

제주의 화산회토양 및 비화산회토양에서 재배한 난지형 마늘의 주요성분과 토양의 화학적 특성 비교

김주성^{1,2*} · 라중환¹

¹제주대학교 친환경연구소, ²제주대학교 아열대농업생명과학연구소

Comparison of the Chemical Properties of Soil and the Main Components of the Southern Ecotype Garlic Cultivar Cultivated in the Volcanic or Non-volcanic Ash Soil of Jeju Island

Ju-Sung Kim^{1,2*} and Jong Hwan Ra¹

¹College of Applied Life Sciences, SARI, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

²The Research Institute for Subtropical Agriculture and Biotechnology, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

*Corresponding author:aha2011@jejunu.ac.kr



Korean J. Hortic. Sci. Technol. 34(4):549-556, 2016
<http://dx.doi.org/10.12972/kjhst.20160056>

pISSN : 1226-8763
eISSN : 2465-8588

Received: August 27, 2015

Revised: April 8, 2016

Accepted: July 13, 2016

Copyright©2016 Korean Society for Horticultural Science.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution NonCommercial License](https://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.

본 연구는 2016학년도 제주대학교 교원성과지원 사업 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

Abstract

In this study, we analyzed and compared the constituents of Southern ecotype garlic cultivars, Namdo and Daeseo garlic, cultivated in volcanic and non-volcanic ash soil in Jeju Island and compared the soil properties in these regions. The volcanic ash soil in which Namdo garlic grew had higher electrical conductivity and more available sulfur, whereas the volcanic ash soil in which Daeseo garlic was cultivated had a higher amount of organic matter and total nitrogen. Also, non-volcanic ash soil in which Namdo garlic was cultivated had higher levels of available phosphorous. Namdo garlic cultivated in volcanic ash soil had high levels of total soluble solids and a high allicin content and Daeseo garlic exhibited a higher reducing sugar content. Furthermore, amongst the macroelements found in garlic grown on Jeju Island, potassium was highest, followed by sulfur, magnesium, calcium, and sodium. Iron was the most abundant micronutrient, followed by zinc, manganese, and copper. These results will be of interest to farmers aiming to cultivate high-quality garlic.

Additional key words: allicin, daeseo, macro element, micro element, namdo, α -glucosidase inhibitory activity

서 언

마늘은 양념채소로 주로 이용되고 있으며, 제주에서 재배되는 채소작물 중에서 마늘이 차지하는 비중은 18.7%로 무(26.8%) 다음으로 중요한 비중을 차지한다. 마늘 품종은 따뜻한 지방에서 생산성이 뛰어난 난지형 마늘과 추운 지방에서 생산성이 뛰어난 한지형 마늘로 나눌 수 있다(Lee and Lee, 2011). 난지형 마늘에는 재래종(제주, 고흥, 해남, 남해종)과 도입종(대서 마늘, 남도 마늘, 자봉 마늘)이 있으며, 저장성은 한지형에 비하여 약하나 구당 인경수가 많아 단위면적당 수확량이 많은 특징을 가지고 있다(Lee and Lee, 2011). 남도 마늘은 1970년대 중국 상해지역에서 재배되던 '가정백'이란 품종을 국내로 도입한 후 국내 적응시험 및 재배특성을 통과하여 재배되기 시작하였으며(Kim et al., 2009a), 제주도내 재배마늘의 90% 이상을 차지하고 있다. 대서 마늘은 1983년 스페인산 마늘이 국내에 도입된 후 경상남도농촌진흥원에서 품종비교시험을 한 결과 성능이 우수하여 1986년에 대서 마늘로 명명이 되었고 그 이후 시범사업을 거쳐 보급되었다(Bae et al., 2010).

전국대비 2%미만의 토지면적을 보유한 제주도이지만 토양의 종류는 63가지나 될 정도로 다양하다(Hyun, 2011). 제주도는 주로 현무암을 모암으로 하고 있는데, 이러한 암석의 풍화작용으로 이루어진 토양은 암갈색을 띠며 육지부 토양과 비슷한 비옥도를 가진다. 이 토양은 비교적 오랜 기간에 걸쳐 생성되었으며 비화산회토로 분류한다. 한편 화산회토는 이미 생성된 토양 위에 화산으로 인한 화산재가 퇴적이 되면서 생성된 토양으로 검은색을 띠며 비화산회토에 비해 비옥도가 떨어지고 인산 흡착력이 강한 것으로 알려져 있다(Hyun, 2011). 이렇게 토양이 다양하다 보니 그곳에서 재배하는 작물들의 특성도 틀리며 생육과 재배방법도 달라지게 된다. 그렇지만 제주지역 내 화산회토와 비화산회토양간 비교실험은 유기물원을 향한 배양했을 때 온도, 토양미생물체량과 효소활성 및 PLFA 함량에 미치는 영향(Joa et al., 2009)이나 감자재배시에 돈분액비를 사용하였을 때 감자의 생산성, 토양화학성 및 침투수의 특성에 미치는 영향(Kang et al., 2011) 등 아직 그 연구가 적은 실정이다. 따라서 본 연구는 난지형 마늘인 남도 마늘과 대서 마늘을 제주의 화산회토양과 비화산회토양에서 재배하면서 토양특성에 따른 생산된 마늘의 성분 차이를 조사하였다.

재료 및 방법

토양시료 채취

토양시료는 2013년 8월부터 9월에 남도 마늘을 파종하여 재배한 서귀포시 하예동(농암갈색 화산회토; 오라통)과 서귀포시 대정읍(암갈색 비화산회토; 무릉통)에서, 대서 마늘을 파종하여 재배한 서귀포시 대정읍(흑색 화산회토; 하모통)과 제주시 한림읍(암갈색 비화산회토; 사라통)에서 각각 채취하였다.

토양의 화학성 분석

공시토양의 화학적 성질을 조사하기 위하여 마늘을 재배한 농지에서 토양을 채취하여 풍건시킨 후에 2mm 체를 통과시켜 농촌진흥청 농업과학기술원 토양 및 식물체 분석법(RDA, 2000)에 준하여 분석하였다. 토양 pH는 토양과 증류수 비를 1:5로 하여 pH meter(Orion Star A211, Thermo Scientific, UK)를 이용해 측정하였다. 전기전도도는 pH와 동일하게 제조된 시료를 전기전도도계(Orion Star A329, Thermo Scientific, UK)를 이용하여 측정하였다. 토양 유기물함량은 Walkley and Black(1934) 법으로, 질소함량은 황산으로 분해한 다음 Kjeldahl법으로 측정하였다. 교환성 양이온 및 미량원소는 ICP(JY 138 Ultrace, Jobin Yvon, France)를 이용하여 분석하였다. 유효인산은 토양 5g에 인산침출액 20mL를 넣고 10분간 진탕 후 여과를 하고 여과액에 발색시약을 넣어 30°C에서 30분간 발색시킨 후 UV-spectrophotometer(Lambda 25, PerkinElmer, USA)를 이용하여 720nm에서 측정하였다. 유효황은 토양 10g을 침출액(Calcium phosphate monohydrate; 500ppm P용액) 100mL를 가해 30분

동안 진탕한 후 여과하고, 여과된 시료액 10mL를 시험관에 넣고 25% nitric acid 2.5mL, acetic-phosphoric acid 2mL 및 증류수를 가하여 22mL가 되도록 섞었다. Barium sulphate seed 현탁액 0.5mL를 넣고, barium chloride crystals 0.2g을 첨가하여 섞어준 후 20분 동안 반응시켰다. 반응액에 gum acacia-acetic acid액 1mL를 첨가하고 30분 후에 UV-Vis Spectrometer를 이용하여 440nm에서 분석하였다.

가용성고형물 함량 측정

마늘 착즙액 2mL에 증류수 8mL를 가하여 교반한 뒤 4°C, 17,000rpm에서 10분간 원심분리(1730MR, Cyrozen, Korea)하여 상징액을 분리하였고, 당산분석장치(NH-2000, Horiba, Japan)를 이용하여 마늘 착즙액의 가용성고형물 함량을 분석하였으며 °Brix로 표시하였다.

무기성분 분석

남도 및 대서 마늘을 수돗물로 세척하여 70°C에서 건조시킨 다음 식용부인인 인편을 분쇄하여 분석용 시료로 이용하였다. 분말화된 시료 0.5g을 분해플라스크에 넣고 왕수분해법으로 분해시킨 후 무기성분 함량을 ICP를 이용하여 정량하였다. 전질소 함량은 위와 동일하게 처리된 시료 0.5g을 Kjeldahl 플라스크에 정확히 취하고 H₂SO₄-H₂O₂법으로 분해시킨 후 Kjeldahl법으로 정량하였다.

Allicin 함량 분석

Allicin 함량 분석은 시료 1g에 증류수 30mL를 가하여 30분간 교반추출 하였으며, 추출액은 필터페이퍼로 여과한 후, 원심분리를 이용하여 3,000rpm에서 10분간 원심분리하고, 상징액을 취하여 0.45µm syringe filter로 여과하여 HPLC-DAD(Agilent 1260, Agilent Technologies, Waldbronn, Germany)로 분석하였다. Analytical column은 Agilent Zorbax SB-C18(4.6 × 250mm, 5µm)를 사용하였고, 이동상은 (A) 0.1% formic acid containing water와 (B) 0.1% formic acid containing acetonitrile을 시간에 따라 gradient로 용리하여 분석하였다. 이동상의 속도는 0.7mL·min⁻¹, 시료 주입량은 20µL, UV 검출기 파장은 254nm에서 검출하였다.

환원당 함량 측정

환원당 정량법인 DNS법(Miller, 1959)을 변형하여 마늘 착즙액의 환원당 함량을 측정하였다. 각 시료액 200µL에 DNS 시약(7.5g DNS, 14.0g NaOH, 126.1g Rochelle 염, 5.4mL phenol, 5.9g Na₂S₂O₅·L⁻¹)을 200µL 혼합하여 95°C heating block(HD-96D, Daihan, Korea)으로 15분간 반응시키고 발색된 반응액을 5분간 4°C에서 반응을 정지시킨 후 증류수 600µL를 첨가하였다. UV-spectrophotometer 546nm에서 흡광도를 측정하여 포도당 함량으로 나타내었다. 표준곡선은 포도당을 농도별로 반응시켜 작성하였다.

α-Glucosidase 억제활성 측정

α-Glucosidase 억제활성은 Hyun et al.(2014)의 방법에 따라 실험하였다. 각각의 시료 0.05mL에 α-glucosidase(0.5U·mL⁻¹) 0.05mL, 200mM potassium phosphate 완충용액(pH 6.8) 0.05mL를 혼합하여 37°C에서 15분간 배양한 후 3mM *p*-nitrophenyl α-D-glucopyranoside 0.1mL를 첨가하여 37°C에서 10분간 반응시켰다. 반응 후 0.1M sodium carbonate 0.75mL로 반응을 정지시키고 405nm에서 흡광도를 측정하였다. α-Glucosidase의 활성을 50% 억제하는데 필요한 농도를 IC₅₀으로 나타내었다.

통계분석

모든 실험은 3반복한 결과를 평균값으로 나타냈다. 통계분석은 SPSS(Ver. 20, IBM Corp., 2011)를 사용하여 ANOVA 분석을 실시하였으며 처리간 유의성은 Duncan's Multiple Range Test로 검정하여 p 값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의성이 있다고 판정하였다.

결과 및 고찰

토양의 화학적 특성 분석

제주지역 마늘 재배지를 화산회토와 비화산회토로 나누어 토양분석을 실시한 결과(Table 1), 미사와 점토 성분이 66.01–84.04% 정도를 차지하였다. 남도 마늘이 재배되고 있는 화산회토와 비화산회토는 양토(미사 44.01%, 점토 23.14%)로 구성되어 있었다. 대서 마늘이 재배되고 있는 화산회토는 식양토(미사 39.14%, 점토 30.56%), 비화산회토 토양은 미사질 양토(미사 64.54%, 점토 19.49%)였다.

Table 1. Percentage distribution of soil samples for textural classification.

Soil series	Variety	Sand	Silt	Clay	Soil texture
		(2.0-0.05mm)	(0.05-0.002mm)	(0.002mm >)	
Volcanic ash	Namdo	31.83 b ^a	45.57 b	22.60 b	Loam
	Daeseo	30.30 b	39.14 c	30.56 a	Clay loam
Non-volcanic ash	Namdo	33.89 a	42.44 bc	23.68 b	Loam
	Daeseo	15.96 c	64.54 a	19.49 b	Silt loam

^aValues in the same column sharing the same letters are not significantly different at the 5% probability level.

토양과 양분간의 반응성을 나타내는 토양의 화학적 성질을 분석하였다(Table 2). 남도 마늘을 재배하였던 화산회토 토양의 pH는 5.48로 강산성을 나타내었으며 비화산회토 토양의 pH는 6.89로 중성을 나타냈다. 한편, 대서 마늘을 재배하였던 화산회토의 토양 pH는 7.89를 나타내었고 비화산회토의 토양 pH는 6.27을 나타내었다. 남도 마늘 및 대서 마늘을 재배하였던 화산회토 토양의 전기전도도는 각각 0.81dS·m⁻¹, 0.74dS·m⁻¹을 나타내었으며 비화산회토 지역은 각각 0.32dS·m⁻¹, 0.66dS·m⁻¹를 나타내어 화산회토가 비화산회토에 비하여 높은 전기전도도를 나타냄을 알 수 있었다. 그러나 지금까지 보고된 제주지역 토양의 전기전도도 값이 조사지역간 차이를 나타내어 토성에 따른 차이보다 특정지역에 따라 다른 경향을 보였다(Kim et al., 2015a,b). 남도 마늘을 재배하는 화산회토 지역의 유기물함량은 4.35%를 나타내었고 비화산회토 지역은 2.05%를 나타내었다. 대서 마늘 역시 화산회토양에서는 6.11%를, 비화산회토양에서는 3.39%를 나타내어 화산회토 지역이 비화산회토지역에 비하여 높은 유기물함량을 나타냄을 알 수 있었다. Hyun(2011)은 비화산회토의 경우 유기물함량이 5% 이하이나 화산회토는 매우 높다고 하였는데 본 연구결과에서도 비화산회토의 경우 낮은 유기물 함량(2–3%)을 보였으며 화산회토는 비화산회토에 비하여 높은 유기물 함량을 나타내었다. 마늘 재배 지역의 전체 질소함량은 전기전도도나 유기물함량처럼 화산회토에서 비화산회토보다 높은 함량을 나타내었다. 남도 마늘이 재배되고 있는 화산회토에서는 0.19%를, 비화산회토에서는 0.10%를 나타내었다. 대서 마늘 재배지역 역시 화산회토의 질소 함량은 0.21%를, 비화산회토에서는 0.16%를 나타내어 전반적으로 화산회토가 비화산회토보다 높은 질소 함량을 나타내었다. 난지형 마늘이 재배되었던 제주 토양의 유효인산 함량은 비화산회토에서 높은 함량을 나타냈다. 남도 마늘을 재배하던 화산회토의 유효인산 함량은 419.02mg·kg⁻¹이었고, 비화산회토는 622.11mg·kg⁻¹이었다. 대서 마늘을 재배하던 화산회토의 유효인산 함량은 422.81mg·kg⁻¹을, 비화산회토는 582.41mg·kg⁻¹을 나타내어 화산회토보다

비화산회토에서 유효인산 함량이 높음을 나타내었다. Lee et al.(1983)은 화산회토양은 비화산회토양에 비하여 유기물함량이 많고 반대로 유효인산함량이 낮다고 하였으며 본 연구결과에서도 비슷한 결과값을 보였다. 그러나 Kang et al.(2011)은 화산회토($211\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)의 유효인산함량이 비화산회토($120\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)보다 높다고 보고하여 본 연구와는 다른 경향을 보였다. 유효황 함량은 유효인산 함량과 상반된 현상을 보였다. 남도 마늘이 재배되었던 화산회토에서의 유효황 함량은 $28.80\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 을, 비화산회토에서는 $2.45\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 을 나타내었다. 대서 마늘이 재배되었던 지역의 화산회토에서 유효황 함량은 $16.46\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 을, 비화산회토에서는 $6.87\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 을 나타내어, 화산회토가 비화산회토보다 유효황 함량이 높은 경향을 보였다. 그렇지만 이전 보고(Kim et al., 2015a,b)에 따르면 제주의 비화산회토($15.88\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)가 화산회토($9.51\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)보다 더 높게 나타났다. 제주 화산회토 및 비화산회토의 화학적 성질을 검토한 결과, 대부분의 결과가 유사하였으나 일부 특성(전기전도도 및 유효황)에 있어서는 토성보다는 특정지역에 의한 차이가 크게 나타남을 알 수 있었다.

Table 2. Chemical characteristics of garlic cultivation soils in Jeju.

Soil series	Variety	pH (1.5)	EC ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	OM (%)	T-N (%)	Available P_2O_5 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Available S ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
Volcanic ash	Namdo	5.48 d ^e	0.81 a	4.35 b	0.19 b	419.02 b	28.80 a
	Daeseo	7.89 a	0.74 ab	6.11 a	0.21 a	422.81 b	16.46 b
Non-volcanic ash	Namdo	6.89 b	0.32 c	2.05 d	0.10 d	622.11 a	2.45 d
	Daeseo	6.27 c	0.66 b	3.39 c	0.16 c	582.41 a	6.87 c

^eValues in the same column sharing the same letters are not significantly different at the 5% probability level.

남도 마늘 및 대서 마늘을 재배하였던 제주도의 화산회토와 비화산회토에 존재하는 다량원소 함량은 칼슘 > 마그네슘 > 칼륨 > 나트륨 순이었다(Table 3). 남도 마늘이 재배되었던 지역간 칼륨 함량은 화산회토에서 높게 나타났다. 화산회토 지역에서는 $1.19\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ 을, 비화산회토에서는 $0.85\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ 을 나타내었다. 대서 마늘이 재배되는 지역에서는 화산회토에서 $1.89\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ 을 나타낸 반면 비화산회토양에서는 $1.07\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ 을 나타내었다. 남도 마늘이 재배되는 화산회토에서의 칼슘 함량은 $6.84\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$, 비화산회토에서는 $8.21\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ 을 나타내었다. 반면 대서 마늘이 재배되었던 지역에서의 칼슘 함량은 화산회토에서 $24.23\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ 으로 비화산회토의 $7.19\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ 보다 3배 이상 높게 나타났다. Kim et al.(2015a,b)의 연구에 의하면 비화산회토($14.67\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$)보다 화산회토($22.99\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$)가 높은 경향을 나타내었으나 화산회토의 동부지역($32.83\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$)과 서부지역($13.14\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$)간 차이를 보였으며, 본 연구결과도 토성보다는 지역간 차이가 있는 것이 아닌가 생각이 된다. 마그네슘 함량은 칼슘과 비슷한 경향을 보였다. 남도 마늘을 재배하였던 화산회토에서는 $1.09\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$, 비화산회토에서는 $1.33\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ 을 나타내어 비화산회토가 약간 높은 함량을 보였다. 대서 마늘 재배 지역에서는 화산회토에서 $2.18\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$, 비화산회토에서는 $1.77\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ 을 보여 화산회토에서 약간 높은 마그네슘 함량을 보였다. Lee et al.(1983)은 밭의 경우 K, Ca, Mg의 함량은 화산회토에서 높은 편이라고 하였으며, 본 연구의 결과와 일치하였다. 나트륨 함량은 칼륨과 상반된 결과를 보였다. 남도 마늘 재배지역의 화산회토에서는 $0.01\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$, 비화산회토에서는 $0.06\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ 을 나타내어 비화산회토에서 높은 함량을 보였다. 대서 마늘 재배지역의 화산회토에서의 나트륨 함량은 $0.04\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ 이었고, 비화산회토에서는 $0.07\text{cmol}^+\cdot\text{kg}^{-1}$ 이었다. 조사지역이 해안 근처임에도 불구하고 나트륨 함량이 적은 것으로 보아 바닷바람에 의한 토양의 나트륨 집적은 미약한 것으로 생각된다(Kim et al., 2015a).

토양내 미량원소의 함량은 망간이 가장 많았으며 그 다음으로 철, 아연, 구리 순으로 나타났다(Table 3). 남도 마늘이 재배되었던 화산회토에서 철 함량은 25.23ppm 을, 비화산회토에서는 42.45ppm 을 나타내었다. 대서 마늘 재배지역의 화산회토에서는 0.21ppm 을 나타내었으나 비화산회토양에서는 61.25ppm 으로 나타나 화산회토보다 비화산회토에서 철 함량이 높게 나타났다. 망간 함량 역시 화산회토보다는 비화산회토에서 함량이 높게 나타났다. 남도 마늘 재배지역 중 화산회토에서의 망간 함

Table 3. Distribution of mineral components in garlic cultivation soils in Jeju.

Soil series	Variety	Exchange cation (cmol ⁺ ·kg ⁻¹)				Micro element (ppm)			
		K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Fe	Mn	Cu	Zn
Volcanic ash	Namdo	1.19 b ^c	6.84 b	1.09 c	0.01	25.23 c	58.25 ab	1.63 c	20.83 a
	Daeseo	1.89 a	24.23 a	2.18 a	0.04	0.21 d	42.48 c	0.20 d	4.67 d
Non-volcanic ash	Namdo	0.85 c	8.21 b	1.33 c	0.06	42.45 b	62.25 a	7.58 a	10.85 b
	Daeseo	1.07 b	7.19 b	1.77 b	0.07	61.25 a	52.75 b	2.55 b	6.20 c

^aValues in the same column sharing the same letters are not significantly different at the 5% probability level.

량은 58.25ppm을, 비화산회토에서는 62.25ppm을 나타내었다. 대서 마늘 재배지역의 화산회토에서 42.48ppm을, 비화산회토에서 52.75ppm을 나타내어 비화산회토에서 망간 함량이 더 높음을 알 수 있었다. 구리 함량 역시 망간 함량과 유사한 경향을 보였다. 남도 마늘이 재배된 화산회토에서는 1.63ppm을, 비화산회토에서는 7.58ppm을 나타내었다. 대서 마늘이 재배된 화산회토에서의 구리 함량은 0.20ppm이었고 비화산회토에서는 2.55ppm으로 비화산회토에서 높은 경향을 보였다. 남도 마늘이 재배된 화산회토에서의 아연 함량은 20.83ppm, 비화산회토에서는 10.85ppm을 나타내어 화산회토에서 높은 함량을 보였다. 대서 마늘이 재배된 화산회토에서는 4.67ppm을, 비화산회토에서는 6.20ppm을 나타내어 비화산회토에서 함량이 높게 나타났다. 토양내 미량원소는 화산회토와 비화산회토간 함량차이를 보이긴 하였지만 분포경향은 비슷하게 나타났다(Kim et al., 2015a, b).

마늘의 주요성분 분석 및 α-Glucosidase의 활성 분석

제주도의 화산회토 및 비화산회토에서 생산된 남도 마늘 및 대서 마늘을 대상으로 가용성고형물 함량을 측정하였다(Table 4). 화산회토양에서 재배된 남도 마늘은 8.1°Brix을 나타내었고 비화산회토양에서 자란 남도 마늘은 7.8°Brix을 나타내었다. 화산회토양에서 재배된 대서 마늘의 경우 7.1°Brix를 나타내었고 비화산회토양에서 자란 품종은 5.5°Brix를 나타내었다. 가용성고형물 함량은 대서 마늘에 비하여 남도 마늘의 함량이 높게 나타났으며 비화산회토에서보다 화산회토에서 마늘을 재배하였을 경우 더 높게 나타나는 경향을 보였다. Jeong et al.(2012)의 보고에 의하면 남해출장소로부터 수집된 남도 마늘 및 대서 마늘의 고형분 함량은 각각 9.63°Brix, 10.53°Brix로 본 연구결과보다 높았다. Kim et al.(1990)은 마늘의 고형분 농도는 수확시기, 품종 및 예비건조 정도에 따라 차이를 보인다고 하였는데, 본 연구에서의 차이는 육지부와 제주도간 수확시기 및 예비건조 정도의 차이에 의한 것으로 생각된다. 남도 마늘 및 대서 마늘의 환원당 함량을 측정한 결과, 남도 마늘을 화산회토양에서 재배하였을 경우 26.95mg GE·g⁻¹의 범위를 보였으며, 비화산회토양에서 재배 시에는 23.08mg GE·g⁻¹의 범위를 나타냈다. 화산회

Table 4. Total soluble solids, reducing sugar content, allicin and α-glucosidase inhibition effect of garlic squeeze from different cultivated soils in Jeju.

Soil series	Variety	Total soluble solids	RSC	Allicin	IC ₅₀
		(°Brix)	(mg GE·g ⁻¹) ^z	(mg·g ⁻¹)	(μL) ^y
Volcanic ash	Namdo	8.1 a ^x	26.95 c	2.11 a	16.06 a
	Daeseo	7.1 c	93.01 a	1.88 ab	16.29 a
Non-volcanic ash	Namdo	7.8 b	23.08 d	1.73 ab	21.44 b
	Daeseo	5.5 d	33.76 b	1.49 b	20.71 b

^zReducing sugar contents analysed as glucose equivalent (GE) mg·g⁻¹ of extract.

^yAmount required for 50% reduction of α-glucosidase.

^xValues in the same column sharing the same letters are not significantly different at the 5% probability level.

토양과 비화산회토양에서 재배된 대서 마늘의 환원당 함량은 각각 93.01mg GE·g⁻¹과 33.76mg GE·g⁻¹이었다. 남도 마늘의 경우 토양에 따른 차이가 적었으나 대서 마늘의 경우 화산회토양에서 재배 시 비화산회토양에서 재배시보다 2.8배 높은 함량을 보였다. 특히 대서 마늘은 전체적으로 남도 마늘보다 환원당 함량이 높게 나타났다. Allicin 함량은 화산회토에서 재배 시 높게 나타났다. 남도 마늘을 화산회토양에서 재배하였을 경우 2.11mg·g⁻¹, 비화산회토양에서 재배하였을 경우 1.73mg·g⁻¹을 나타내었다. 대서 마늘의 경우 화산회토양에서는 1.88mg·g⁻¹, 비화산회토양에서는 1.49mg·g⁻¹을 나타냈다. 남도 마늘의 화산회토양에서 재배 시 α-glucosidase 저해활성은 16.06μL, 비화산회토양에서 재배 시 21.44μL를 나타냈다. 대서 마늘의 경우 화산회토양에서 재배 시 16.29μL의 α-glucosidase 저해활성을 나타냈으며 비화산회토양에서 재배 시 20.71μL의 α-glucosidase 저해활성을 보여 두 품종 모두 화산회토에서 재배 시 비화산회토보다 α-glucosidase 저해활성이 높게 나타났다. Kim et al.(2015a, b)의 보고에 의하면 화산회토양(2.44mg·g⁻¹)에서 재배된 남도 마늘의 allicin 함량이 비화산회토양(2.10mg·g⁻¹)에서 재배된 것보다 높은 함량을 보였으며 본 연구의 남도 마늘 및 대서 마늘에서도 비슷한 경향을 보였으며, α-glucosidase 저해활성 역시 유사한 경향을 보였다. 마늘에서 강한 향을 내는 성분인 allicin은 저혈당 효과가 있는 것으로 보고되었으며(Sheela and Augusti, 1992), 그 외에도 마늘 오일에서도 항당뇨 효과가 나타난다는 보고가 있어(Liu et al., 2005), 이러한 성분의 존재로 인하여 마늘의 α-glucosidase 저해활성효과가 뚜렷하게 나타나는 것이 아닌가 생각이 된다.

남도 마늘 및 대서 마늘의 무기물 함량을 측정한 결과(Table 5), 전체 총량을 기준으로 남도 마늘(24.62g·kg⁻¹)보다는 대서 마늘(26.95g·kg⁻¹)이, 비화산회토(24.70g·kg⁻¹)보다는 화산회토(26.87g·kg⁻¹)에서 생산된 마늘의 무기물 함량이 높음을 알 수 있었다. 다량원소 중 칼륨이 34.8%(31.2-38.4)로 가장 많이 함유되어 있었으며, 다음으로 황이 15.2%(15.1-15.4), 인이 10.3%(9.6-11.0)를 함유하고 있었다. 미량원소의 경우 철(46.4mg·kg⁻¹) 함량이 가장 많이 함유되어 있었으며 다음으로 아연(14.2mg·kg⁻¹), 망간(6.9mg·kg⁻¹), 구리(2.5mg·kg⁻¹) 순이었다. Yoon et al.(2014)은 마늘종의 무기물 중 칼륨이 가장 많으며 다음으로 황 성분이 많다고 보고하였으며, 본 연구결과의 함량보다는 낮았으나 비슷한 경향을 보였다. 또한 제주 대정산과 국내 주요 산지별 마늘의 무기물 함량의 결과는 유사한 경향을 나타내었다(Kim et al., 2009b). 그러나 나이지리아, 차드 및 세나갈에서 수확한 마늘의 무기성분을 측정한 결과, 칼륨, 마그네슘, 칼슘 순이었으며 인의 경우 매우 적었다(Sa'adatu et al., 2013). 또한, 에티오피아에서 수확한 마늘은 칼슘, 마그네슘, 칼륨 순으로(Diriba-Shiferaw et al., 2013), 제주 지역 마늘과 주요 성분함량의 차이가 생기는 것은 재배환경, 토양성분, 재배기술 및 품종 등에 기인하는 것으로 생각된다.

Table 5. Mineral composition of garlic bulbs from different cultivated soils in Jeju.

Soil series	Variety	Macro element (g·kg ⁻¹)						Micro element (mg·kg ⁻¹)				Total (g·kg ⁻¹)
		P	K	Ca	Mg	Na	S	Fe	Mn	Zn	Cu	
Volcanic ash	Namdo	4.54 a ²	13.40 ab	0.38 b	0.70 a	0.23 a	6.62 a	39.3 a	6.4 a	14.8 b	3.0 a	25.93
	Daeseo	3.86 b	15.40 a	0.46 a	0.67 a	0.21 a	7.13 a	52.5 a	7.2 a	12.7 c	2.7 ab	27.8
Non-volcanic ash	Namdo	4.34 ab	11.85 b	0.39 b	0.62 a	0.22 a	5.82 b	56.0 a	7.6 a	12.2 d	2.5 b	23.31
	Daeseo	3.92 b	15.70 a	0.46 a	0.62 a	0.23 a	5.12 c	38.0 a	6.4 a	17.3 a	1.6 c	26.1

²Values in the same column sharing the same letters are not significantly different at the 5% probability level.

초 록

본 연구에서 제주의 화산회토와 비화산회토에서 난지형 마늘인 남도 마늘과 대서 마늘을 재배하여 토양 및 마늘의 성분을 비교 분석하였다. 남도 마늘을 재배한 화산회토양에서는 전기전도도 및 가용성 황 함량이 높았으며 대서 마늘을 재배한 화산회토양에서는 유기물함량 및 총 질소함량이 높게 나타났다. 남도 마늘을 재배한 비화산회토의 경우 가용성 인 함량이 높게 나

타났다. 화산회토에서 재배한 남도 마늘의 경우 가용성고형물 및 알리신 함량이 높았으며, 화산회토에서 재배한 대서 마늘의 경우 환원당 함량이 높게 나타났다. 또한 제주에서 재배된 마늘의 대량원소 함량은 칼륨이 가장 높았으며 다음으로 황, 마그네슘, 칼슘 및 나트륨 순이었으며 미량원소의 경우 철, 아연, 망간, 구리 순이었다. 이러한 결과는 고품질 마늘 생산을 목표로 하는 재배농가들에게 유용한 정보를 제공하게 될 것이다.

추가주요어: 알리신, 대서, 대량원소, 미량원소, 남도, α -glucosidase inhibitory activity

Literature Cited

- Bae SK, Jung EA, Kwon ST (2010) Genetic variation and identification of RAPD markers from some garlic cultivars in Korea and Mongolia. *Korean J Plant Res* 23:458-464
- Diriba-Shiferaw G, Nigusie-Dechassa R, Kebede W, Getachew T, Sharma JJ (2013) Growth and nutrients content and uptake of garlic (*Allium sativum* L.) as influenced by different types of fertilizers and soils. *Sci Technol Arts Res J* 2:35-50. doi:10.4314/star.v2i3.98727
- Hyun HN (2011) Soil environment, a key to open up Jeju society and culture. Proceedings of 30th Anniversary International Symposium for the Korean Society of Environmental Agriculture, Jeju, Korea, 7-9 Jul 2011, 3-20
- Hyun TK, Kim HC, Kim JS (2014) Antioxidant and antidiabetic activity of *Thymus quinquecostatus* Celak. *Ind Crop Prod* 52:611-616. doi:10.1016/j.indcrop.2013.11.039
- Jeong WJ, Kang MJ, Yoon HS, Sung NJ, Shin JH (2012) Physicochemical and antimicrobial activity of garlic cultivar. *J Agric life Sci* 46:89-98
- Jo JH, Moon DG, Chun SJ, Kim CH, Choi KS, Hyun HN, Kang UG (2009) Effect of temperature on soil microbial biomass, enzyme activities, and PLFA content during incubation period of soil treated with organic materials. *Korean J Soil Sci Fert* 42:500-512
- Kang HJ, Yang SH, Lee SC (2011) Effects of liquid pig manure on growth of potato, soil chemical properties and infiltration water quality. *Korean J Soil Sci Fert* 44:1130-1136. doi:10.7745/KJSSF.2011.44.6.1130
- Kim BS, Park NH, Park MH, Han BH, Bae TJ (1990) Manufacture of garlic juice and prediction of its boiling point rise. *Korean J Food Sci Technol* 22:486-491
- Kim CH, Seong KC, Lee JS, Kang KH, Um YC, Suh HD (2009a) Production of seed garlic by sawing bulbils of southern type garlic in Jeju island. *J Bio-Environ Control* 18:74-80
- Kim JS, Ra JH, Hyun HN (2015a) Comparison of biochemical composition and antimicrobial activity of southern type garlic grown in the eastern and western region of Jeju. doi:10.7235/hort.2015.15005
- Kim JS, Ra JH, Hyun HN (2015b) Correlations between soil environment and bioactive constituents of Namdo garlic harvested in the non-volcanic ash soil distributed western Jeju. *Korean J Medicinal Crop Sci* 23:125-131. doi:10.7783/KJMCS.2015.23.2.125
- Kim MB, Oh YJ, Lim SB (2009b) Physicochemical characteristics of garlic from Daejeong Jeju and major cultivation areas in Korea. *Korean J Culin Res* 15:59-66
- Lee JJ, Lee HJ (2011) Physicochemical composition of baked garlic. *Korean J Food Preserv* 18:575-583. doi:10.11002/kjfp.2011.18.4.575
- Lee SK, Cha KS, Kim IT (1983) Studies on the physico-chemical properties and characterization of soil organic matter in Jeju volcanic ash soil. *J Korean Soc Soil Sci Fert* 16:20-27
- Liu CT, Hse H, Lii CK, Chen PS, Sheen LY (2005) Effects of garlic oil and diallyl trisulfide on glycemic control in diabetic rats. *Eur J Pharmacol* 516:165-173. doi:10.1016/j.ejphar.2005.04.031
- Miller GL (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31:426-428. doi:10.1021/ac60147a030
- Rural Development Administration (RDA) (2000) Methods of soil and plant analysis. NIAST, RDA, Suwon, Korea
- Sa'adatu ME (2013) Comparative study on concentration of some minerals found in garlic (*Allium sativum* Linn) species grown in some African countries. *J Biol Life Sci* 4:63-67
- Sheela CG, Augusti KT (1992) Antidiabetic effects of S-allyl cysteine sulfoxide isolated from garlic *Allium sativum* Linn. *Indian J Exp Biol* 30:523-526
- Walkley A, Black IA (1934) An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci* 37:29-37. doi:10.1097/00010694-193401000-00003
- Yoon HS, Kang MJ, Hwang CR, Sim HJ, Kim GM, Shin JH (2014) Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) shoots from different areas in Namhae. *Korean J Food Preserv* 21:321-327. doi:10.11002/kjfp.2014.21.3.321