

생석회 시비가 배추 내 무기이온 및 글루코시놀레이트 함량에 미치는 영향

김영진 · 천진혁 · 김선주*

충남대학교 생물환경화학과

Influence of the lime on inorganic ion and glucosinolate contents in Chinese cabbage

Young-Jin Kim, Jin-Hyuk Chun, Sun-Ju Kim*

Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Received on 20 August 2015, revised on 2 September 2015, accepted on 3 September 2015

Abstract : Ca is material to be used in Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*). The variation of inorganic ions and GSLs in Chinese cabbage cultivated to control additional Ca contents in slaked lime. The additional fertilizer of slaked lime differ four grade that 0 g (Ca-0), 0.28 g (Ca-1), 0.56 g (Ca-2), 0.84 g (Ca-3) are week intervals with a total of 8 times after transplanting. Inorganic ions in Chinese cabbage ('Bulam plus') were analyzed to use inductively coupled plasma atomic emission spectrometry(ICP). The more additional slaked lime input, the more almost macronutrients contents were high except Ca. Ca contents were higher in Ca-0 (153.10) and lower in Ca-3 (130.55 mg/kg dry weight, DW). GSLs were identified based on peak retention time in previous results of our laboratory. Seven GSLs including two aliphatic (gluconapin, glucobrassicinapin), one aromatic (gluconasturtiin), four indolyl (glucobrassicin, neoglucobrassicin, 4-methoxyglucobrassicin, 4-hydroxyglucobrassicin) were detected using HPLC. Progoitrin, 4-methoxyglucobrassicin, and gluconasturtiin contents increased in proportion to the input in additional slaked lime. Total GSLs contents were Ca-0 (11.95), Ca-1 (17.02), Ca-2 (19.63), Ca-3 (17.11 $\mu\text{mol/g}$ dry weight, DW). Total Ca and GSLs contents (Ca-1,2,3; mean 17.92) are higher than non treatment (Ca-0; 11.95 $\mu\text{mol/g}$ DW).

Key words : Calcium, Chinese cabbage, Inorganic ion, Glucosinolates, Slaked lime

I. 서론

배추(*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*)는 중국, 일본, 한국 등 동아시아 지역에서 주로 이용되고 있는 작물 중 하나로 칼슘(Ca) 요구도가 높은 식물이다. 브로콜리, 브뤼셀 스프라우트, 배추, 콜리플라워, 케일, 콜라드, 콜라비와 같은 배추과 작물(Brassica vegetables)은 칼슘, 칼륨(K), 마그네슘(Mg) 등 다양한 무기물이 풍부하다(Broadlet and White, 2010). 고온 다습한 여름철 배추의 칼슘 결핍은 무름병(soft rot)이라는 생리적 장애를 일으켜 배추의 수량 감소로 이어지므로 배추 재배에 있어 칼슘 비료 시비는 필수적이다. 우리나라 칼슘 비료는 주로 석회 고토($\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$), 소석회(Ca(OH)_2), 수산화석회, 생석회(CaO) 등과 같은 석

회질 비료의 형태로 판매 또는 시비되고 있다. 칼슘은 불용 성이기 때문에 체내에서 이동이 비교적 어려워 어린잎에서 결핍 증상이 주로 발생한다. 여름철 고온기에 토양수분이 부족하거나 질소(N)나 칼륨에 비해 석회가 적을 때, 토양 중에 석회가 부족하거나 붕소(B) 시비가 적정량보다 부족한 경우 칼슘 결핍 증상이 발생하게 된다. 칼슘은 잎에서 세포막을 강하게 하여 병에 대한 저항성을 증대시키는 역할을 한다(Park and Gang, 2006)고 알려져 있으며, 칼슘 비료의 시비가 무름병 저항성 증가와 관련된다는 여러 연구들이 보고된 바 있다(Bartz et al., 1992; Cother and Cullis, 1992; McGuire et al., 1984). 칼슘 흡수는 토양 내 질소, 마그네슘 함량이 과다할 경우 길항작용으로 인하여 칼슘 흡수력이 약해져 결핍증이 나타나고, 칼슘 대사에 이상이 생긴다.

Glucosinolates (GSLs)은 아미노산에서 유래되며, 아미

*Corresponding author: Tel: +82-42-821-6738

E-mail address: kimsunju@cnu.ac.kr

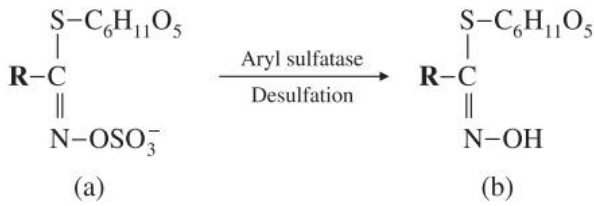


Fig. 1. Enzymatic desulfation of glucosinolates. (a), glucosinolate; (b), desulfated natural glucosinolate (adapted from Kim and Ishii, 2006).

노산 전구체에 따라 methionine 으로부터 유래된 aliphatic 계열, phenylalanine 및 tyrosine에서 유래된 aromatic 계열, 그리고 tryptophan으로부터 유래된 indolic 계열 등 3그룹으로 분류된다(Vallejo et al., 2003). GSLs는 당과 (-SO₃H)을 포함한 기본 구조에서 결사슬 R기에 따라 현재 약 200 여종이 알려져 있다(Clarke, 2010) (Fig. 1). GSLs는 β-thioglucoside N-hydroxysulfates로 가수분해 효소인 myrosinase에 의하여 isothiocyanates, nitriles, thiocyanates 및 glucoses로 분해(Zhang and Talaly, 1994) 되고, 이들 분해산물 중 특히 isothiocyanates는 방광암과 대장암 그리고 폐암 예방에 효과가 있다(Song et al., 2007). 또한 GSLs는 항균, 항진균 및 곤충 퇴치 등의 효과와 같은 식물방어체계(plant defence systems) 역할도 수행하고 있는 것으로 알려져 있다(Zhang and Talaly, 1994).

배추의 칼슘 비료 처리에 관한 연구로는 시비 방법에 따른 배추의 생육효과(Lee et. al., 2012)와 양액 중 칼슘 농도와 배추 무름병 이병성과의 상관관계에 관한 연구(Jang et al., 2002), 칼슘 비료 처리에 의한 무름병 발생 억제에 관한 연구(Kim and Yeoung, 2004) 등이 수행되었으나 칼슘 비료 처리에 따른 이차대사산물 및 무기이온 함량 변화에 관한 연구는 미비한 실정이다. 본 실험에서는 배추 재배 시 생석회(CaO)를 토양에 추비(표층시비) 하였을 때 배추 내 무기이온 및 GSLs 함량 변화를 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

생석회(가용성고토 14; 알칼리분 51%)는 (주)협화(Pohang, Korea)것을 사용하였고 요소(질소 46%)와 용성인비(인산 20; 고토 2.5; 붕소 0.2; 석회 27; 규산 15; 유황 9%)는 (주)KG케미칼(Ulsan, Korea)것을 사용하였다. 염화칼륨

(칼륨 60%)은 (주)남해화학(Yeosu, Korea)것을 사용하였고 붕사(수용성 붕소 30% 이상)는 (주)도프(Pyongteak, Korea)것을 사용하였다. 퇴비 상토는 (주)승진비료(Pocheon, Korea)것을 사용하였다. Acetonitrile (ACN)과 Methanol (CH₃OH)은 J.T. Baker Chemical Co. (New Jersey, USA) 것을 사용하였고 Sodium acetate (NaC₂H₃O₂·3H₂O)은 Samchun Pure Chemical Co., Ltd. (Pyeongtaek, Korea) 것을 사용하였다. DEAE-Sephadex A-25는 GE Healthcare Bio-Sciences AB(Uppsala, Sweden)것을 사용하였다. Sinigrin (2-propenyl GSL)과 Aryl sulfatase (type H-1, EC 3.1.6.1)는 Sigma-Aldrich Chemical Co. (St Louis, MO, USA)에서 구입하였다.

2. 배추 재배

(주)문산토코리아(Anseong, Korea)에서 구입한 배추 종자(‘불암 플러스’)를 2013년 8월 22일 충남대학교 농업생명과학대학 부속 유리온실에서 72홀 플러그 트레이에 원예 상토(부농, High)를 넣어 파종하였다. 파종 1주일 후 발아율은 약 95.8%이었으며, 유리온실에서 4주간 재배한 배추 유묘를 대형포트(33 × 33 × 28 cm³)에 이식하였다. 토양(식양토)은 충남대학교 농업생명과학대학 부속 농장(위도, 127° 25'E; 경도, 36° 36'N)에서 채취하여 유리 온실에서 4주간 건조시킨 뒤 고무망치로 파쇄하여 균질화시켰다. 기비는 토양 면적(10 a) 및 토양 깊이(30 cm)와 토양 밀도(1.2 g/cm³)를 곱하여 10 a 당 토양 무게(360,000 kg)를 구한 뒤 대형 포트에 들어가는 토양의 무게(10.1 kg)와 비례하여 배추 기준 기비량을 참고하여 시비하였다(Table 1). 요소(urea)는 총 2.44 g, 염화칼륨(potassium chloride)은 2.24 g, 용성인비(fused phosphate)는 2.80 g, 붕사(borax)는 0.04 g, 생석회(slaked lime)는 이식 14일 후 1주일 간격으로 배추 시비 기준을 따라 1.68 g 기비 후 칼슘 무처리구(Ca-0, 0.00 g), 칼슘 적량구(Ca-1, 0.28 g), 칼슘 2배량구(Ca-2, 0.56 g), 칼슘 3배량구(Ca-3, 0.84 g)로 각기 달리 처리하였다.

3. 무기 이온 분석

배추 시료는 동결건조 하여 막자와 막자사발로 분말하였다. 총 질소(T-N) 분석은 건조시료 1 g을 micro-kjeldahl

Table 1. Fertilizing of Chinese cabbage (g/pot containing 10.1 kg soil).

Fertilizers	Total	Basic fertilization	Additional fertilizer
Urea	2.44	0.84	0.20 × 8
Calcium chloride	2.24	0.64	0.20 × 8
Fused phosphate	2.80	2.80	-
Borax	0.04	0.04	-
Slaked Lime			
Ca-0	1.68	1.68	-
Ca-1	3.92		0.28 × 8
Ca-2	6.16		0.56 × 8
Ca-3	8.40		0.84 × 8
Time	-	Transplanting	Week intervals with a total of 8 times after transplanting

flask에 넣고 $\text{CuSO}_4\text{-K}_2\text{SO}_4$ 촉매제 5 g을 가한 뒤 농황산 25 mL를 기벽에 묻은 시료를 씻으면서 가하였다. 분해로에서 초기 10 - 30분은 저온으로 가열한 뒤 탄화가 완전히 끝나면 고온으로 가열하여 분해로에서 투명한 청색이 된 후 다시 약 30분 가열한 다음 냉각시켜 100 mL mess flask에 옮기고 정량 후 kjeldahl 증류장치를 이용하여 적정하였다. 기타 무기원소 분석은 건조시료 1 g을 125 mL 유리 삼각플라스크에 넣고 왕수($\text{HNO}_3\text{: HCl} = 1\text{: 3}$)를 약 15 mL를 가한 후 초기 10 - 30분은 저온으로 가열하고 탄화가 완전히 끝나면 고온으로 가열하여 분해로에서 투명한 백색으로 분해가 되면 약 30분 후 분해를 끝내고 30분간 냉각 후 100 mL mess flask에 옮기고 정량 후 유도결합플라즈마방출분광기(ICP, Varian ESP-730)로 분석하였다.

4. Desulfo-glucosinolate 추출

평량한 분말 시료 100 mg을 2.0 mL-Eppendorf tube에 넣고 70% boiling(약 70°C) methanol 1.5 mL를 넣어 진동 혼합(vortex) 하였다. 항온 수조(70°C)에 약 2분간 넣은 뒤 꺼내 진동혼합 한 후 다시 약 3분간 항온수조에 정치시킨 뒤 원심분리(12,000 rpm, 10 min, 4°C) 한 후 상층액을 수거하고 동일한 과정을 2번 반복하여 각 상층액을 모두 합하였다. mini-column 충전용 DEAE-Sephadex A-25 (30 g)는 초순수에 녹여 분액여두에 넣은 후 초순수를 넣고 초순수가 거의 빠져나가면 0.5 M (68 g/L) sodium acetate를 넣어 H^+ 형태로 활성화시켰다. 1,000 μL pipette tip을 탈지면으로 막은 mini-column에 활성화된 DEAE-Sephadex A-25 (40 mg dry wt.)를 기포가 생기지 않게 넣은 뒤

GSLs 조추출물(crude extract)을 pasteur pipet으로 수평으로 로딩하였다. 외부 표준 물질로는 sinigrin 5 mL (5 mg/50 mL, desulfo-sinigrin의 분자량 279)을 사용하였다. 추출물이 다 빠져나가면 초순수 2 mL (1 mL × 2)를 흘려 불순물을 제거시켰다. 초순수가 다 빠져나가면 paraffin film으로 mini-column 아래 부분을 밀봉한 후 aryl sulfatase solution 75 μL (23 mg/mL)을 넣고 mini-column 상단을 paraffin film으로 막아 16 - 18시간 동안 실험실 상온에서 정치하였다. 그 후 2.0 mL-Eppendorf tube에 초순수(0.5 mL × 3회)로 용출시킨 시료(desulfo-glucosinolat, DS-GSL)를 0.45 μm hydrophilic PTFE millipore filter(직경 13 mm)로 여과 한 뒤 HPLC용 vial병에 넣어 냉동(-70°C)보관 하였다.

5. HPLC 분석

GSL의 분석은 HPLC (Agilent Technologies 1200 series)를 사용하였고, 분석칼럼은 Inertsil ODS-2 Cartridge Guard column E (10 × 2 mm I.d., particle size 5 μm), 가드칼럼은 Inertsil ODS-3 column (150 × 3.0 mm I.d., particle size 3 μm) (GL Science, Tokyo, Japan)를 사용하였다. 검출 파장은 227 nm, 칼럼 온도는 40°C, 유량(flow rate)은 0.4 mL/min로 설정하였고 시료는 automatic injector로 10.0 μL 주입하였다. 이동상 용매 A (de-ionized water)와 용매 B (100% acetonitrile)를 이동상 용액으로 사용하였으며, 용매 구배는 용매 B를 0%에서 7분까지 10%로 증가시키고 16분까지 31%로 증가시킨 후 19분까지 그 농도를 유지시키고 21분까지 0%로 감소시킨 뒤 27분까지

Table 2. Plant growth of Chinese cabbage ($n=3$)

Treatments ¹⁾	Head weight (g)	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Outer leaves (No/plant)
Ca-0	138.17±53.75	14.00±0.58	25.20±0.73	7.67±0.22
Ca-1	187.67±90.88	14.33±1.53	28.67±0.65	8.67±2.89
Ca-2	201.75±15.91	16.75±0.35	29.50±0.71	10.50±0.71
Ca-3	167.33±35.99	16.17±0.76	29.33±2.52	10.33±1.53

¹⁾ See Table 1.

0%의 농도를 유지시켰다(Kim et al. 2006). 각 GSL 성분은 외부 표준 물질인 sinigrin의 HPLC peak area와 각 성분의 area를 비교하여 그 값에 response factor (ISO, 9102, 1992)를 곱하여 정량화하였다. 또한 GSL 추출은 DS-GSL 형태이지만 모든 성분명은 GSL로 나타내었다.

6. 통계분석

각각의 시료는 HPLC를 분석하였고 분석 결과를 Microsoft Office Excel 2010을 이용하여 각 성분에 대한 함량의 평균 값과 반복($n=3$)의 표준편차(SD, standard deviation)를 구하였다. 통계처리 프로그램은 IBM SPSS 21 Statistics을 사용하였다. 유의수준(P)은 0.05 이하로 설정하였고, 사후분석은 Tukey 방법으로 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 배추 생육

수확 후 배추의 구중, 엽장, 엽폭, 외엽수를 측정하였다. 구중은 외엽수를 제외한 무게를 측정하였고, 엽장과 엽폭은 외엽수에서 가장 큰 잎의 길이를 측정하였다. 배추의 구중과 엽장, 엽폭, 외엽수는 대체적으로 Ca-2 배양구에서 가장 높게 나타났고 Ca-0 무처리구에서 낮게 나타났다(Table 2). 생석회 추비에 따른 배추의 생장은 Ca-0 무처리구부터 Ca-2 배양구까지는 증가하다가 Ca-3 배양구에서 다시 감소하는 경향을 보였다.

2. 무기 이온 함량

충남대학교 부속 유리온실에서 재배한 배추 ‘불암 플러스’ 내 무기이온 함량을 유도결합플라즈마방출분광기를 사

용하여 분석하였다. 배추 내 총 질소(T-N) 함량은 Ca-3 배양구에서 23.40 mg/g DW으로 가장 높았고 다음으로 Ca-0 무처리구에서 19.17을 나타내었으며, Ca-2 배양구와 Ca-1 배양구는 각각 17.60와 17.47 mg/g dry weight, DW로 비교적 낮게 나타내었다. P 함량은 Ca-3 배양구에서 60.25 mg/kg DW로 가장 높게 나타난 반면 Ca-0 무처리구와 Ca-1 적양구, Ca-2 배양구에서 각각 46.64, 48.59, 49.87 mg/kg DW로 Ca-3 배양구에 비해 비교적 낮은 값들을 나타내었다. K 함량은 Ca-3 배양구와 Ca-2 배양구에서 각각 279.45와 273.09 mg/g DW로 나타나 Ca-1 적양구와 Ca-0 무처리구에서 각각 249.98와 248.58 mg/kg DW을 나타낸 것에 비해 상대적으로 높았다. Jang *et al.* (2012)은 상추에 칼레이트 칼슘제를 엽면 살포 하였을 때 처리농도가 높을수록 엽내 칼슘함량도 높게 나타났다고 보고하였으나, 본 실험에서 배추 내 Ca 함량은 Ca-0 무처리구에서 153.10 mg/kg DW으로 가장 높았고 Ca-2 배양구에서는 144.62 mg/kg DW, Ca-1 적양구에서는 138.94 mg/kg DW로 나타났으며 Ca-3 배양구에서 130.55 mg/kg DW으로 가장 낮게 나타났다. Hara and Sonoda(1979)는 배추 재배 시 칼슘이나 마그네슘 함량을 높게 하여 액비로 처리하였을 때 칼슘 혹은 마그네슘 함량은 칼슘과 마그네슘의 상호작용에 의해 감소한다 하였으나, 배추 내 Mg 함량은 19.57 - 20.49 mg/kg DW로 비교적 변화 값이 없었다. Na 함량은 Ca-0 무처리구에서 13.56 mg/kg DW으로 나타났고, Ca-1 적양구에서 12.37 mg/kg DW로 감소하였다가 Ca-2 배양구에서 13.74, Ca-3 배양구에서는 15.01 mg/kg DW으로 점점 증가하였다. 미량원소 함량은 평균적으로 B는 0.31, Fe는 0.88 mg/kg DW, Mo는 0.02 mg/kg DW, Mn은 0.14 mg/kg DW, Si는 0.71 mg/kg DW, Cu는 0.06 mg/kg DW, Zn은 0.34 mg/kg DW, Pb는 0.02 mg/kg DW로 나타났으며 As, Cd, Ni은 거의 검출되지 않았다(Fig. 2, 3).

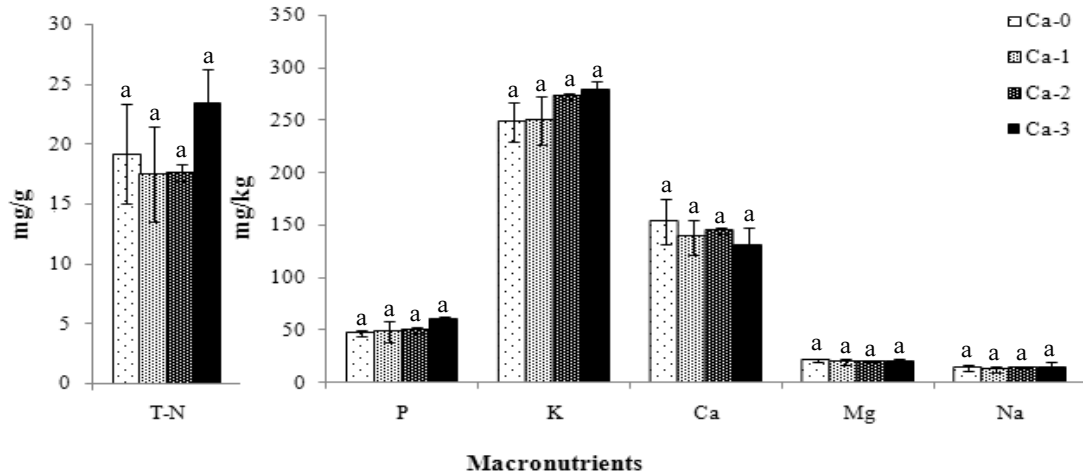


Fig. 2. Macronutrient content in Chinese cabbage.

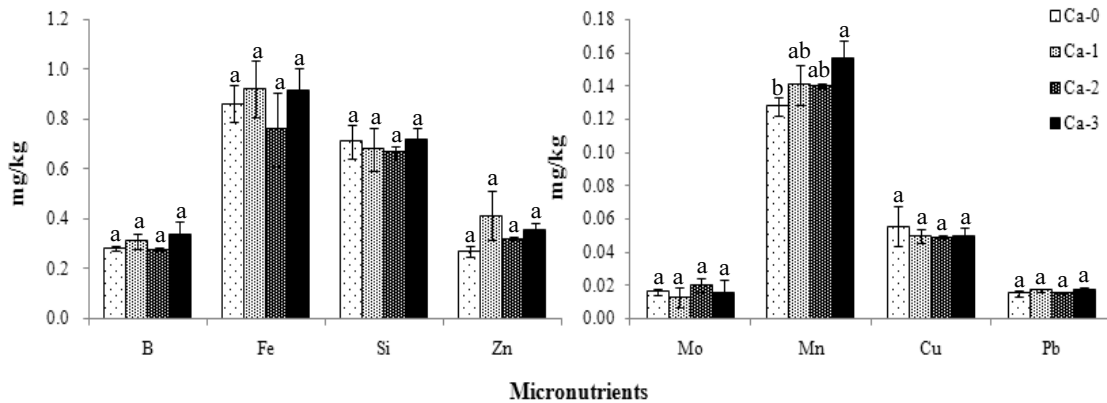


Fig. 3. Micronutrient content in Chinese cabbage.

3. Glucosinolate 정량

배추 내 총 GSL 함량은 무처리구가 11.95로 Ca-1 적량구 17.02, Ca-2 배량구 19.63, Ca-3 배량구 17.11 $\mu\text{mol/g}$ dry weight, DW인 것에 비해 상대적으로 낮았다. 4-methoxy-glucobrassicin과 토끼 집단에서 갑상선종(goiter)을 유발하는 것으로 알려진(Webster and Chesney, 1930) progoitrin, 항암효과가 있는 것으로 알려진 gluconasturtiin은 생석회 추비량이 증가할수록 함량도 증가하는 경향을 보였다. 쥐의 발암물질 양의 감소와 증식 억제 효과가 관찰된(Zhang and Talalay, 1994) gluconapin, 4-hydroxyglucobrassicin, glucobrassicinapin의 함량은 Ca-0 무처리구에서 Ca-2 배량구까지 증가하다 Ca-3 배량구에서 감소하는 경향을 보였다 (Table 3). Aliphatic GSLs (gluconapin, glucobrassicinapin)

의 함량은 Ca-0에서 Ca-2까지 증가하다가 Ca-3에서 감소하였고, aromatic GSL (gluconasturtiin)와 indolyl GSLs (glucobrassicin, neoglucobrassicin, 4-methoxyglucobrassicin, 4-hydroxyglucobrassicin)의 함량은 생석회 추비량과 비례하여 증가하였다.

IV. 결론

‘불암 플러스’ 배추를 생석회 시비량을 달리하여 유리온실에서 포토재배 한 후 파종 14일 후 생석회를 1주일 간격으로 8회 처리하여 배추 내 무기이온과 GSL를 조사하였다. 생석회 처리는 배추 시비 기준을 따라 Ca-0 무처리구, Ca-1 적량구(0.28 g), Ca-2 배량구(0.56 g), Ca-3 배량구(0.84 g)로 처리하였다. 배추의 구중과 엽장, 엽폭, 외엽수는 대체적으로 Ca-2 배량구에서 높게 나타났고 Ca-0 무처리구에서 낮게 나타났다. 배추 내 다량원소 함량에서 T-N은

Table 3. Glucosinolate contents in Chinese cabbage ($\mu\text{mol/g DW}$) ($n=3$).

Trivial names	Treatments			
	Ca-0	Ca-1	Ca-2	Ca-3
Progoitrin	1.77±0.85 a	1.92±0.40 a	2.24±0.68 a	2.79±0.54 a
Glucoalyssin	0.33±0.07 a	0.47±0.19 a	0.38±0.00 a	0.47±0.11 a
Gluconapoleiferin	0.83±0.73 a	0.54±0.65 a	0.43±0.24 a	0.97±0.39 a
Gluconapin	0.76±0.22 a	3.15±2.89 a	3.58±1.51 a	1.33±0.51 a
4-Hydroxyglucobrassicin	0.14±0.13 a	0.15±0.17 a	0.35±0.01 a	0.09±0.16 a
Glucobrassicinapin	2.14±0.81 a	4.21±2.46 a	5.71±0.86 a	2.33±2.09 a
Glucobrassicin	1.20±0.36 a	1.02±0.19 a	1.09±0.06 a	1.30±0.16 a
4-Methoxyglucobrassicin	2.99±0.46 b	3.37±0.37 ab	3.61±0.99 ab	4.62±0.56 a
Gluconasturtiin	0.68±0.27 a	0.95±0.24 a	1.07±0.23 a	1.16±0.33 a
Neoglucobrassicin	1.10±0.50 a	1.25±0.88 a	1.17±0.02 a	2.06±0.19 a
Total	11.95±2.42 b	17.02±3.96 ab	19.63±2.26 a	17.11±2.52 ab

Ca-0 무처리구에서 Ca-1 적량구까지 감소하다 Ca-2 배량구에서 Ca-3 배량구까지 증가하는 U자 곡선을 나타냈다. P와 K 함량은 Ca-0 무처리구에서 Ca-3 배량구까지 증가하는 경향을 보였다. Ca는 Ca-0 무처리구에서 가장 높았고 Ca-3 배량구에서 가장 낮게 나타나 생석회 추비량은 배추 내 Ca 함량에 큰 영향을 미치지 않았다. Ca와 길항작용을 하는 것으로 알려진 Mg는 변화값이 없었다. Na은 Ca-1 적량구까지 감소하다 Ca-2 배량구부터 Ca-3 배량구까지 증가하였다. 미량원소 함량은 B (0.28 - 0.34), Fe (0.83 - 0.92), Mo (0.01 - 0.02), Mn (0.13 - 0.16), Si (0.68 - 0.72), Cu (0.05 - 0.06), Zn (0.27 - 0.41), Pb (0.02 - 0.02 mg/Kg DW)로 관찰되었고 As, Cd, Ni은 거의 검출되지 않았다. GSL 함량은 progoitrin, 4-methoxyglucobrassicin, gluconasturtiin은 생석회 추비량이 많을수록 증가하는 경향을 보였다. Gluconapin, 4-hydroxyglucobrassicin, glucobrassicinapin은 Ca-0 무처리구에서 Ca-2 배량구까지 증가하다 Ca-3 배량구에서 감소하는 경향을 보였다. Aliphatic GSLs 함량은 Ca-0에서 Ca-2까지 증가하다가 Ca-3에서 감소하였고, aromatic, indolyl GSLs 함량은 생석회 추비량과 비례하여 증가하였다. 총 GSL 함량은 생석회 처리구들이 평균 17.92로 Ca-0 무처리구 11.95 $\mu\text{mol/g DW}$ 에 비해 약 50% 높아 생석회 추비가 배추 내 GSL 함량에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부·해양수산부·농촌진흥청·산림청 Golden Seed 프로젝트 사업 (311022-05-5-SB020)에 의해 이루어진 것임.

참고 문헌

Bartz JA, Locascio SJ, Weingartner DR. 1992. Calcium and potassium fertilization of potatoes grown in North Florida. II. Effect on the bacterial soft rot potential in the tubers. *American Journal of Potato Research* 69:39-50.

Broadley MR, White PJ. 2010. Eats roots and leaves. Can edible horticultural crops address dietary calcium, magnesium and potassium deficiencies?. *Proceedings of The Nutrition Society* 69:601-612.

Clarke DB. 2010. Glucosinolates, structures and analysis in food. *Analytical Methods* 2(4):301-416.

Cother EJ, Cullis BR. 1992. The influence of tuber position on periderm calcium content and its relationship to soft rot susceptibility. *Potato Research* 35:271-277.

Hara T, Sonoda Y. 1979. The role of macronutrients in cabbage-head formation. *Soil Science and Plant Nutrition* 25:113-120.

International Standards Organization (ISO). 1992. Rapeseed: determination of glucosinolates content - Part 1: Method using high performance liquid chromatography, ISO 9167-1:1992. Geneva, Switzerland. pp. 1-9.

Jang EJ, Kim BJ, Jang YA, Kim JK. 2002. Temporal relationship between calcium concentration in nutrient solution and susceptibility of chinese cabbage to soft rot. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 20:48. [in Korean]

- Jang YH, Lee SH, Lee KS, 2012. Effects of chelate-Ca foliar treatments on leaf calcium concentration, yield and growth of lettuce, Korean Society of Soil Science and Fertilizer 12: 198. [in Korean]
- Kim BS, Yeoung YR. 2004. Suppression of bacterial soft rot on chinese cabbage by calcium fertilizer treatment. Research in Plant Disease 10(1):82-85. [in Korean]
- Kim SJ, Kawaharada C, Ishii G, 2006. Effect of ammonium: nitrate nutrient ratio on nitrate and glucosinolate contents of hydroponically-grown rocket salad (*Eruca sativa* Mill.). Soil Science and Plant Nutrition 52:387-393.
- Ku KH, Sunwoo JY, Park WS, 2005. Effects of ingredients on the its quality characteristics during kimchi fermentation. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 34:267-276. [in Korean]
- Lee JS, Sung K, Park SH, Cho DU. 2012. Effect of N, K and P fertilizer rates and method of application on growth of chinese cabbage (*Brassica campestris* L. var. *pekinensis*). Journal of Agriculture Science Research 28(1):7-10. [in Korean]
- Mcguire RG, Kelman A. 1984. Reduces severity of erwinia soft rot in potato tubers with increased calcium content. Phytopathology 74:1250-1256.
- Park SH, Gang HJ, Chinese cabbage - GAP (Good Agricultural Practices) standard cultural guideline. Rural Development Administration Gardening Research Institute Vegetable Department. 2006. Suwon, Korea. pp. 61-62.
- Song L, Thornalley PJ. 2007. Effect of storage, processing and cooking on glucosinolate content of Brassica vegetables. Food and Chemical Toxicology 45:216-224.
- Stoewsand GS. 1995. Bioactive Organosulfur Phytochemicals in *Brassica oleracea* Vegetables A Review. Food and Chemical Toxicology 33(6):537-543.
- Sung JM, Lim JH, Kim SI, Jeong JW. 2009. Effect of mashed red pepper admixed with various freezing point depression agents on the quality characteristics of kimchi. Korean Journal of Food Preservation 16:861-868. [in Korean]
- Vallejo F, Toma's-Barbera'n FA, Gonzalez Benavente-García A, García-Viguera C. 2003. Total and individual glucosinolate contents in inflorescences of eight broccoli cultivars grown under various climatic and fertilisation conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture 83:303-307.
- Webster B, Chesney AM. 1930. Studies in the etiology of simple goiter. The American Journal of pathology 6(3): 275-284.
- Zhang Y, Talalay T. 1994. Anticarcinogenic Activities of Organic Isothiocyanates: Chemistry and Mechanisms. Cancer Research 54:1977-1981.