韓藥作誌(Korean J. Medicinal Crop Sci.) 23(2) : 125 – 131 (2015)
ISSN(Print) 1225-9306
ISSN(Online) 2288-0186
http://www.medicinalcrop.org
http://dx.doi.org/10.7783/KJMCS.2015.23.2.125

제주 서부지역 비화산회토양에서 수확한 남도마늘의 기능성 성분 함량 및 토양환경과의 상관관계 분석

김주성*,**† · 라종환* · 현해남*,**
*제주대학교 생명자원과학대학 친환경연구소, **제주대학교 아열대농업생명과학연구소

Correlations between Soil Environment and Bioactive Constituents of Namdo Garlic Harvested in the Non-volcanic Ash Soil Distributed Western Jeju

Ju Sung Kim*,†, Jong Hwan Ra* and Hae Nam Hyun*,****
**Majors in Plant Resource and Environment, College of Applied Life Sciences, SARI, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea.*
***The Research Institute for Subtropical Agriculture and Biotechnology, Jeju National University, Korea.*

ABSTRACT : In this study, we determined the ingredient analysis of harvested garlic bulb and soil analysis of four garlic-cultivated regions in Jeju, being one of the major areas of Namdo garlic production. Soil pH and electric conductivity were 7.02 and 1.03 dS/m, respectively. Soil organic matter was 4.31%. The mineral elements (potassium, calcium, magnesium, sodium, iron, manganese, copper and zinc) of Namdo garlic cultivated soil were analyzed by ICP, and calcium was the most highly contained mineral with 14.67 $cmol_+$/kg and in the decreasing order of magnesium (2.25 $cmol_+$/kg), potassium (1.51 $cmol_+$/kg). Soluble solid and total acidity were 7.60 °Brix and 0.49%, respectively. The mineral contents of garlic bulb were in order of potassium (12,728 ppm) > sulfur (7,778 ppm) > phosphorus (4,916 ppm) > magnesium (691 ppm) > calcium (359 ppm). The content of total phenolic, total flavonoid and reducing sugar were 71.14 ㎎ GAE/100 g, 17.64 ㎎ QE/100 g and 26.53 ㎎ GE/g, respectively. Alliin and allicin were 8.78 ㎎/g and 2.10 ㎎/g, respectively. The Pearson's correlation coefficients between mineral contents of soil and garlic bulb are analyzed. Macronutrients of soil is correlated with macronutrients of garlic (positive) and micronutrients of garlic (negative) contents.

Key Words **:** Allicin, Alliin, Minaral, Namdo Garlic, Non-Volcanic Ash Soil

서 언

백합과 파속에 속하는 마늘은 대한민국약전외생약규격집에 수재되어 있는 중요한 생약재로 비늘줄기를 생약재로 이용한다. 생약명으로 대산 (大蒜)이라고 하며 비위를 따뜻하게 하고 독성을 풀어주며 기생충을 없애는 효능이 있다. 또한 항산화 (Hwang *et al*., 2012), 항균 (Kim *et al*., 2012), 항암 (Kim *et al*., 2011), 간 보호 효과 (Choi *et al*., 2014), 항염증 (Tak *et al*., 2014), 항당뇨 (Kang *et al*., 2013) 등 다양한 약리활성이 있는 것으로 보고되고 있다.

마늘은 양념채소로 주로 이용되고 있는데, 제주도에서는 채소류 중에서도 무 (26.8%)가 가장 큰 비중을 차지하며, 두 번째가 마늘 (18.7%)로 제주도내 농업인들의 조수입에서 큰 비중을 차지하는 작목이기도 하다. 마늘의 품종은 따뜻한 지방에서 생산성이 뛰어난 난지형 마늘과 추운 지방에서 생산성이 뛰어난 한지형 마늘로 나눌 수 있다 (Lee and Lee, 2011). 난지형 마늘은 제주를 비롯한 남해안 지역에서 많이 재배가 되고 있으며, 저장성은 한지형에 비하여 약하나 구당 인경수가 많아 단위면적당 수확량이 많은 특징을 가지고 있다 (Lee and Lee, 2011).

지금까지 밝혀진 우리나라 370여개의 토양통 중 63개나 존재하는 제주도는 전국대비 1.85%의 면적에 1/6을 차지하는 다

†Corresponding author: (Phone) +82-64-754-3314 (E-mail) aha2011@jejunu.ac.kr
Received 2015 February 5 / 1st Revised 2015 March 5 / 2nd Revised 2015 March 31 / 3rd Revised 2015 April 6 / Accepted 2015 April 6
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

양한 종류의 토양을 가지고 있다 (Hyun, 2011). 이러한 토양의 다양성은 제주로 귀농·귀촌 농업인들에게 상당한 애로사항을 주고 있다. 농촌진흥청에서는 제주도의 토양 색에 따라 비화산회토와 화산회토로 구분을 하고 있는데, 비화산회토는 북부와 서부지역에 주로 분포하고 있으며, 화산회토에 비해 상대적으로 비료 요구도는 낮고 작물 생산성은 뛰어난 특성을 가지고 있다 (Hyun, 2011).

제주에서 생산되는 채소류 중에 조수입 비중이 큰 마늘은 제주 전역에서 재배를 하고 있긴 하지만 주로 서부지역의 비화산회토양에서 많이 이루어지고 있는 실정이다. 본 연구는 서부지역의 남도마늘 재배지 4곳으로부터 토양시료 및 수확한 마늘을 이용하여 주요 성분에 대하여 분석하였으며, 토양의 무기물 함량과 남도마늘의 무기물 함량간 상관관계를 밝혀 토양특성이 마늘의 무기성분 및 기능성 성분 함량에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 토양시료 채취

토양시료는 2013년 8월 중순부터 9월 하순에 남도마늘을 파종하여 2014년 5월 중·하순경에 수확한 농가포장을 선정하여 채취하였는데, 시험장소는 서귀포시 대정읍 (J1, 암갈색 비화산회토 하원통), 제주시 한림읍 (J2, 암황갈색 비화산회토 동홍통), 서귀포시 대정읍 (J3, 암황갈색 비화산회토 무릉통)과 제주시 한경면 (J4, 암황갈색 비화산회토 무릉통) 등 4개소이었다.

2. 토양의 화학성 분석

토양의 화학성을 조사하기 위하여 2014년 5월 중·하순경에 남도마늘을 수확한 포장으로부터 토양을 채취하여 풍건시킨 후에 2 ㎜ 체를 통과시켜 분석하였다. 토양 pH는 pH meter (Orion Star A211, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 전기전도도 (EC)는 pH와 동일하게 제조된 시료를 전기전도도계 (Orion Star A329, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 토양 유기물함량은 Walkley and Black법을, 질소함량은 Kjeldahl법을 이용하여 측정하였다. 토양내 다량원소 및 미량원소는 유도결합플라스마 (JY 138 Ultrace, Jobin Yvon, Longjumeau, France)를 이용하여 분석하였다. 유효황, 유효인산 및 유효규산은 분광광도계 (Lambda 25, PerkinElmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 분석하였다.

3. 가용성 고형분 함량, 산도 및 pH 측정

남도마늘 착즙액을 4℃, 17,000 rpm에서 10분간 원심분리 (1730MR, Cyrozen, Daejeon, Korea)하여 상층액을 분리하고, 산/당도 분석장치 (NH-2000, Horiba, Kyoto, Japan)를 이용하여 분석하였다. 가용성 고형분 함량은 ºBrix, 산도는 %로 표시하였다. pH는 위와 동일하게 처리하여 얻어진 시료 10 ㎖를 이용하여 pH meter로 측정하였다.

4. 무기성분 분석

남도마늘을 세척하여 70℃에서 건조시킨 후 식용부위인 인편을 분쇄하여 분석용 시료로 이용하였다. 분말화된 시료 0.5 g을 분해플라스크에 넣고 왕수분해법으로 분해시킨 후 P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu 및 S 함량을 유도결합플라스마를 이용하여 정량하였다. 전질소 함량은 Kjeldahl법으로 정량하였다.

5. Alliin, allicin 및 total pyruvate 함량 분석

Alliin함량 분석은 각각의 시료 1 g에 20% 에탄올 30 ㎖를 가하여 30분간 추출하였으며, 추출액은 원심분리기 (Combi-514R, Hanil, Inchoen, Korea)를 이용하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리 후 상층액을 0.45 ㎛ syringe filter로 여과하여 HPLC-DAD (Agilent 1260, Agilent Technologies, Waldbronn, Germany)로 분석하였다. Analytical column은 Agilent Zorbax SB-C18 (4.6 × 250 ㎜, 5 ㎛)을 사용하였고, 이동상은 (A) 0.1% formic acid containing water와 (B) 0.1% formic acid containing acetonitrile을 시간에 따라 gradient로 용리하여 분석하였다. 이동상의 속도는 1.0 ㎖/min, 시료 주입량은 10 ㎕, UV 검출 파장은 210 ㎚에서 검출하였다.

Allicin함량 분석은 각각의 시료 1 g에 3차 증류수 30 ㎖를 가하여 30분간 추출하였다. 추출액은 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 0.45 ㎛ syringe filter로 여과하여 HPLC-DAD (Agilent 1260, Agilent Technologies, Waldbronn, Germany)로 분석하였다. 칼럼 및 이동상 조건은 alliin 분석조건과 동일하며, 이동상의 속도는 0.7 ㎖/min, 시료 주입량은 20 ㎕, UV 검출기 파장은 254 ㎚에서 검출하였다.

총 pyruvate 함량은 Schwimmer 와 Weston (1961)의 방법을 일부 변형하여 실시하였으며 시료 1 g에 10% trichloroacetic acid 10 ㎖를 첨가하여 균질화하고 1시간 동안 방치한 후 여과하였다. 여과액 0.2 ㎖에 0.0125% 2,4-dinitrophenylhydrazine 0.2 ㎖를 가하여 37℃에서 10분간 반응한 후 0.6 N NaOH 1 ㎖를 혼합하여 분광광도계 (UV-1800, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 420 ㎚에서 흡광도를 측정하였다. Sodium pyruvate를 사용하여 얻은 표준검량 곡선으로 total pyruvate 함량을 산출하였다.

6. 총 페놀, 플라보노이드 및 환원당 함량 측정

총 페놀 함량은 Kim (2014)의 방법을 일부 수정하여 사용

하였다. 남도마늘 착즙액 100 ㎕/㎖에 50 ㎕ Folin-Ciocalteu reagent를 첨가하고 5분간 실온에서 반응시킨 후 0.3 ㎖ 20% Na_2CO_3를 첨가하였다. 그리고, 분광광도계를 사용하여 725 ㎚에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 gallic acid를 표준품으로 사용하였으며, 검량선으로부터 얻어진 방정식을 이용하여 추출물 g당 gallic acid의 정량 (GAE)으로 표현하였다.

총 플라보노이드는 Moreno 등 (2000)의 방법을 일부 수정하여 사용하였다. 시료 0.2 ㎖에 0.1 ㎖ 10% aluminium nitrate를 섞고, 0.1 ㎖ 1M potassium acetate를 혼합하였다. 그 후 4.6 ㎖의 80% 에탄올을 넣고, 40분 뒤 분광광도계를 이용하여 415 ㎚에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin을 표준품으로 사용하였고 검량선으로부터 얻어진 방정식을 사용하여 추출물 g당 quercetin equivalents (QE)로 계산하였다.

환원당 정량법인 DNS법 (Miller, 1959)을 변형하여 남도마늘 착즙액의 환원당 함량을 측정하였다. 각 시료액 0.2 ㎖에 DNS 시약 (7.5 g DNS, 14.0 g NaOH, 126.1 g Rochelle 염, 5.4 ㎖ phenol, 5.9 g $Na_2S_2O_5$/ℓ)을 0.2 ㎖ 혼합하여 95℃ heating block (HD-96D, Daihan Scientific, Seoul, Korea)으로 15분간 반응시키고 발색된 반응액을 5분간 4℃에서 반응을 정지시킨 후 증류수 0.6 ㎖를 첨가하여 분광광도계 546 ㎚에서 흡광도를 측정하였다.

7. α-Glucosidase 억제활성 측정

α-Glucosidase 억제활성은 Hyun 등 (2014)의 방법에 따라 실험하였다. 각각의 샘플 50 ㎕에 0.5 U/㎖ α-glucosidase 효소액 50 ㎕, 200 mM potassium phosphate buffer (pH 6.8) 50 ㎕를 혼합하여 37℃에서 15분간 배양한 후 3 mM *p*-nitrophenyl α-$_D$-glucopyranoside (*p*NPG) 100 ㎕를 첨가하여 37℃에서 10분간 반응시켰다. 0.1 M Na_2CO_3 750 ㎕로 반응을 정지시키고 분광광도계 405 ㎚에서 흡광도를 측정하였다. α-Glucosidase의 활성을 50% 억제하는데 필요한 농도를 IC_{50}으로 나타내었다.

결과 및 고찰

남도마늘을 재배하였던 제주도 서부지역의 토양화학성 분석을 실시하였다 (Table 1). 토양은 비화산회토로 모래는 11.3 ~ 30.2%, 미사는 44.0 ~ 60.0%, 점토는 25.8 ~ 28.7%를 함유하고 있었으며, J1 지역은 미사질 양토, J2 ~ 4 지역은 양토로 구성되어져 있었다.

남도마늘을 재배하였던 재배지의 토양 pH는 4.49 ~ 8.19 (평균 7.02) 범위였다 (Table 2). J1지역의 토양 pH가 4.49로 극산성을 나타냈고, 나머지 지역 (7.57 ~ 8.19)의 pH는 알칼리성 내지 미알카리성을 나타냈다. 토양과 토양 용액 중에 존재하는 양이온과 음이온의 총합을 나타내는 전기전도도는 1.03 dS/m을 나타내었다. 특히 J1, 2 지역이 J3, 4 지역보다 2 ~ 3배 높은 전기전도도를 보였다. 유기물 함량은 4.31% (2.37~6.31)를 나타내었으며, J2 지역 (6.31%)이 평균보다 1.5배 높은 함량을 나타내었다. 전체 질소 함량은 0.18%를 나타냈으며, 유기물 함량과 비슷한 경향을 보였다.

남도마늘 재배지 토양의 유효인산 함량은 505.23 ppm (464.2 ~ 559.4)을 나타내었고, 유효황 함량은 15.88 ppm (5.3 ~ 39.4)을 나타내었다. 특히 J2 지역 (39.44 ppm)이 다른 지역보다 3 ~ 7배 높은 함량을 나타내었다. 유효규산 함량은

Table 1. Analysis of soil property for soil texture in each soil.

Region	Soil series	Sand (2.0 ~ 0.05 ㎜)	Silt (0.05 ~ 0.002 ㎜)	Clay (0.002 ㎜ >)	Soil texture
J1	Non-volcanic ash	11.25 ± 0.24d	60.01 ± 4.47a	28.74 ± 4.71a*	Silt loam
J2		30.19 ± 0.55a	43.98 ± 0.96b	25.83 ± 1.51a	
J3		22.73 ± 0.70c	49.49 ± 5.39b	27.78 ± 4.69a	Loam
J4		28.58 ± 0.51b	45.20 ± 2.25b	26.23 ± 1.74a	

*Mean separation within columns for each treatment date by DMRT at $p = 0.05$.

Table 2. Chemical properties of garlic cultivation soils in non-volcanic ash soil of western Jeju.

Region	pH	EC	OM	T-N	Available P_2O_5	Available S	Available SiO_2
	(1 : 5)	(dS/m)	(%)	(%)	(ppm)		
J1	4.49 ± 0.03b	1.36 ± 0.05b	4.00 ± 0.05bc	0.18 ± 0.00b	559.39 ± 13.96a	11.73 ± 1.12b	233.19 ± 37.35b*
J2	7.57 ± 0.03a	1.64 ± 0.11a	6.31 ± 0.00a	0.28 ± 0.00a	531.08 ± 3.03a	39.44 ± 3.98a	1069.71 ± 205.90a
J3	8.19 ± 1.57a	0.52 ± 0.01c	4.55 ± 1.45ab	0.14 ± 0.01c	466.29 ± 30.78b	5.26 ± 0.62c	859.00 ± 27.99a
J4	7.82 ± 0.03a	0.62 ± 0.04c	2.37 ± 0.02c	0.11 ± 0.00d	464.15 ± 19.23b	6.76 ± 1.56bc	852.26 ± 99.48a
Total Mean	7.02	1.03	4.31	0.18	505.23	15.88	753.54
CV (%)	24.02	49.37	37.22	37.72	9.20	94.41	45.91

*Mean separation within columns for each treatment date by DMRT at $p = 0.05$.

Table 3. Amount distribution of K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, and Zn in garlic cultivation field in western Jeju.

Region	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
	---------- Exchangeable cations ($cmol_+/kg$) ----------				---------- Micro-nutrients (ppm) ----------			
J1	0.85 ± 0.00d	3.11 ± 0.00d	0.86 ± 0.00d	0.01 ± 0.00	38.35 ± 2.55a	96.75 ± 3.18a	3.42 ± 0.01a	7.40 ± 0.00ab*
J2	1.98 ± 0.00a	24.50 ± 0.00a	2.68 ± 0.00b	0.14 ± 0.00	1.17 ± 1.19c	38.80 ± 2.12c	0.20 ± 0.06c	4.02 ± 0.21c
J3	1.76 ± 0.06b	14.25 ± 0.32c	2.02 ± 0.06c	0.03 ± 0.00	6.03 ± 0.25b	104.50 ± 8.49a	1.60 ± 0.03b	7.65 ± 0.21a
J4	1.44 ± 0.00c	16.82 ± 0.00b	3.43 ± 0.00a	0.07 ± 0.00	8.78 ± 0.18b	65.75 ± 1.06b	1.54 ± 0.10b	6.98 ± 0.11b
Total Mean	1.51	14.67	2.25	0.06	13.58	76.45	1.69	6.51
CV (%)	30.27	55.88	44.82	83.37	114.89	36.83	72.50	24.03

*Mean separation within columns for each treatment date by DMRT at p = 0.05.

Table 4. Correlation coefficients among minerals measured in soil and garlic bulbs.

		Garlic bulb									
		P	K	Ca	Mg	Na	S	Fe	Zn	Mn	Cu
Soil	SiO_2	0.771*	0.903**	0.734*	0.744*	0.620	0.697	0.221	–0.792*	–0.793*	–0.875**
	P_2O_5	–0.098	–0.457	–0.740*	–0.018	–0.660	0.176	0.254	0.553	0.119	0.384
	K	0.753*	0.949***	0.620	0.815*	0.647	0.786*	0.165	-0.631	–0.685	–0.763*
	Ca	0.926***	0.901**	0.692	0.876**	0.486	0.806*	0.280	–0.832**	–0.863**	–0.944***
	Mg	0.717*	0.631	0.865**	0.475	0.456	0.299	0.211	–0.991***	–0.722*	–0.901**
	Na	0.970***	0.738*	0.477	0.917***	0.179	0.878**	0.368	–0.732*	–0.895**	–0.901**
	S	0.735*	0.460	–0.028	0.818*	–0.147	0.919***	0.423	–0.255	–0.685	–0.535
	Fe	–0.753*	–0.937***	–0.781*	–0.716*	–0.715*	–0.626	–0.112	0.796*	0.711*	0.838**
	Zn	–0.877**	–0.600	–0.192	–0.911**	0.030	–0.926***	–0.359	0.469	0.773*	0.711*
	Mn	–0.930***	–0.542	–0.429	–0.793*	–0.024	–0.735*	–0.390	0.719*	0.838**	0.843**
	Cu	–0.903**	–0.921***	–0.657	–0.882**	–0.515	–0.829*	–0.266	0.781*	0.837**	0.905**

*,**,***: significant different at 0.05, 0.01 and 0.001 probability levels, respectively.

753.54 ppm을 나타냈으며, 지역간 차이가 심하였다. J1 지역은 233.19 ppm으로 가장 낮은 함량을 나타내었으며, J2 지역은 1069.71 ppm으로 가장 높았다. 토양내 유효인산 함량은 변이계수가 9.20%로 균일도가 높게 나타났으나 유효황의 경우 94.41%를 나타내어 토양간 폭넓은 분포도를 보였다. 제주도내 마늘재배 농가에서는 토양개량, 병해 저항성 및 도복방지 목적으로 규회석 비료를 많이 시용하고 있는데, 토양내 칼슘과 규산성분의 축적으로 인하여 토양의 pH가 J2 ~ 4 지역에서 높게 나타난 것으로 보이며, 반대로 J1 지역은 석회성분을 시용하여 산성토양을 개량하여야 할 것으로 보인다.

남도마늘을 재배하였던 토양의 무기물과 수확한 마늘의 무기성분간 상관관계를 분석하였다 (Table 4). 유효규산의 경우 토양내 함량이 많을수록 남도마늘의 인, 칼륨 ($r = 0.903$, $p < 0.01$), 칼슘 및 마그네슘 성분에 유의한 정의 상관관계를 보였으며, 아연, 망간 및 구리 ($r = -0.875$, $p < 0.01$)에 대해서는 유의한 부의 상관관계를 보였다. 유효인산의 경우 마늘내 칼슘 ($r = -0.740$, $p < 0.05$)에 대하여 유의한 정의 상관관계를 보였으며, 유효황의 경우 남도마늘에 존재하는 황 ($r = 0.919$, $p < 0.001$)에 대하여 고도의 유의한 상관관계를 나타냈으며, 인, 마그네슘에 대하여 유의한 정의 상관관계를 보였다.

남도마늘이 재배되었던 제주도의 비화산회토에 존재하는 치환성 양이온 함량은 칼슘 (14.67 $cmol_+/kg$) > 마그네슘 (2.25 $cmol_+/kg$) > 칼륨 (1.51 $cmol_+/kg$) > 나트륨 (0.06 $cmol_+/kg$) 순이었다 (Table 3). 남도마늘 재배지의 칼륨 함량은 J2 지역이 1.98 $cmol_+/kg$로 가장 높았으며, J1 지역은 0.85 $cmol_+/kg$로 가장 낮았다. 칼슘 역시 칼륨과 비슷한 경향을 보였는데, J1 지역의 함량이 3.11 $cmol_+/kg$로 가장 낮은 함량을 나타내었고 J2 지역은 24.50 $cmol_+/kg$으로 J1 지역보다 7.9배 높았다. 마그네슘 함량을 비교한 결과, J1 지역이 0.86 $cmol_+/kg$으로 가장 낮았으며, J4 지역은 3.43 $cmol_+/kg$으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 나트륨 함량은 J1, 3 지역에서는 낮게 나타났으나 J2 지역에서는 높은 함량 (0.14 $cmol_+/kg$)을 나타내었다. 전체적으로 토양의 특성 때문 (pH)으로 보이나 J1 지역의 치환성 양이온 함량이 다른 세 지역보다 극히 낮은 경향을 보였다. Park과 Kim (1998)의 보고에 의하면 국내 차 자생지 (평균 pH 5.21)의 치환성 양이온 함량이 일반 밭토양보다 함량이 낮게 나타났는데, 이는 밭토양 (평균 pH 5.8)보다 낮은 pH에 기인한 것으로 추측된다.

Table 5. Soluble solid, total acidity and pH of garlic squeeze from different cultivated area in western Jeju.

	J1	J2	J3	J4	Total Mean	CV (%)
Soluble solid (°Brix)	7.6 ± 0.5ab	6.5 ± 0.8b	8.7 ± 0.6a	7.9 ± 0.1ab*	7.60	12.48
Total acidity (%)	0.37 ± 0.07b	0.49 ± 0.02ab	0.66 ± 0.18a	0.43 ± 0.01ab	0.49	27.79
pH	5.92 ± 0.01a	5.89 ± 0.01b	5.95 ± 0.01a	5.94 ± 0.01a	5.92	0.43

*Mean separation within columns for each treatment date by DMRT at p = 0.05.

Table 6. Concentration of mineral elements in garlic bulbs from different cultivated area in western Jeju.

(unit: ppm)

Minerals	J1	J2	J3	J4	Total Mean	CV (%)
P	4125 ± 21c	5895 ± 304a	4535 ± 120bc	5110 ± 255b*	4916	14.80
K	10260 ± 905b	14500 ± 566a	13500 ± 0a	12650 ± 919a	12728	13.82
Ca	269 ± 13b	363 ± 28ab	363 ± 14ab	406 ± 59a	350	16.92
Mg	566 ± 1b	886 ± 52a	660 ± 42b	654 ± 68b	691	19.02
Na	131 ± 13b	202 ± 27ab	260 ± 50a	207 ± 54ab	200	28.85
S	6210 ± 14c	10960 ± 368a	7420 ± 226b	6520 ± 198c	7778	26.09
Fe	47.1 ± 24.0a	59.6 ± 21.9a	42.3 ± 2.1a	52.3 ± 25.3a	50.3	33.85
Mn	8.3 ± 0.4a	6.6 ± 0.6b	7.9 ± 0.0a	7.2 ± 0.4ab	7.5	10.18
Zn	28.3 ± 1.0a	16.4 ± 0.0c	22.2 ± 0.1b	13.3 ± 0.3d	20.1	30.64
Cu	4.7 ± 0.1a	2.2 ± 0.1c	3.7 ± 0.3b	2.6 ± 0.1c	3.3	31.85
SUM	21648	32890	25621	27269	26743	

*Mean separation within columns for each treatment date by DMRT at p = 0.05.

제주도내 남도마늘 재배지의 미량원소인 철, 망간, 구리 및 아연 함량을 측정하였다. 토양내 미량원소의 함량은 망간 (76.45 ppm) > 철 (13.58 ppm) > 아연 (6.51 ppm) > 구리 (1.69 ppm) 순으로 나타났으며, 다량원소 함량 측정결과와는 반대로 미량원소 분석에서는 J1 지역이 다른 세 지역보다 높은 함량을 나타내는 경향을 보였다. 이것은 낮은 토양의 pH에 의해 토양에 용해된 미량원소가 많아져서 높게 나타난 것으로 추측된다 (Lee *et al*., 2014). 남도마늘 재배지의 철 함량은 J1 지역이 38.35 ppm으로 가장 높았으며 J2 지역에서 1.17 ppm으로 가장 낮았다. 망간 함량은 J2 지역이 38.80 ppm으로 낮았으며 J3 지역은 104.50 ppm으로 J2 지역보다 2.7배 높은 함량을 나타냈다. 구리 함량은 J1 지역에서 3.42 ppm으로 가장 높았으며, J2 지역에서는 0.20 ppm으로 가장 낮았다. 아연 함량은 J2 지역이 가장 적었으나 그 외 세 지역은 비슷한 수치를 보였다.

토양내 무기성분들은 각각의 상호관계에 따라 식물체로의 흡수를 서로 도와주거나 (상승작용) 방해하기도 (길항작용)한다. 토양내 칼륨 성분은 남도마늘내 칼륨 ($r = 0.949$, $p < 0.001$)과 고도의 유의한 정의 상관을 보였으며, 인, 마그네슘 및 황 성분과도 유의한 정의 상관관계를 보였다. 칼슘은 인 ($r = 0.926$, $p < 0.001$)과 고도의 유의한 정의 상관을 보였으며, 칼륨, 마그네슘 및 황과도 유의한 정의 상관관계를 보였다. 마그네슘은 인과 칼슘 ($r = 0.865$, $p < 0.01$), 나트륨은 인 ($r = 0.970$, $p < 0.001$), 칼륨, 마그네슘 및 황 성분과 정의 상관관계를 보였다. 그러나 다량원소들 대부분은 미량원소들과는 부의 상관관계를 보였다. 즉 토양내 다량원소들의 함량이 많을수록 남도마늘내 다량원소의 축적을 용이하게 하며 미량원소가 토양내 많이 존재할 때는 다량원소의 마늘내 흡수를 저해하고 미량원소의 집적을 용이하게 하는 현상을 보였다 (Table 4).

제주도 비화산회토에서 생산된 남도마늘을 이용하여 성분 분석 및 α-glucosidase 저해활성을 측정하였다 (Table 5 ~ 8). 비화산회토에서 재배된 남도마늘의 가용성 고형량 함량은 7.60 °Brix (6.5 ~ 8.7)를 나타내었으며, 산도는 0.49% (0.37 ~ 0.66)를 나타내었다. 남도마늘 착즙액의 pH는 5.92 (5.89 ~ 5.95)로 비슷하였다 (Table 5). 수확된 남도마늘 착즙액의 pH는 0.43%의 변이계수를 나타내어 시료간 매우 안정적으로 존재하며 가용성 고형량 함량 역시 12.48%의 변이계수를 나타내어 대체로 안정적으로 존재함을 나타내었다.

제주 비화산회토에서 생산된 남도마늘의 무기물 함량을 Table 6에 나타냈다. 총 10종의 무기물을 분석한 결과 4지역 평균 26,743 ppm을 함유하고 있었다. 무기물 성분 중 칼륨이 전체의 47.6% (12,728 ppm)를 차지하였으며, 다음으로 황이 29.1% (7,778 ppm), 인이 18.4% (4,916 ppm)를 차지하였다. 칼륨이나 황과 비슷하게 칼슘 성분 역시 J1 지역이 다른 지역에 비하여 함량이 낮게 나타났는데, 산성토양 특성상 다량원

Table 7. Alliin, allicin and total pyruvate concentrations in the bulbs of garlic from different cultivated area.

	J1	J2	J3	J4	Total Mean	CV (%)
Alliin (㎎/g)	2.33 ± 0.44d	12.56 ± 0.20a	11.42 ± 0.18b	8.81 ± 0.48c*	8.78	50.25
Allicin (㎎/g)	1.36 ± 0.07b	2.37 ± 0.45a	2.20 ± 0.18a	2.45 ± 0.31a	2.10	27.10
Total pyrubate (μM/g)	77.62 ± 2.75c	118.45 ± 5.50b	148.90 ± 6.41a	79.57 ± 12.83c	106.14	30.31

*Mean separation within columns for each treatment date by DMRT at $p = 0.05$.

Table 8. Total phenol, flavonoid, reducing sugar content and α-glucosidase inhibition effect of garlic squeeze from different cultivated area in western Jeju.

	J1	J2	J3	J4	Total Mean	CV (%)
TPC (㎎ GAE/100 g)**	63.34 ± 2.67b	101.13 ± 0.00a	67.12 ± 2.67b	52.95 ± 4.01c*	71.14	27.32
TFC (㎎ QE/100 g)***	18.61 ± 0.00a	19.69 ± 0.00a	19.15 ± 0.77a	12.64 ± 0.77b	17.64	17.51
RSC (㎎ GE/g)****	27.88 ± 0.69a	25.99 ± 0.76bc	24.68 ± 0.14c	27.54 ± 0.76ab	26.53	5.48
IC_{50} ($\mu\ell$)*****	21.33 ± 0.39d	13.17 ± 0.53b	8.59 ± 0.61a	15.92 ± 0.38c	14.76	33.51

*Mean separation within columns for each treatment date by DMRT at $p = 0.05$.
**Total phenol contests analysed as gallic acid equivalent (GAE) ㎎/100 g of extract.
***Total flavonoid contents analysed as quercetion equivalent (QE) ㎎/100 g of extract.
****Reducing sugar contents analysed as glucose equivalent (GE) ㎎/g of extract.
*****Amount required for 50% reduction of α-glucosidase.

소의 용해도가 낮아 남도마늘내로의 흡수에 영향을 준 것으로 보인다. 마그네슘과 나트륨 역시 비슷한 경향을 보였다. Shin 등 (2011)과 Kim 등 (2009)도 국내산 마늘의 무기물 함량을 분석한 결과 칼륨, 인, 마그네슘, 칼슘 순으로 많이 함유되어 있다고 보고하였으며, 이는 본 연구결과와 일치하였다. 그러나 Sa'adatu (2013)은 아프리카 (나이지리아, 차드, 세나갈) 지역에서 생산된 마늘의 무기물 성분을 측정하였는데, 칼륨, 마그네슘, 칼슘 순으로 많이 분포하였으며, 인의 함량은 상당히 적었다. 또, 에티오피아 지역에서 생산된 마늘은 칼슘, 마그네슘, 칼륨 순이었다 (Diriba-Shiferaw *et al*., 2013). 이렇게 지역별 차이가 나는 것은 토양내 관련성분들의 함량, 재배기술 및 품종 등에 기인하는 것으로 추측된다.

남도마늘의 미량원소 함량을 측정한 결과 (Table 6), 다량원소의 경우 J1 지역이 타지역보다 함량이 낮게 나타났으나 미량원소에서는 반대로 J1 지역이 다른 지역보다 높은 함량을 보였다. 미량원소 중 철 (50.3 ppm) 함량이 가장 많았으며, 다음으로 아연 (20.1 ppm), 망간 (7.5 ppm), 구리 (3.3 ppm) 순이었다. 남도마늘을 비화산회토양에서 재배하였을 경우 J2 지역의 철 함량이 59.6 ppm으로 가장 높았으며, J3 지역이 42.3 ppm으로 가장 낮았다. 아연과 망간, 구리는 상대적으로 J1 지역이 다른 지역보다 높은 함량을 보였다. 이와 같이 철이나 망간, 구리, 아연의 함량이 J1 지역에서 높게 나타나는 것은 토양의 낮은 pH로 인하여 이들 성분의 용해도가 높아져서 남도마늘로의 흡수가 촉진된 것으로 판단된다 (Lee *et al*., 2008).

남도마늘의 황 함유 화합물의 함량을 조사한 결과 (Table 7), 비화산회토양에서 남도마늘을 재배하였을 경우, 알리인 함량은 8.78 ㎎/g (2.33 ~ 12.56)을 나타내었으며, J1 지역 (2.33 ㎎/g)에서 극히 낮은 함량을 보였다. 알리신 함량은 2.10 ㎎/g (1.36 ~ 2.45)을 나타내었으며 알리인과 비슷하게 J1 지역 (1.36 ㎎/g)에서 낮은 함량을 보였다. Lee 등 (2008)은 국내 마늘 주산지의 대표적인 5개 토양에서 단양마늘을 재배하여 알리인 함량을 측정한 결과 8.5 ~ 9.2 ㎎/g의 범위였다고 하였으며, 이는 본 연구의 결과값과 유사하였다. 그러나 Hyun 등 (2008)은 제주 3개 지역 마늘의 알리신 함량이 3.03 ~ 3.57 ㎎/g의 범위라고 보고하였는데, 본 연구의 결과값이 이보다 낮은 것은 마늘품종이 다르거나 재배환경의 차이에 의한 것으로 생각된다. 총 피루베이트산의 함량은 106.14 μM/g을 나타냈다. J1 지역에서 알리인 및 알리신 함량과 비슷하게 가장 낮은 77.62 μM/g을 나타내었으며 J3 지역에서는 148.90 μM/g으로 J1 지역보다 1.9배 높은 함량을 보였다.

비화산회토양에서 재배된 남도마늘의 총 페놀, 플라보노이드, 환원당의 함량 및 α-glucosidase 저해활성을 측정하였다 (Table 8). 총 페놀 함량은 71.14 ㎎ GAE/100 g을 나타냈고 총 플라보노이드 함량은 17.64 ㎎ QE/100 g을 나타냈다. J2 지역에서 총 페놀 및 플라보노이드 함량이 가장 높게 나타났으며 (각각 101.13, 19.69), J4 지역에서 가장 낮은 함량을 보였다 (각각 52.95, 12.64). 환원당 함량 (26.53 ㎎ GE/g)은 J1 지역 (27.88 ㎎ GE/g)에서 가장 높았으며, J3 지역 (24.68 ㎎ GE/g)에서 가장 낮게 나타났다. α-Glucosidase의 저해활성을 측정하였다. J3 지역 남도마늘의 α-glucosidase 저해활성이 $IC_{50} = 8.59\ \mu\ell$로 가장 높은 활성을 나타냈으며, J1 지역은 $IC_{50} = 21.33\ \mu\ell$으로 저해활성이 가장 낮았다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 지역특화작목기술개발과제(과제번호: PJ01029702) 연구비 지원에 의하여 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Choi JH, Kim MS, Yu HJ, Kim KH, Lee HS, Cho HY and Lee SH. (2014). Hepatoprotective effects of lactic acid-fermented garlic extracts on fatty liver-induced mouse by alcohol. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 43:1642-1647.

Diriba-Shiferaw G, Nigussie-Dechassa R, Kebede W, Getachew T and Sharma JJ. (2013). Growth and nutrients content and uptake of garlic(*Allium sativum* L.) as influenced by different types of fertilizers and soils. Science, Technology and Arts Research Journal. 2:35-50.

Hwang CR, Shin JH, Kang MJ, Lee SJ and Sung NJ. (2012). Antioxidant and antiobesity activity of solvent fractions from red garlic. Journal of Life Science. 22:950-957.

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 July, 2011. p.3-20.

Hyun SH, Kim MB and Lim SB. (2008). Physiological activities of garlic extracts from daejeong Jeju and major cultivating areas in Korea. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 37:1542-1547.

Hyun TK, Kim HC and Kim JS. (2014). Antioxidant and antidiabetic activity of *Thymus quinquecostatus* Celak. Industrial Crops and Products. 52:611-616.

Kang MJ, Lee SJ, Sung NJ and Shin JH. (2013). The effect of extract powder from fresh and black garlic on main components in serum and organs of streptozotocin-induced diabetic rats. Journal of Life Science. 23:432-442.

Kim EK, Yun SJ, Ha JM, Jin IH, Kim YW, Kim SG, Park DJ, Choi YW, Yun S, Kim CD and Bae SS. (2011). Inhibition of cancer cell migration by compounds from garlic extracts. Journal of Life Science. 21:767-774.

Kim JS. (2014). Antioxidant, α-glucosidase inhibitory and antimicrobial activities of extracts from *Maesa japonica* (Thunb.). Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:1-6.

Kim KH, Kim HJ, Byun MW and Yook HS. (2012). Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol extract from six vegetables containing different sulfur compounds. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 41:577-583.

Kim MB, Oh YJ and Lim SB. (2009). Physicochemical characteristics of garlic from daejeong Jeju and major cultivation areas in Korea. Korean Journal of Culinary Research. 15:59-66.

Lee JJ and Lee HJ. (2011). Physicochemical composition of baked garlic. Korean Journal of Food Preservation. 18:575-583.

Lee SW, Park KC, Lee SH, Jang IB, Park KH, Kim ML, Park JM and Kim KH. (2014). Effect of ferric and ferrous iron irrigation on brown-colored symptom of leaf in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:32-37.

Lee YK, Sin HM, Woo KS, Hwang IG, Kang TS and Jeong HS. (2008). Relationship between functional quality of garlic and soil composition. Korean Society of Food Science and Technology. 40:31-35.

Miller GL. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry. 31:426-428.

Moreno MI, Isla MI, Sampietro AR and Vattuone MA. (2000). Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. Journal of Ethnopharmacology. 71:109-114.

Park JH and Kim KS. (1998). Studies on growth enviromental and inorganic components of Korean native tea plants(*Camellia sinensis* O. kuntze). Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 31:25-32.

Sa'adatu ME. (2013). Comparative study on concentration of some minerals found in garlic(*Allium sativum* Linn) species grown in some African countries. Journal of Biology and Life Science. 4:63-67.

Schwimmer S and Weston WJ. (1961). Onion flavor and odor, enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 9:301-304.

Shin JH, Lee SJ, Jung WJ, Kang MJ and Sung NJ. (2011). Physicochemical characteristics of garlic(A*llium sativum* l.) on collected from the different regions. Journal of Agriculture & Life Science. 45:103-114.

Tak HM, Kang MJ, Kim KM, Kang D, Han S and Shin JH. (2014). Anti-inflammatory activities of fermented black garlic. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 43:1527-1534.