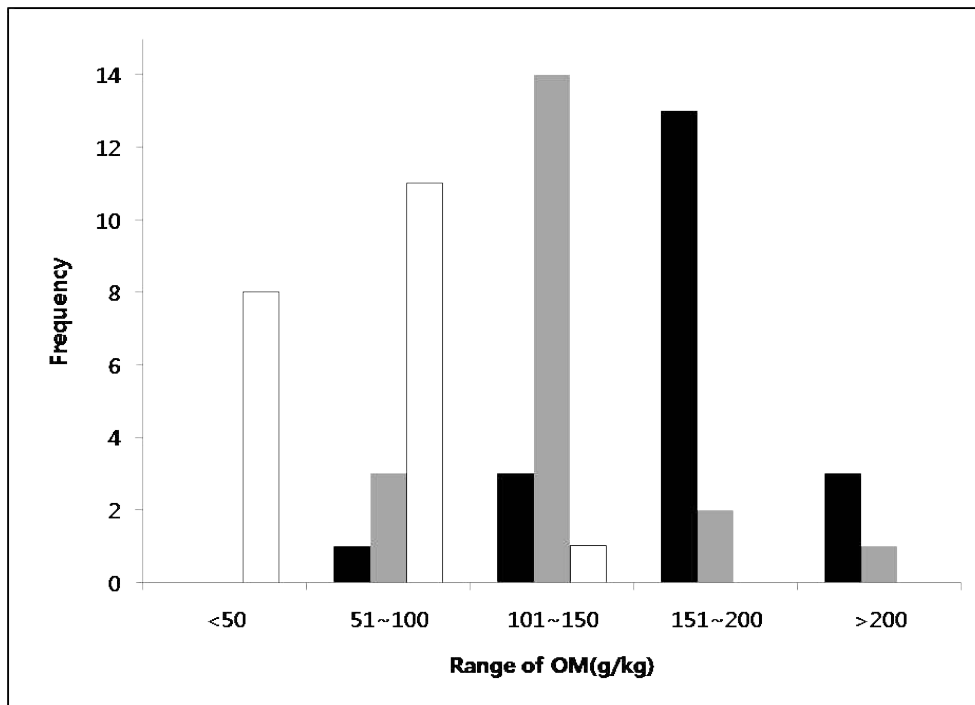


Fig. 9. Distribution of organic matter in black volcanic ash soil(■), very dark brown volcanic ash soil(■), and dark brown non-volcanic ash soil(□).

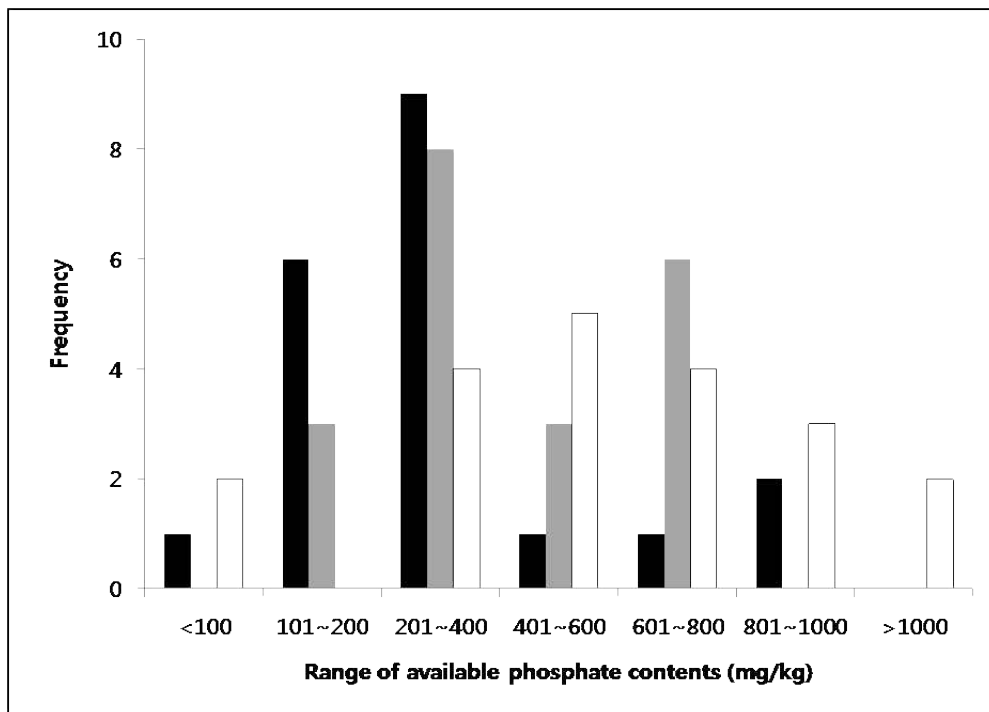


Fig. 10. Distribution of available phosphate in black volcanic ash soil(■), very dark brown volcanic ash soil(■), and dark brown non-volcanic ash soil(□).

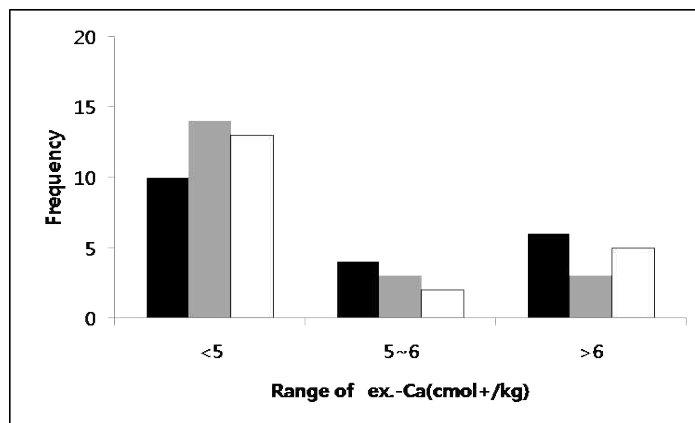
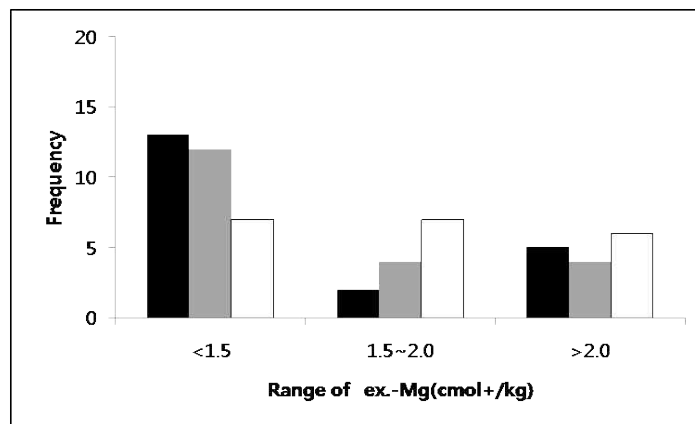
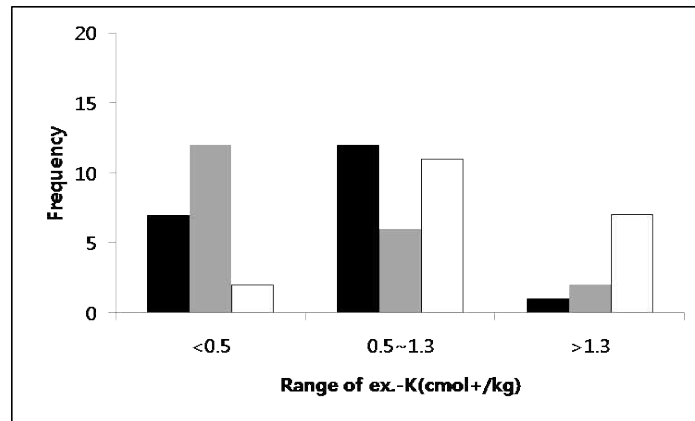


Fig. 11. Distribution of exchangeable K, Ca, Mg contents in black volcanic ash soil(■), very dark brown volcanic ash soil(■), and dark brown non-volcanic ash soil(□).

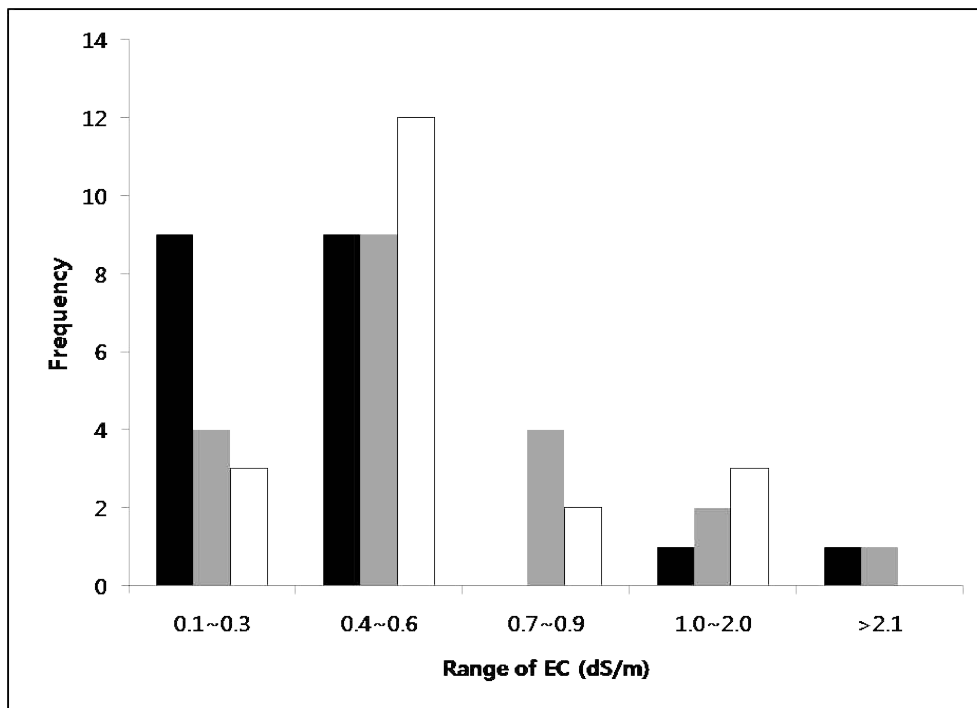


Fig. 12. Distribution of electrical conductivity in black volcanic ash soil(■), very dark brown volcanic ash soil(■), and dark brown non-volcanic ash soil(□).

2. 토양 화학적 특성간의 관계

Fig. 13은 분석한 토양의 pH와 교환성양이온과의 상관관계를 나타낸 그림이다. 세 토양군 모두 pH가 상승함에 따라 Ca, Mg 포화도가 같이 상승하는 분포를 나타냈으며 특히 암갈색 비화산회토에서 가장 뚜렷한 특징을 나타냈다. pH 상승에 따라 염기포화도가 높다는 것은 토양 비옥도와 관련하여 각 토양군의 비료 요구량과도 밀접한 관련이 있을 것으로 보인다.

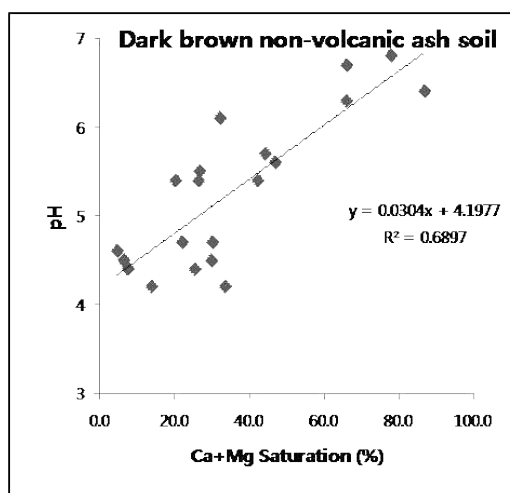
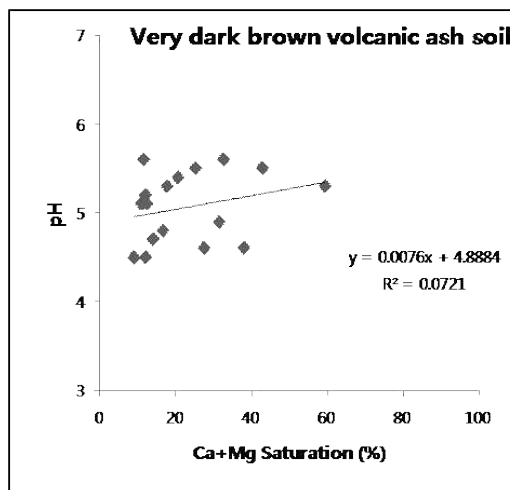
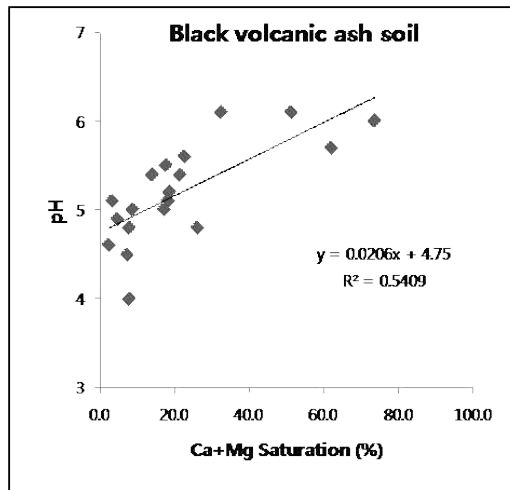


Fig. 13. Relationship between pH and Ca, Mg saturation in black volcanic ash soil, very dark brown volcanic ash soil, and dark brown non-volcanic ash soil.

3. 흙토람 시비처방 프로그램 적용 결과

토양의 화학성 분석 결과는 작물별 시비처방 기준에 준하여 계산이 되어 필요 성분량이 산출된다. 이 성분량을 기본으로 해당 필지에 필요한 복합비료의 양을 우선 계산하고, 나머지 부족한 성분은 단일비료(요소, 용성인비, 염화칼륨)의 양으로 계산되어 필요성분량을 충족시키게 되는 것이다.

첫 번째로, 토양분석 결과를 흙토람의 비료사용처방 체험하기 프로그램에 입력하고 결과를 산출하였다. 복합비료의 종류로는 21-17-17로 모든 토양에 적용하였고 각 토양마다 추천되는 양을 서로 비교하였다.

그리고 10a당 필요한 성분량, 실면적에 대한 단일비료 양, 실면적에 대한 밀거름 복합비료와 추가 단일비료 양이 추천된다. 이 추천량은 토양분석 결과와 화산회토, 비화산회토의 해당수령에 대해 설정된 시비기준이 적용이 되어 산출된 추천량이며, 산출된 밀거름 복합비료의 추가 단일비료 양의 계산과정은 Fig. 13과 같다(RDA-National Institute of Agricultural Sciences. Fertilizer recommendation manual. 2013).

이 식을 이용하여 흑색 화산회토, 농암갈색 화산회토, 암갈색 비화산회토에 적용한 결과는 Table 2, 3, 4와 같다(복합비료 종류는 21-17-17). 그리고 10a당 복합비료의 사용량과 나머지 보충된 단일비료의 사용량 평균값을 산출하였는데 10a당 복합비료 사용량 평균값은 세가지 토양군 각각 농암갈색 화산회토(40.17kg)>흑색 화산회토(40.10kg)>암갈색 비화산회토(28.11kg) 순으로 적게 추천되었고 화산회토와 비화산회토 간에는 다소 큰 차이를 보였다.

나머지 부족부분으로 사용하게 될 단일비료 추천결과 요소는 각각 암갈색 비화산회토(11.88kg)>농암갈색 화산회토(8.00kg)>흑색 화산회토(7.57kg) 순으로 적게 추천되었고 용성인비는 각각 흑색 화산회토(113.80kg)>농암갈색 화산회토(102.28kg)>암갈색 비화산회토(56.85kg) 순으로 적게 추천되었다.

세가지 토양군의 비료 추천량을 비교해보면 복합비료인 경우 화산회토양에서는 비화산회토양보다 10a당 12.06kg을 더 추천되었고, 단일비료는 요소가 비화산회토에서 4.23kg 더 추천되었고 용성인비가 화산회토에서 56.95kg 더 추천되었는데, 화산회토양에서는 육지부 토양과 달리 인산흡수계수, 양이온치환용량, 유기물

함량 등 양분요구량이 높은 특성이 있기 때문인 것으로 보인다(Han, 2008). 그리고 제주 화산회토는 인산 고정력이 강하고 자연비옥도가 낮은 토양으로 분류가 되고 있어 양분의 요구량이 많은 토양으로 보고 있다(농촌진흥청, 2013). 그리고 작물별 시비처방기준(2010)의 감귤에 대한 시비기준 설정을 보면 화산회토 감귤 나무 18년생 기준으로 토양유기물함량이 10(g/kg)이하일 때 질소비료 26.2(kg/10a), 210(g/kg)이상일 때 21.8(kg/10a)로 유기물 함량 차이에 비하여 질소비료 추천량의 차이가 적게 설정되어 있다. 육지부 주요 과수의 시비기준 설정에서는 사과, 배, 감 등에 대한 질소비료를 추천하기 위한 토양 유기물함량 설정은 15(g/kg)이하에서 26(g/kg)이상으로 설정되어 있어 제주도 토양의 유기물함량의 범위에 비해 매우 작은 범위에 속한다. 이것은 제주도 화산회 토양에서는 유기물 함량이 높는데 비해 가용화 정도가 매우 낮다고 볼 수 있겠다.

- 10a 당 성분량 밀거름(N: 12, P: 30, K: 7.6)에대한 복합비료 사용량은
(단, 복합비료의 성분비(%)는 N-P-K = 21-17-17, 실면적은 3306m²)
 - N, P, K 중 필요성분량을 초과하지 않는 기준 성분을 구함
 - 10a당 질소기준으로 계산하면 $12 \times 100 / 21 = 57.1(\text{kg})$
 - 10a당 인산기준으로 계산하면 $30 \times 100 / 17 = 176.5(\text{kg})$
 - 10a당 칼리기준으로 계산하면 $7.6 \times 100 / 17 = \mathbf{44.7(\text{kg})}$
 - 칼리기준으로 줄 때 가장 적게 들어가므로 44.7(kg)을 기준으로 복합비료를 주고 나머지 부족한 성분을 단비로 보충하여 필요성분량을 충족 시킴
 - $44.7(\text{kg}) \times 3306(\text{m}^2) / 1000\text{m}^2 = \mathbf{147.8(\text{kg})}$ 을 실면적에 복합비료로 사용
 - 나머지 단일비료 사용량은
(밀거름성분량)-(복합비료사용량×복합비료성분비/100)×100/단일비료 성분비
 - 질소를 요소로 주면 $[12 - (44.7 \times 21 / 100)] \times 100 / 46 = 5.68(\text{kg}/10\text{a})$
 - 인산을 용성인비로 주면 $[30 - (44.7 \times 17 / 100)] \times 100 / 20 = 112(\text{kg}/10\text{a})$
 - 요소 사용량을 실 면적으로 환산하면 $5.68(\text{kg}/10\text{a}) \times 3306(\text{m}^2) / 1000(\text{m}^2) = \mathbf{18.8(\text{kg})}$
 - 용성인비 사용량을 실 면적으로 환산하면 $112(\text{kg}/10\text{a}) \times 3306(\text{m}^2) / 1000(\text{m}^2) = \mathbf{370.2(\text{kg})}$
- 결과는 밀거름 기준 10a당 복합비료(21-17-17) 44.7(kg)과 5.68(kg)의 요소, 112(kg)의 용성인비를 주고, 실면적당 복합비료(21-17-17) 147.8(kg)과 18.8(kg)의 요소, 370.2(kg)의 용성인비를 주면 필요 성분량이 충족됨**

Fig. 14. Calculation process of fertilizers for compound fertilizers and single fertilizers.

Table 2. Application result of fertilizer prescription program of Korean Soil Information System in black volcanic ash soil.

Soil analysis data								Recommendation of fertilizers											
No.	pH	OM (g/kg)	AV.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cations (cmol+/kg)			EC (ds/m)	Area (m ²)	Amount of fertilizer ingredient (kg/10a)			Compound fertilizer (21-17-17) (kg/10a)	Compound fertilizer (21-17-17) (kg/Area, m ²)	Additional single fertilizer (kg/10a)			Additional single fertilizer (kg/Area, m ²)		
				K	Ca	Mg			N	P	K			Urea	Fused phosp- hate	Calcium chloride	Urea	Fused phosp- hate	Potassium chloride
1	5.4	198.0	219.0	0.26	3.5	1.2	0.4	3,306	12.0	30.0	7.6	44.7	147.8	5.7	112.0	-	18.8	370.2	-
2	4.8	170.0	105.0	1.35	7.0	1	1	7,934	12.0	33.0	5.3	31.2	247.4	11.9	138.5	-	94.1	1098.8	-
3	6.0	168.0	88.0	0.85	18.8	3.6	0.5	14,876	12.0	33.0	6.6	38.8	577.5	8.4	132.0	-	124.4	1963.6	-
4	5.0	152.8	349.0	0.40	1.9	0.52	0.4	8,265	12.0	30.0	7.6	44.7	369.5	5.7	112.0	-	46.9	925.6	-
5	4.6	188.1	154.5	0.28	0.6	0.09	0.3	6,949	12.0	33.0	7.6	44.7	310.7	5.7	127.0	-	39.5	882.5	-
6	5.6	182.0	161.0	0.69	6.0	1.3	0.4	3,306	12.0	33.0	6.6	38.8	128.3	8.4	132.0	-	27.6	436.4	-
7	5.4	198.8	202.8	0.43	5.6	1.75	0.3	6,777	12.0	30.0	7.6	44.7	303.0	5.7	112.0	-	38.5	759.0	-
8	5.0	203.2	193.3	0.64	5.1	0.83	0.3	15,207	10.9	33.0	6.6	38.8	590.4	6.0	132.0	-	90.8	2007.3	-
9	5.2	155.8	209.8	0.60	4.7	0.68	0.4	6,737	12.0	30.0	6.6	38.8	261.6	8.4	117.0	-	56.3	788.3	-
10	4.8	161.0	472.0	0.42	1.4	0.9	0.6	7,603	12.0	25.5	7.6	44.7	339.9	5.7	89.5	-	43.2	680.5	-
11	4.9	183.7	180.2	0.57	1.2	0.30	0.6	2,215	12.0	33.0	6.6	38.8	86.0	8.4	132.0	-	18.5	292.4	-
12	6.1	222.7	131.5	1.17	8.9	3.05	0.5	4,628	10.9	33.0	5.3	31.2	144.3	9.5	138.5	-	43.8	641.0	-
13	4.5	90.0	256.0	0.40	1.1	0.4	0.4	26,446	13.1	30.0	7.6	44.7	1182.3	8.1	112.0	-	213.4	2962.0	-
14	5.1	147.8	254.0	0.34	0.7	0.24	0.3	20,162	12.0	30.0	7.6	44.7	901.4	5.7	112.0	-	114.5	2258.2	-
15	5.1	155.0	348.0	0.68	3.7	1.6	0.2	11,901	12.0	30.0	6.6	38.8	462.0	8.4	117.0	-	99.5	1392.4	-
16	6.5	118.0	850.0	0.83	26.3	4	0.3	23,141	12.0	21.7	6.6	38.8	898.4	8.4	75.5	-	193.5	1747.1	-
17	4.0	126.0	613.0	0.86	1.4	0.6	0.5	11,901	12.0	21.7	6.6	38.8	462.0	8.4	75.5	-	99.5	898.5	-
18	6.1	225.4	248.1	0.66	16.0	3.15	0.4	10,050	10.9	30.0	6.6	38.8	390.2	6.0	117.0	-	60.0	1175.8	-
19	5.5	196.1	216.3	0.63	5.0	0.97	2.7	6,099	12.0	30.0	6.6	38.8	236.8	8.4	117.0	-	51.0	713.6	-
20	5.7	159.0	813.0	0.65	12.1	6.1	0.5	2,645	12.0	21.7	6.6	38.8	102.7	8.4	75.5	-	22.1	199.7	-

Table 3. Application result of fertilizer prescription program of Korean soil Information System in very dark brown volcanic ash soil.

Soil analysis data								Recommendation of fertilizers											
No.	pH	OM (g/kg)	AV.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cations (cmol+/kg)			EC (ds/m)	Area (m ²)	Amount of fertilizer ingredient (kg/10a)			Compound fertilizer (21-17-17) (kg/10a)	Compound fertilizer (21-17-17) (kg/Area, m ²)	Additional single fertilizer (kg/10a)			Additional single fertilizer (kg/Area, m ²)		
				K	Ca	Mg			N	P	K			Urea	Fused phosp- hate	Calcium chloride	Urea	Fused phosp- hate	Potassium chloride
1	4.6	126	534	1.85	5.0	4.6	1.2	9,256	12.0	25.5	4.2	24.7	228.7	14.8	106.5	-	137.1	985.8	-
2	4.5	122	366	0.94	1.7	0.5	1.0	9,917	12.0	30.0	6.6	38.8	385.0	8.4	117.0	-	82.9	1160.3	-
3	5.3	119	650	0.40	2.2	2.1	0.5	6,050	12.0	21.7	7.6	44.7	270.5	5.7	70.5	-	34.3	426.5	-
4	5.2	132	202	0.17	1.6	1.5	0.5	16,529	12.0	30.0	7.6	44.7	738.9	5.7	112.0	-	93.8	1851.2	-
5	5.5	155	222	0.40	9.8	2.5	0.4	11,488	12.0	30.0	7.6	44.7	513.6	5.7	112.0	-	65.2	1286.6	-
6	5.1	145	233	0.36	1.7	1.3	0.5	7,111	12.0	30.0	7.6	44.7	317.9	5.7	112.0	-	40.4	796.4	-
7	4.8	102	626	0.12	3.1	0.6	0.2	13,223	12.0	21.7	7.6	44.7	591.2	5.7	70.5	-	75.1	932.2	-
8	5.3	84	282	1.10	10.1	1.9	0.6	8,364	13.1	30.0	5.3	31.2	260.7	14.2	123.5	-	119.1	1032.9	-
9	5.4	113	259	0.38	3.7	1.2	0.3	13,223	12.0	30.0	7.6	44.7	591.2	5.7	112.0	-	75.1	1481.0	-
10	5.6	136	150	0.87	1.9	1.1	0.2	13,223	12.0	33.0	6.6	38.8	513.4	8.4	132.0	-	110.6	1745.5	-
11	5.1	92	382	0.34	2.1	0.5	0.5	8,265	13.1	30.0	7.6	44.7	369.5	8.1	112.0	-	66.7	925.6	-
12	4.5	239	779	0.49	3.1	1.6	0.8	8,777	10.9	21.7	7.6	44.7	392.4	3.3	70.5	-	28.8	618.8	-
13	4.5	160	531	0.21	1.5	1.2	0.5	6,612	12.0	25.5	7.6	44.7	295.6	5.7	89.5	-	37.5	591.7	-
14	5.5	127	176	0.42	5.1	1.3	0.3	4,298	12.0	33.0	7.6	44.7	192.1	5.7	127.0	-	24.4	545.8	-
15	5.1	128	115	0.39	1.0	1.8	0.8	11,570	12.0	33.0	7.6	44.7	517.3	5.7	127.0	-	65.7	1469.4	-
16	4.9	136	577	1.74	6.6	1.7	0.9	11,570	12.0	25.5	4.2	24.7	285.9	14.8	106.5	-	171.3	1232.2	-
17	4.7	60	721	1.22	1.0	1.4	4.6	9,752	13.1	21.7	5.3	31.2	304.0	14.2	82.0	-	138.9	799.7	-
18	4.6	126	777	0.75	5.6	1.3	0.4	9,917	12.0	21.7	6.6	38.8	385.0	8.4	75.5	-	82.9	748.8	-
19	5.6	146	650	0.81	4.9	4.1	0.8	6,922	12.0	21.7	6.6	38.8	268.7	8.4	75.5	-	57.9	522.6	-
20	5.2	132	202	0.17	1.6	1.5	0.5	9,319	12.0	30.0	7.6	44.7	416.6	5.7	112.0	-	52.9	1043.7	-

Table 4. Application result of fertilizer prescription program of Korean soil Information System in dark brown non-volcanic ash soil.

Soil analysis data								Recommendation of fertilizers											
No.	pH	OM (g/kg)	AV.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cations (cmol+/kg)			EC (ds/m)	Area (m ²)	Amount of fertilizer ingredient (kg/10a)			Compound fertilizer (21-17-17) (kg/10a)	Compound fertilizer (21-17-17) (kg/Area, m ²)	Additional single fertilizer (kg/10a)			Additional single fertilizer (kg/Area, m ²)		
				K	Ca	Mg			N	P	K			Urea	Fused phosph- hate	Calcium chloride	Urea	Fused phosph- hate	Potassium chloride
1	5.5	87	605	1.40	3.7	1.8	0.6	7,273	10.5	13.8	4.4	25.9	188.2	11.0	47.0	-	80.1	341.8	-
2	4.5	114	364	0.46	1.0	0.5	0.6	7,190	10.5	19.0	6.4	37.6	270.7	5.6	63.0	-	40.5	453.0	-
3	6.4	72	810	2.20	13.0	3.3	0.6	2,645	10.5	13.8	3.5	20.6	54.4	13.4	51.5	-	35.5	136.2	-
4	5.4	39	99	0.57	1.2	2.7	0.2	3,306	11.5	20.9	5.6	32.9	108.9	10.0	76.5	-	32.9	252.9	-
5	4.7	59	697	1.32	2.1	1.7	0.4	3,967	11.5	13.8	4.4	25.9	102.7	13.2	47.0	-	52.3	186.4	-
6	4.5	75	586	0.78	3.7	2.0	0.6	4,294	10.5	16.2	5.6	32.9	141.5	7.8	53.0	-	33.4	227.6	-
7	6.3	96	616	3.34	8.8	5.5	0.8	7,273	10.5	13.8	3.5	20.6	149.7	13.4	51.5	-	97.7	374.5	-
8	5.4	23	61	1.03	3.0	2.4	0.4	5,950	11.5	20.9	4.4	25.9	154.0	13.2	82.5	-	78.5	490.9	-
9	5.6	77	476	2.12	7.4	1.7	0.6	5,620	10.5	16.2	3.5	20.6	115.7	13.4	63.5	-	75.5	356.9	-
10	6.7	40	341	1.52	5.7	4.1	0.5	6,612	11.5	19.0	3.5	20.6	136.1	15.6	77.5	-	103.1	512.4	-
11	4.4	41	948	0.35	2.9	0.9	0.5	3,736	11.5	13.8	6.4	37.6	140.6	7.8	37.0	-	29.2	138.2	-
12	4.6	99	641	0.76	0.5	0.5	1.1	4,298	10.5	13.8	5.6	32.9	141.6	7.8	41.0	-	33.5	176.2	-
13	6.8	53	324	1.28	9.0	3.8	0.6	9,917	11.5	19.0	4.4	25.9	256.7	13.2	73.0	-	130.8	724.0	-
14	4.2	48	452	1.10	0.6	1.6	1.7	8,595	11.5	16.2	4.4	25.9	222.5	13.2	59.0	-	113.3	507.1	-
15	4.7	68	1151	1.00	4.5	1.0	0.7	5,779	10.5	13.8	5.6	32.9	190.4	7.8	41.0	-	45.0	236.9	-
16	5.4	24	596	0.70	1.9	0.7	0.2	9,917	11.5	16.2	5.6	32.9	326.7	10.0	53.0	-	98.8	525.6	-
17	6.1	30	862	1.49	3.1	1.3	0.4	3,636	11.5	13.8	4.4	25.9	94.1	13.2	47.0	-	47.9	170.9	-
18	4.4	74	1108	1.00	0.8	0.6	0.1	4,628	10.5	13.8	5.6	32.9	152.5	7.8	41.0	-	36.0	189.8	-
19	5.7	74	211	1.08	6.7	1.7	0.4	4,298	10.5	19.0	4.4	25.9	111.2	11.0	73.0	-	47.3	313.7	-
20	4.2	48	452	1.10	3.7	1.6	1.7	3,372	11.5	16.2	4.4	25.9	87.3	13.2	59.0	-	44.5	198.9	-

Table 5. Application results of fertilizer prescription program in black volcanic ash soils.

	kg/10a		
	Compound fertilizer(21-17-17)	Additional urea	Additional fused phosphate
Mean	40.11	7.57	113.80
SD	4.14	1.70	20.22
Min	31.2	5.7	75.5
Max	44.7	11.9	138.5

Table 6. Application results of fertilizer prescription program in very dark brown volcanic ash soils.

	kg/10a		
	Compound fertilizer(21-17-17)	Additional urea	Additional fused phosphate
Mean	40.2	8.0	102.3
SD	6.86	3.56	21.04
Min	24.7	3.3	70.5
Max	44.7	14.8	132

Table 7. Application results of fertilizer prescription program in dark brown non-volcanic ash soils.

	kg/10a		
	Compound fertilizer(21-17-17)	Additional urea	Additional fused phosphate
Mean	28.11	11.08	56.85
SD	5.54	2.81	13.78
Min	20.6	5.6	37.0
Max	37.6	15.6	82.5

4. 모바일 앱을 활용한 비료 추천 결과

스마트폰 앱을 활용한 비료추천을 위해 양분 요구량이 서로 다른 4종의 작물을 선택하여 흙토람 비료사용처방 메뉴에서 정보를 검색하였다. 첫 번째로, 지번 선택을 하고, 작물은 모두 동일한 경작지를 기준으로 하여 감귤 비화산회토 1~2년생, 감귤 화산회토 18년생 이상, 감자(가을재배) 및 옥수수에 대하여 흙토람의 비료사용처방 메뉴를 이용하여 검색하였다. 그리고 각각의 조건으로 검색한 권장 성분량은 Table 8과 같다.

흙토람의 비료추천은 토양검정 결과를 바탕으로 설정된 작물별 시비처방기준에 준하여 권장 성분량이 결정되는데 작물의 종류와 작물수령, 작부방식, 품종, 용도 등에 따라 시비량이 각각 다르다. 그래서 비료사용 농가에서는 토양검정 결과 권장 성분함량에 대하여 여러 가지 비료를 사용할 수가 있는데 적은 성분함량의 비료로 사용할 수도 있고 높은 성분함량의 비료로 사용할 수도 있을 것이다.

Table 8. Applied content of crop component on the mobile application.

		(kg/10a)		
		N	P	K
①	Citrus(1~2 yeas old, non-volcanic ash soil)	3.3	7.5	1.9
②	Citrus(18 years old, volcanic ash soil)	13.1	30.0	7.6
③	Fall planted potato	11.5	15.2	18.6
④	Corn	10.7	3.0	12.2

Fig. 15, 16은 흙토람에서 검색한 4작물의 필요 성분량(kg/10a)을 기본으로 모바일 앱에 적용한 화면이다. 모바일 앱의 입력 메뉴에는 흙토람에서 확인한 밑거름 세 성분량과 해당 필지의 면적을 입력하였다. 입력한 권장 성분량에 Fig. 13 과 같이 조사된 모든 비료의 성분(%)에 계산식이 적용되고 그 중 토양에 가장 적은 양으로 필요성분을 충족시킬 수 있는 비료를 추천하게 된다. 그리고 사용자가 필요한 면적에만 비료사용을 하고자 할 경우에는 그 면적만을 입력하여 해당면적 대한 비료사용추천을 받을 수 있다.



Citrus(1~2 years old, non-volcanic ash soil)



Citrus(18 years old, volcanic ash soil)

Fig. 15. Recommendation rate of fertilizer at Korea Soil Information System(left) and result of selected compound fertilizer/additional single fertilizer using mobile application(right) of citrus



Fall planted potato



Corn

Fig. 16. Recommendation rate of fertilizer at Korea Soil Information System(left) and result of selected compound fertilizer/additional single fertilizer using mobile application(right) of fall planted potato and corn.

Table 9에서는 비료요구량이 서로 다른 4종의 작물을 대상으로 흙토람에서 필요성분량을 산출하였고, 임의로 선발한 복합비료(21-17-17)와 모바일 앱을 이용하여 추천한 비료의 양을 비교하였다.

Table 9, ①의 예를 보면 복합비료(21-17-17)의 경우 복합비료 11.2kg과 부족한 단일비료 중 요소 2.1kg, 용성인비 28.0kg을 주면 성분이 충족되었고, 모바일 앱에서 추천한 비료(10-29-17)의 경우에는 복합비료 11.2kg, 요소 4.7kg, 용성인비 21.3kg을 추천하였다. 나머지 18년생 이상 감귤, 가을감자, 옥수수에서도 Table. 9와 같이 복합비료(21-17-17)와 모바일 앱의 추천량에는 차이가 있었다.

Table 9. Comparisons between compound fertilizers recommendation(㉠, 21-17-17) and the mobil application recommendation(㉡).

	Amount of fertilizer ingredient (kg/10a)			Kinds of compound fertilizer (%)	Compound fertilizer (kg/10a)	Additional urea (kg/10a)	Additional fused phosphate (kg/10a)	Addition calcium chloride (kg/10a)	Total amount of fertilizer (kg/10a)
①	3.3	7.5	1.9	㉠ 21-17-17	11.2	2.1	28.0		41.3
				㉡ 10-29-17	11.2	4.7	21.3		37.2
②	13.1	30.0	7.6	㉠ 21-17-17	44.7	8.1	112.0		164.8
				㉡ 10-29-17	44.7	18.8	85.2		148.7
③	11.5	15.2	18.6	㉠ 21-17-17	54.8		29.5	15.5	99.8
				㉡ 10-29-17	52.4	13.6		16.2	82.2
④	10.7	3.0	12.2	㉠ 21-17-17	17.6	15.2		15.3	48.1
				㉡ 21-21-21	14.3	16.7		15.3	46.3

IV. 적 요

본 연구는 제주도에 분포하고 있는 흑색 화산회토, 농암갈색 화산회토 및 암갈색 비화산회토의 화학성을 분석하고 흙토람의 비료사용처방 프로그램에 적용하여 추천시비량을 구하고 개발한 모바일 앱에 각각 다른 작물에 적용시켜 시판 중인 최적의 복합비료를 결정하고 나머지 부족한 추가 단일비료의 양을 추천하는 방법을 개발하고자 수행하였다.

실험에 사용한 토양시료는 흑색 화산회토 20점, 농암갈색 화산회토 20점, 암갈색 비화산회토 20점을 시료로 사용하여 토양 화학적 특성을 조사하였다. 흑색 화산회토 및 농암갈색 화산회토의 pH는 적정수준(pH 5.5 ~ 6.5)보다 다소 낮았으며, 암갈색 비화산회토는 대부분 적정수준에 가까이 분포하였다. 유효인산은 화산회토에 비해 비화산회토가 높았다. 교환성 양이온은 토양 시료 간 함량 차이가 많이 없었다.

흑색 화산회토, 농암갈색 화산회토 및 암갈색 비화산회토 토양 검정결과 평균 값을 토양정보시스템 “흙토람”에 적용시켜 사용자가 21-17-17 복합비료를 사용비료로 선택했을 때, 추천량은 각각 흑색 화산회토 40.10kg, 농암갈색 화산회토 40.17kg, 암갈색 비화산회토 28.11kg으로 농암갈색 화산회토>흑색 화산회토>암갈색 비화산회토 순으로 계산되었다. 21-17-17 복합비료를 추천하고 나머지 부족한 양을 단일비료로 추천했을 때 요소는 흑색 화산회토 7.57kg, 농암갈색 화산회토 8.00kg, 암갈색 비화산회토 11.88kg으로 암갈색 비화산회토>농암갈색 화산회토>흑색 화산회토 순으로 적게 추천되었고 토양군 간의 차이는 크지 않았다. 추가 단일비료 중 용성인비는 흑색 화산회토 113.80kg, 농암갈색 화산회토 102.28kg, 암갈색 비화산회토 56.85kg으로 흑색 화산회토>농암갈색 화산회토>암갈색 비화산회토 순으로 적게 추천되었다.

모바일 앱을 활용한 비료 추천에서는 비료 요구량이 서로 다른 작물인 1~2년생 감귤, 18년생 이상 감귤, 가을감자, 옥수수에 대하여 복합비료와 추가 단일비료를 합한 총량을 계산하였다. 모바일 앱을 활용하여 추천한 결과 1 ~ 2년생 감귤이 37.2(kg/10a), 18년생 이상 감귤이 148.7(kg/10a), 가을 감자가 82.2(kg/10a),

옥수수가 46.3(kg/10a)와 같이 추천되었다. 같은 방법으로 21-17-17 복합비료로 사용할 경우의 비료 추천 결과는 1 ~ 2년생 감귤이 41.3(kg/10a), 18년생 이상 감귤이 164.8(kg/10a), 가을 감자가 99.8(kg/10a), 옥수수가 48.1(kg/10a)과 같이 추천되었다.

결과적으로 4작물에 대하여 모바일 앱의 추천량과 21-17-17 복합비료로 사용할 때의 추천량을 비교하면 각각 4.1(kg/10a), 16.1(kg/10a), 17.6(kg/10a), 1.8(kg/10a)가 모바일 앱에서 더 적게 추천되는 결과를 얻을 수 있었다.

V. 인 용 문 헌

- 곽한강. 2001. 과학적 시비관리를 위한 토양검정. 한국토양비료학회. 토양과 비료 6(0): 19-23
- 길성균. 2000. 친환경 농업을 위한 화학비료사용량 감축방안(토양과 비료). 4(0): 29-35
- 김세라. 2008. 제주도 토양 중 중금속의 농도 및 화학적 형태. 제주대학교 산업대학원 석사학위논문. 1-2
- 농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과. 2013. 흙토람 비료추천프로그램 활용 매뉴얼. 25-28
- 농촌진흥청 국립농업과학원 토양비료과. 2013. 토양조사, 분류, 해설 현장 워크숍 자료집, 제주도 화산회토양의 특성과 분류. 1-11
- 농촌진흥청. 2016. 토양환경정보시스템(흙토람, <http://soil.rda.go.kr>)
- 농촌진흥청 국립농업과학원. 2010. 토양화학분석법 13-125
- 농촌진흥청 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법. 103-131
- 농촌진흥청 국립농업과학원. 2010. 작물별 시비처방기준. 196-199
- 농촌진흥청 국립농업과학원. 2012. 토양비료 용어사전
- 문덕영, 한관주, 문두경, 현해남. 1993. 제주도 감귤원 토양의 지역별 화학적 성질의 차이. 한국응용생명화학 춘계학술발표논문집 0: 139-139
- 오상실. 1999. 제주 감귤원토양의 농약 흡착성 및 용탈잠재성. 제주대학교 대학원, 박사학위 논문, 4-5
- 윤을수, 정연태, 손연규, 홍석영, 현병근, 현근수, 류철현, 정기열. 2009. 우리나라의 토양조사·분류 및 해설. 한국토양비료학회지. 42: 5-27

- 이종식, 송요성, 이예진, 윤홍배, 성과경 2011. 맞춤형비료 시용에 따른 벼 생육 및 비료 사용량 절감효과. 한국토양비료학회지. 44(6): 1124-1129
- 제주도민속자연사박물관, 2000, 제주도양원색도감 23-114
- 좌재호, 한승갑, 원항연, 임한철, 현해남, 서장선. 2009. 화산회토 감굴원 토양의 시비관리가 토양미생물활성 및 군집구조에 미치는 영향. 42(3): 222-229
- 한기완. 2009. 남원읍과 조천읍 밭토양의 물리화학적 성질 비교. 제주대학교 산업대학원 석사학위논문 1-2
- 현해남. 1995. 제주도 흑색화산회토의 살균제 chorothalonil 흡착. 한국수처리학회지. 3(1): 25-34
- 현해남, 현승원, 임한철. 1997. 제주도 비료사용 현황과 문제점. 한국토양비료학회 심포지움 자료집. 1: 52-67