



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](#)

석사학위논문

칼슘과 마그네슘 처리가
민트(*Mentha* spp.)의 생육 및
무기성분 함량에 미치는 영향

제주대학교 대학원

원예학과

김 정 현

2018년 8월

칼슘과 마그네슘 처리가 민트(*Mentha* spp.)의 생육 및 무기성분 함량에 미치는 영향

지도교수 강 훈

김 정 현

이 논문을 농학 석사학위 논문으로 제출함.

2018년 8월

김정현의 농학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 ----- ㉠

위 원 ----- ㉠

위 원 ----- ㉠

제주대학교 대학원

2018년 8월

Calcium and magnesium level affected plant
growth and essential elements
of mint plant(*Mentha* spp.)

Jung Hyun Kim

(Supervised by professor Hoon Kang)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement
for the degree of Master of Science in Agriculture

2018. 8.

This thesis has been examined and approved.

Department of Horticultural Science
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

목 차	i
List of Tables	iv
Abstract	v

I. 서언

1. <i>Mentha</i> spp.의 특성 및 효용성	3
1.1 페퍼민트(<i>Mentha piperita</i> L.)의 특성 및 효용성	4
1.2 스피아민트(<i>Mentha spicata</i> L.)의 특성 및 효용성	5
1.3 애플민트(<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.)의 특성 및 효용성	6
2. 칼슘(Ca, Calcium)과 마그네슘(Mg, Magnesium)의 특성	
2.1 칼슘(Ca, Calcium)의 특성	7
2.2 마그네슘(Mg, Magnesium)의 특성	8

II. 재료 및 방법

1. <i>Mentha</i> spp.의 양액처리	11
2. <i>Mentha</i> spp.의 생육조사	14
3. <i>Mentha</i> spp.의 공시액 제조	14
4. <i>Mentha</i> spp.의 무기성분 함량 분석	14
5. <i>Mentha</i> spp.의 통계처리	14

III. 결과 및 고찰

1. 배양액에 따른 <i>Mentha</i> spp.의 형태학적인 생육 상태	
1.1 칼슘(Ca)처리에 의한 페퍼민트(<i>Mentha piperita</i> L.)의 형태학적인 생육상태	16
1.2 마그네슘(Mg)처리에 의한 페퍼민트(<i>Mentha piperita</i> L.)의 형태학적인 생육상태	17
1.3 칼슘(Ca)처리에 의한 스피아민트(<i>Mentha spicata</i> L.)의 형태학적인 생육상태	20
1.4 마그네슘(Mg)처리에 의한 스피아민트(<i>Mentha spicata</i> L.)의 형태학적인 생육상태	

.....	21
1.5 칼슘(Ca)처리에 의한 애플민트(<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.)의 형태학적인 생육상태	23
1.6 마그네슘(Mg)처리에 의한 애플민트(<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.)의 형태학적인 생육상태	24
2. 배양액에 따른 무기성분 함량	
2.1. 칼슘(Ca) 및 마그네슘(Mg) 처리에 의한 페퍼민트(<i>Mentha piperita</i> L.)의 무기성분 함량(%)	26
2.2. 칼슘(Ca) 및 마그네슘(Mg) 처리에 의한 스피아민트(<i>Mentha spicata</i> L.)의 무기성분 함량(%)	28
2.3. 칼슘(Ca) 및 마그네슘(Mg) 처리에 의한 애플민트(<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.)의 무기성분 함량(%)	30
3. <i>Mentha</i> spp.의 칼슘(Ca)/마그네슘(Mg), 칼륨(K)/마그네슘(Mg) 및 칼륨(K)/칼슘(Ca)의 비율	
3.1 <i>Mentha</i> spp.의 칼슘(Ca)/마그네슘(Mg) 비율	32
3.2 <i>Mentha</i> spp.의 칼륨(K)/마그네슘(Mg) 비율	34
3.3 <i>Mentha</i> spp.의 칼륨(K)/칼슘(Ca)의 비율	35
4. <i>Mentha</i> spp.의 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)의 무기성분 함량($\mu\text{g g}^{-1}$)	
4.1 페퍼민트(<i>Mentha piperita</i> L.)의 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)의 무기성분 함량 ($\mu\text{g g}^{-1}$)	37
4.2 스피아민트(<i>Mentha spicata</i> L.)의 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)의 무기성분 함량($\mu\text{g g}^{-1}$)	38
4.3 애플민트(<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.)의 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)의 무기성분 함량($\mu\text{g g}^{-1}$)	39
IV. 적 요	41
V. 참고문헌	42

List of Tables

1. Chemical composition of nutrient solutions used in the experiment.	12
2. Ca/Mg, Mg/K and K/Ca ratios of <i>Mentha</i> spp. by mineral contents used in the experiment.	13
3. Morphological characteristics of peppermint(<i>Mentha piperita</i> L.) under different calcium(Ca) and magnesium(Mg) nutrient solution levels.	19
4. Morphological characteristics of spearmint(<i>Mentha spicata</i> L.) under different calcium(Ca) and magnesium(Mg) nutrient solution levels.	22
5. Morphological characteristics of applemint(<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.) under different calcium(Ca) and magnesium(Mg) nutrient solution levels.	25
6. Comparison with mineral contents of peppermint(<i>Mentha piperita</i> L.) grown in nutrient solution with different calcium(Ca) and magnesium(Mg) levels.	27
7. Comparison with mineral contents of spearmint(<i>Mentha spicata</i> L.) grown in nutrient solution with different calcium(Ca) and magnesium(Mg) levels.	29
8. Comparison with mineral contents of applemint(<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.) grown in nutrient solution with different calcium(Ca) and magnesium(Mg) levels.	31
9. Ca/Mg, Mg/K and K/Ca ratios of <i>Mentha</i> spp. by mineral contents.	36
10. Calcium(Ca) and magnesium(Mg) contents in the analyzed <i>Mentha</i> spp.	40

ABSTRACT

Studies on the specific nutritional requirements of *Mentha* spp. suitable to the climate of each country have been studied from a long time ago around the world. As a result, it was revealed that the change of the nutrient solution depending on the concentration of nitrogen(N), phosphorus(P) and potassium(K) affects the growth of *Mentha* spp. Therefore, the concentrations of nitrogen(N), phosphorus(P) and potassium(K) were fixed in this experiment and treated differently in the nutrient solution of calcium(Ca) and magnesium(Mg).

Peppermint(*Mentha piperita* L.), spearmint(*Mentha spicata* L.) and apple mint(*Mentha suaveolens* Ehrh.) were treated at 0.5me L⁻¹, 1me L⁻¹, 2me L⁻¹, 4me L⁻¹ and 6me L⁻¹ of calcium(Ca) and magnesium(Mg) nutrient solution, respectively. After 7 weeks of nutrient solution treatments, the morphological growth and mineral content of each plant were measured. Based on the mineral content of each plant, the contents of calcium(Ca)/magnesium(Mg), potassium(K)/magnesium(Mg) and potassium(K)/calcium(Ca) ratios was confirmed.

The morphological growth conditions of peppermint(*Mentha piperita* L.) were the best in Ca 1me L⁻¹ and Mg 0.5me L⁻¹. Spearmint(*Mentha spicata* L.) showed the highest Ca 1me L⁻¹, Mg 0.5me L⁻¹ and Mg 6me L⁻¹, respectively. Apple mint(*Mentha suaveolens* Ehrh.) were highest in Ca 1me L⁻¹ and Mg 1me L⁻¹.

The Ca/Mg, K/Mg and K/Ca ratios of *Mentha* spp. were the best when Ca/Mg ratio was in the range of 1.33:1-1.62:1 except for peppermint(*Mentha piperita* L.) and spearmint(*Mentha spicata* L.) by magnesium(Mg) treatment. The K/Mg and K/Ca ratios were high in the range of 5.82:1-6.73:1 and 3.72:1-4.50:1, respectively.

The calcium(Ca) content of the *Mentha* spp. with the best morphological

growth state was 6640-11027 $\mu\text{g g}^{-1}$ and the content of magnesium(Mg) was within the range of 3717-8560 $\mu\text{g g}^{-1}$.

As a result, the most suitable calcium(Ca) and magnesium(Mg) concentrations for morphological growth of *Mentha* spp. were Ca 1me L⁻¹, Mg 0.5me L⁻¹ and Mg 1me L⁻¹.

I. 서 언

푸른 풀을 의미하는 라틴어 '허바(herba)'에 어원을 두고 있는 허브는 잎이나 줄기가 식용 및 약용으로 쓰이거나 향과 향미로 이용되는 식물이다(농식품백과사전, 2018). 역사적인 관점에서 다양한 문화의 사람들이 생명을 유지해나가는데 쓰였던 식물과 그렇지 않은 식물로 분류를 한다(Bremness, 1997)면 허브는 전자에 속한다. Bremness(1997)는 허브라 불리는 식물을 형태학적으로 분류하기보단 문화적인 범주에서 인식해도 무방하다고 보았다. Owen(2002)은 사용자의 관심 분야에 따라 허브를 식품과 의약품의 주요 공급원으로서 다양하게 정의 내릴 수 있다고 언급했다. 따라서 강심제의 원료로 사용되는 여러해살이풀인 디지털리스(*Digitalis purpurea*)부터 발열완화에 효과적인 살리실산(salicylic acid)을 공급하는 교목인 흰버들(*Salix alba*)까지 다양한 식물들을 허브라 분류할 수 있다(Craig, 1999).

인류의 역사에 허브의 등장은 BC 5000년경으로 거슬러 올라간다. 당시 수메르 문명의 사람들은 건강을 위해 백리향(*Thymus quinquecostatus*)을 사용하였으며 메소포타미아(BC 3000)의 농민들은 마늘(*Allium sativum*)을 재배한 것으로 알려져 있다(Bellamy and Pfister, 1992). 고대 이집트(BC 1,555)의 파피루스에는 고수(*Coridandrum sativum*), 회양목(*Buxus microphylla*), 주니퍼(*Juniperus* spp.), 커민(*Cuminum cyminum*), 마늘(*Allium sativum*) 및 백리향(*Thymus quinquecostatus*)의 사용이 언급되어 있으며(Block, 1986) 의학사에서 가장 중요한 인물 중 한 명이며 '의학의 아버지'라 불리는 히포크라테스(Hippocrates, BC 460-377)는 마늘(*Allium sativum*), 계피(*Cinnamomum verum*) 및 로즈메리(*Osmarinum officinalis*) 등을 활용하여 300개의 치료법을 개발했다(Bellamy and Pfister, 1992). AD 1 세기경, 그리스의 의사이자 식물학자이며 약리학자였던 페다니우스 디오스코리데스(Pedanius Dioscorides, AD 40-90)는 600가지 허브를 포함하는 최초의 식물 전문서적 '약제학(*De Materia medica*)'을 출판하여 건강을 위해 식물을 선택, 저장 및 적용하는 방법을 설명했다(Tapsell et al., 2006).

현대에 이르러 다양한 허브들이 생물학적 활동을 하는 식물성 화학 물질을 함유하고 있어 치료 효과를 나타낼 수 있다는 과학적인 근거가 정립되었다. 인도사목

(*Rauwolfia serpentina*)에서 추출된 레서핀(reserpine)은 고혈압 치료에 효과가 있으며 에페드린(ephedrine)을 함유한 마황(*Ephedra*)은 천식 치료에 유용하다(Bruneton, 1995). 주목나무(*Taxus brevifolia*)의 수피와 잎에서 추출한 파크리탁셀(paclitaxel)은 항악성 종양제로서 긍정적으로 평가되고 있다(Cragg et al., 1993).

9세기경 전 신성로마제국의 황제였던 카롤루스 1세 마그누스(Carolus Magnus, 747-814)가 “허브는 의사의 친구이자 찬사 받을 음식”(“a herb is a friend of physicians and the praise of cooks”)이라 언급한 사실은 허브가 의학적인 효능 뿐 아니라 식재료로서도 훌륭하다는 점을 뒷받침한다(Tapsell et al., 2006). 요리전반에 걸쳐 사용되는 주요 허브에는 바질(*Ocimum basilicum*), 오레가노(*Origanum vulgare*), 마조람(*Origanum majorana*), 파슬리(*Petroselinum crispum*), 민트(*Mentha* spp.), 로즈메리(*Rosmarinus officinalis*), 타임(*Thymus vulgaris*), 세이지(*Salvia* spp.), 고수(*Coridandrum sativum*) 그리고 딜(*Anethum graveolens*) 등이 있다. 허브와 향신료가 들어있는 샐러드드레싱은 샐러드의 항산화 능력을 증가시킬 수 있어 마조람(*Origanum majorana*)의 경우 항산화능력(antioxidant capacity)을 200% 증가시키는 것으로 나타났다(Ninfali et al., 2005). 따라서 허브는 인체에 섭취되는 양분 및 생리활성물질의 생체이용률(bioavailability)을 높이는데 시너지 효과를 일으키는 역할도 한다(Tapsell et al., 2006).

1. *Mentha* spp.의 특성 및 효용성

Mentha spp.는 바질(*Ocimum basilicum*), 라벤더(*Lavandula angustifolia*) 및 로즈메리(*Rosmarinus officinalis*)등을 포함한 꿀풀과(Lamiaceae)에 속하는 다년생 식물로서 남극 및 남아메리카를 제외한 모든 대륙에서 보편적으로 발견된다(Lawrence, 2007). 세계에서 가장 오래된 허브 중 하나로 BC 1000년 고대 이집트, 그리스 그리고 로마에서 사용되었다는 기록이 남아 있다(Qing, 2002). *Mentha* spp.는 프랑스의 식물학자인 Antoine Laurent de Jussieu(1748-1836)에 의해 명명된 이래(Brahmi et al., 2017)로 3000개 이상의 이름으로 발표되었으나 대부분이 동의어(Lawrence, 2007)이며 현대에 이르러 형태학, 염색체 번호 및 주요 에센셜 오일 성분의 계통 발생 분석에 기초하여 18종과 11종의 잡종으로 정리되어 분류된다(Brahmi et al., 2017). *Mentha* spp.는 자성자웅이체성(gynodioecy, 雌性雌雄異體性)으로 교잡이 용이한 결과 다양한 배수체 잡종을 가져 분류 및 식별이 상당히 어렵다(Lawrence, 2007). 상업적으로 중요한 *Mentha* spp. 중 하나인 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)는 스피어민트(*Mentha spicata* L.)와 오데코롱 민트(*Mentha aquatica* L.)가 자연교잡된 것으로 알려져 있으며 스피어민트는(*Mentha spicata* L.)는 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)와 긴 박하(*Mentha longifolia* L.)의 자연교잡으로 발생했을 가능성이 크다(Tucker and Naczi, 2006). Smolik et al.(2007)은 다양한 *Mentha* spp.의 계통발생유사성을 분석한 결과 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)와 오데코롱 민트(*Mentha aquatica* L.)의 유사성은 53.3%, 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)와 스피어민트(*Mentha spicata* L.)의 유사성은 82.2%인 것을 확인하였다.

1.1 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 특성 및 효용성

페퍼민트(*Mentha piperita* L.)는 지중해 유역에서 처음 재배되어 1700년대 후반에 이르러 영국에서 상업적으로 재배되기 시작했다(Lawrence, 2007). 뿌리줄기의 다년생 허브로 30-90cm의 범위 내에서 직립형인 줄기와 다육질의 뿌리를 가지며 엽장은 4-9cm, 엽폭은 1.5-4cm로 비교적 넓은 잎이 대생으로 자라고 잎자루가 있다(Nawrocki, 2010). 타원형이며 말단이 뾰족한 형태로 톱니모양의 가장자리에 5-8쌍의 잎맥이 있으며 윗면이 짙은 녹색을 띤다(Nawrocki, 2010). 보랏빛 꽃은 종 모양으로 6-8mm 정도이며 잎겨드랑이에서 수상꽃차례로 핀다(Nawrocki, 2010).

10대 허브에 속하는(Chrysargyris et al., 2017) 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)는 향균, 살균, 항바이러스, 항산화제 및 항암제로 인정받고 있으며 구강 제제를 비롯하여 식품 및 관련 산업 분야에서도 수요 가치가 큰 것으로 평가된다(Valmorbidia and Boaro, 2007; Abe and Ohtani, 2012). 최대 15년 동안 생산성을 유지할 수 있으며 일장이 15시간 이상 지속되는 환경에서 재배하는 것을 권장한다(Langston and Leopold, 1954; Burbott and Loomis, 1967; Clark and Menary, 1980). 30-32°C 정도의 따뜻한 주간 온도와 12-13°C로 내려가는 시원한 야간온도는 쓴 맛을 주는 멘토포란(menthofuran)의 존재를 최소화하며 상품의 가치를 높인다(Hart et al., 2010). 최상의 토양 유형은 pH 6.0-7.5로서 습기를 많이 함유하고 있을수록 성장에 유리하다(Martin et al., 1976; Jackson et al., 1983).

현대에 이르러 지카열(zika virus), 뎅기열(Dengue fever) 및 말라리아(Swamp fever)와 같은 질병의 발생 억제를 위한 방충제로서 사용되기 위해 연구되고 있으며(Govindarajan et al., 2012) 카드뮴(Cd), 납(Pb) 등에 의해 오염된 토양에서 식물 체내에 중금속을 축적하지 않고 성장하는 능력이 밝혀져 식물환경조절자(phytoremediator)로서의 역할도 기대되고 있다(Zheljazkov and Margina, 1996).

1.2 스피아민트(*Mentha piperita* L.)의 특성 및 효용성

스피아민트(*Mentha piperita* L.)는 30-100cm의 범위에서 뿌리줄기로 자라는 다년생 허브로서 전체 줄기는 직립하며 털이 없는 사각형이다(Klinkenberg, 2010). 잎은 잎자루가 없어 줄기에 직접 잎을 붙이고 있으며 2-7cm의 엽장과 0.5-2.5cm의 엽폭을 가지며 끝이 뾰족하고 톱니가 있는 끝부분은 둥근 형태로 나타난다(Klinkenberg, 2010). 매끈한 줄기를 가지고 있으나 하부 줄기에는 많은 털을 가지며 꽃은 수상화서에서 백색 내지 연한 자색으로 핀다(Klinkenberg, 2010). 추출되는 정유는 바닐라와 감귤류 다음으로 유용한 향료(Telci et al., 2010)로 꼽히며 살충제(Kumar et al., 2011), 향균제(Scherer et al., 2013) 및 산화방지제(Ruberto et al., 2000)로 이용된다. 인도의 여러 지역에서 야생으로 자라 신선한 잎은 일반적인 엽채류와 비교하여 필수 무기원소인 철(Fe)과 마그네슘(Mg)을 높은 수준으로 함유하고 있는 것으로 밝혀졌으며(Arzani et al., 2007) 백리향(*Thymus vulgaris*), 세이지(*Salvia officinalis*), 로즈메리(*Rosmarinus officinalis*) 및 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)와 더불어 미국 식약청(FDA)이 인증한 안전한 식재료로 꼽힌다(Yi and Ywezstein, 2011).

1.3 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 특성 및 효용성

애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)는 최대 100cm까지 자라는 다년생 허브로서 달콤한 향기를 내며 직립한 줄기는 사각형으로 하얀색의 가늘고 부드러운 털이 뽁뽁이 감싸져 있다(Božović et al., 2015). 잎자루가 없고 줄기에 직접 잎이 붙어 있으며 엽장은 3-4.5cm, 엽폭은 2-4cm의 난원형으로 회색 또는 백색의 털이 나 있으며 흰색 또는 분홍빛이 도는 꽃은 수상화서로 핀다(Božović et al., 2015).

애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 원산지는 남서부 유럽이며 일반적으로 하천, 습지 및 습기가 많은 곳에서 발견된다(Oumzil et al., 2002). 지중해 지역에서 식욕 부진, 기관지염, 호흡기 질환, 피부 질환 및 염증 등 전통적인 민간요법에 사용되었다(Karousou et al., 2007). 현대에 이르러 플라보노이드(Zaidi et al., 1998; El-Kashoury et al., 2014)를 주요성분으로 가지고 있다는 사실이 밝혀져 진통제, 항염증제, 항진균제, 류마티즘 등과 관련된 연구에 사용되고 있다(Moreno et al., 2002; Karousou et al., 2007; El-Kashoury et al., 2014). 추출된 정유는 사람이나 동물에 기생하며 병을 유발하는 칸디다 균(candidacidal activity)(Pietrella et al., 2011; Stringaro et al., 2014) 및 바이러스(Civitelli et al., 2014)의 제거 활성에 영향을 주는 것으로 밝혀졌다.

2. 칼슘(Calcium)과 마그네슘(Mg)의 특성

2.1 칼슘(Ca, Calcium)의 특성

칼슘은 생물학적 체계에서 필수적인 요소로서 원형질 유동, 핵분열, 세포 분열, 세포판형성, 햇뿌리 및 꽃가루관의 극성에 따른 생장에 관여한다(Takagi and Nagai, 1983; Sakai-Wada and Yagi, 1993; Malho and Trewavas, 1996; Taylor and Hepler, 1997; Franklin-Tong, 1999; Eckardt, 2001; Plieth, 2001; Campanoni and Blatt, 2007). 식물체에 흡수된 대부분의 칼슘(Ca)은 세포벽과 액포에서 발견되며(Gilroy et al., 1993; Tian and Russell, 1997; Tian et al., 1998) 세포막 표면에서 인지질 및 단백질로 구성된 카르복실기 그룹과 인산과의 교량역할을 하여 막 구조를 유지한다(Legge et al., 1982; Duzgunes and Papahadjopoulos, 1983). Huang et al.(2010)은 피나타 라벤더(*Lavandula pinnata*)에 칼슘차단제인 니페르딘(Nif)과 칼슘 이온 킬레이터(EGTA)를 처리하여 세포벽의 섬유질 구조가 느슨해지는 것을 확인하였다. 또한 각피의 하층 공간 및 인접한 세포벽의 칼슘(Ca) 농도가 피나타 라벤더(*Lavandula pinnata*)의 정유 생산에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 칼슘을 제거하면 정단 분열 조직의 세포가 급속하게 괴사하고 생장이 중지되며(Epstein, 1972; Gilroy et al., 1993) 낮은 이동성으로 인해 오래된 잎보다 어린잎이 영향을 받아 슈트의 윗부분은 황녹색을 보이며 하부는 짙은 녹색을 띠게 된다(Stulen et al., 2000).

2.2 마그네슘(Mg, Magnesium)의 특성

마그네슘(Mg)은 에너지 전달에 관여하는 ATP를 이용하는 효소의 활성화에 필요하며(Evans and Sorger, 1966) 식물체내에서 전체 함량 중 15-30%가 엽록소 분자의 구성 요소 및 엽록체의 정상적인 구조적 발달(Thoaison and Weier, 1962; Hall et al., 1972)에 사용된다. 마그네슘(Mg) 처리에 의한 마조람(*Origanum majorana*)의 생체중은 Mg 0.75-1.5mmol L⁻¹범위에서 높게 나타났으나(Cheol et al., 2001) 건물중은 1.5mmol L⁻¹ 처리에서 가장 높았는데 이는 생장 단계에서 엽록소 함량이 마그네슘(Mg)농도의 증가와 관련되어있는 것을 보여준다. El-Wahab et al.(2007)은 아지웨인(*Trachyspermum ammi* L.)에서 마그네슘(Mg) 처리에 의해 잎 색소들의 향상된 반응을 확인할 수 있었다. 마그네슘(Mg)은 막 통로와 수용체 단백질을 조절하는 보조인자(Kirkby and Mengel, 1976; Black and Cowan, 1995; Marschner, 1995) 및 단백질 안정화를 위한 구조적인 역할(White and Hartzell, 1989; Matsuda, 1991)을 수행하며 DNA와 RNA의 배치(Ochiai E, 1987; Horlitz and Klaff, 2000), 잎의 수분함량과 관련된 다양한 생리학적 측면(Rao et al., 1987; Carvaja et al., 1999)에 영향을 준다.

미토콘드리아(Marinos, 1963)와 같은 다른 세포 소기관에도 필요한 마그네슘(Mg)의 부족은 광합성과 호흡에 있어 악영향을 준다(Peaslee and Moss, 1966; Bottrill et al., 1970). 결핍증상은 잎에서 전분의 축적으로 먼저 표현되며(Shear and Faust, 1980) 전체적인 식물체로의 탄수화물 분배가 억제되어 식물 생장이 저해된다(Fischer Eand Bremer 1993). 높은 이동성으로 인해 오래된 잎(Shear and Faust, 1980; Mehne-Jakobs, 1995; Meerow, 2000)의 끝 부분이 퇴색되고 황화되는 것을 관찰할 수 있다.

전 세계적으로 각 나라의 기후에 적합한 *Mentha* spp.에 대한 특정 영양 요구량을 이해하기 위한 연구는 오랫동안 이루어졌으며 질소(N), 인(P), 칼륨(K)의 농도를 달리하여 재배한 결과 배양액의 일련의 변화는 *Mentha* spp.의 생장을 간접한다는 사실을 확인하였다(Huettig, 1969; Jackson et al., 1983; Mitchell A, 1996; Valmorbida and Boaro, 2007). 따라서 본 실험에서는 질소(N), 인(P), 칼륨(K)의 농도는 일정하게 고정하여 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)의 배양액 처리농도만 다양하

게 변화를 주었다. 이를 통해 페퍼민트(*Mentha piperita* L.), 스피아민트(*Mentha spicata* L.) 그리고 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 형태학적인 생육 상태와 각 식물체들의 무기성분 함량을 확인하고자 한다. 또한 칼슘(Ca)/마그네슘(Mg), 칼륨(K)/마그네슘(Mg) 그리고 칼륨(K)/칼슘(Ca)의 비율이 각각의 *Mentha* spp.의 생육상태에 미치는 영향을 이해하기 위해 진행되었다.

II. 재료 및 방법

실험에 사용된 페퍼민트(*Mentha piperita* L.), 스피아민트(*Mentha spicata* L.) 그리고 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)는 전라북도 남원시에 위치한 ‘인허브’ 농장에서 2017년 4월에 분양받았다. 실험은 제주대학교 감귤 화훼과학기술센터 유리온실에서 이루어졌으며 지름 14cm 화분에 혼합상토(Sunshine Mix#4, EC 0.8, pH 5.0~7.0, perlite, peat moss, gypsum, dolomitic lime)를 채워 재배하였다. 배양액 처리 전 페퍼민트(*Mentha piperita*), 스피아민트(*Mentha spicata*) 그리고 애플민트(*Mentha suaveolens*)의 평균초장은 각각 6.1cm, 14.6cm, 17.0cm, 평균 엽장은 3.22cm, 4.96cm, 3.5cm 그리고 평균 엽폭은 1.72cm, 2.6cm, 1.88cm이었다.

1. *Mentha* spp.의 양액처리

배양액처리는 2017년 4월 25일부터 6월 20일까지 7주 동안 진행되었으며 실험기간 중 최고온도는 $31.7 \pm 2.6^\circ\text{C}$, 최저온도는 $19.8 \pm 1.7^\circ\text{C}$ 이었다. 생장에 적합한 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)의 배양액농도를 확인하는 실험을 진행하기 위해 Table 1에서 보는 바와 같이 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg) 그리고 배양액 내의 이온 평형을 조정하기 위해 나트륨(Na)의 농도수준만 변화시켜 처리하였다. 배양액처리에 사용된 무기성분은 NH_4NO_3 , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 그리고 NaNO_3 로서 총 30me L^{-1} 이었다. 각 식물체에 처리 시 배양액의 침전물이 생기지 않도록 충분히 섞은 후 사용하였으며 심지관수(Son et al., 2000)로 공급되었다.

배양액 처리 후 각 식물체의 무기성분 분석 시 나타나는 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg) 그리고 칼륨(K)간의 적절한 비율을 확인하기 위해 Table 2에는 배양액의 칼슘(Ca)/마그네슘(Mg), 칼륨(K)/마그네슘(Mg) 그리고 칼륨(K)/칼슘(Ca)의 비율을 정리하였다.

Table 1. Chemical composition of nutrient solutions used in the experiment.

<i>Mentha</i> spp.																	
Ca (me L ⁻¹)	Ion concentration (me L ⁻¹)								Mg (me L ⁻¹)	Ion concentration (me L ⁻¹)							
	N		P	K	Ca	Mg	S	Na		N		P	K	Ca	Mg	S	Na
	NO ₃	NH ₄								NO ₃	NH ₄						
0.5 ^z	12	3	2	4	0.5	2	1	5.5	0.5 ^z	12	3	2	4	2	0.5	1	5.5
1	12	3	2	4	1	2	1	5	1	12	3	2	4	2	1	1	5
2	12	3	2	4	2	2	1	4	2	12	3	2	4	2	2	1	4
4	12	3	2	4	4	2	1	2	4	12	3	2	4	2	4	1	2
6	12	3	2	4	6	2	1	0	6	12	3	2	4	2	6	1	0

^z Each solution contained 40.0mM FeSO₄·7H₂O, 4.0mM ZnSO₄·7H₂O, 20mM H₃BO₃, 0.5mM CuSO₄·5H₂O, 10mM MnSO₄·H₂O, 0.5mM NaMoO₄·2H₂O.

Table 2. Ca/Mg, Mg/K and K/Ca ratios of *Mentha* spp. by mineral contents.

<i>Mentha</i> spp.							
Ca (me L ⁻¹)				Mg (me L ⁻¹)			
	Ca / Mg	K / Mg	K / Ca		Ca / Mg	K / Mg	K / Ca
0.5 ^z	0.25 : 1	2 : 1	8 : 1	0.5 ^z	4 : 1	8 : 1	2 : 1
1	0.5 : 1	2 : 1	4 : 1	1	2 : 1	4 : 1	2 : 1
2	1 : 1	2 : 1	2 : 1	2	1 : 1	2 : 1	2 : 1
4	2 : 1	2 : 1	1 : 1	4	0.5 : 1	1 : 1	2 : 1
6	3 : 1	2 : 1	0.66 : 1	6	0.33 : 1	0.66 : 1	2 : 1

^z See Table 1.

2. *Mentha* spp.의 생육조사

칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)의 배양액 처리 농도가 다른 5개의 처리구에서 5개체 중 3개체를 선정하여 초장(shoot length), 엽장(leaf length), 엽폭(leaf width), 생체중(fresh weight) 및 건물중(dry weight)을 조사하였다. 엽장과 엽폭은 중간 크기의 잎들을 측정하였으며 건물중은 각 시료를 60°C에서 48시간 이상 건조 후 파쇄하여 측정하였다.

3. *Mentha* spp.의 공시액 제조

화학적 분석에 사용할 공시액 제조를 위해 건조 시료 0.5g이 들어있는 삼각 플라스크에 5ml씩 황산(H₂SO₄)을 넣고 80°C로 설정한 heating block에서 30분간 처리하였다. 이 후 온도를 110-120°C로 올려 6회에 걸쳐 과산화수소(H₂O₂) 0.5ml를 넣었으며 최종적으로 150°C까지 올려 1ml씩 과산화수소(H₂O₂)를 첨가하여 시료액이 투명해질 때까지 분해시켰다. 완전히 식은 삼각플라스크 내의 시료액을 증류수로 반복 세척하여 100ml의 메스플라스크에 넣어 희석하였으며 시료액을 여과한 후 50ml씩 넣어 보관하였다.

4. *Mentha* spp.의 무기성분 함량 분석

질소(N)는 10mL의 공시액을 kjeldahl법으로 분석하였으며 인(P), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg) 그리고 나트륨(Na)의 측정은 유도결합플라즈마 분광분석법(Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy, ICP-OES, Horiba Jobin Yvon SAS, Japan)으로 측정하였다.

5. *Mentha* spp.의 통계처리

모든 실험은 처리 당 5반복, 실험구 배치는 난괴법으로 수행되었다. 통계분석은 IBM SPSS Statistics v25(IBM, Inc., NY, USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test($P \leq 0.05$)를 통해 처리 당 유의성을 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 배양액에 따른 *Mentha* spp.의 형태학적인 생육 상태

7주 동안 5단계로 구분된 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg) 배양액을 처리한 후 페퍼민트 (*Mentha piperita* L.), 스피아민트(*Mentha spicata* L.) 그리고 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 초장, 엽장, 엽폭, 생체중 및 건물중을 측정하였다. 이를 통해 *Mentha* spp.의 생육상태 및 생장에 가장 적합한 배양액농도를 확인할 수 있었다.

1.1 칼슘(Ca)처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 형태학적인 생육상태

칼슘(Ca)처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 초장은 Ca 0.5me L⁻¹로 처리한 개체를 제외한 Ca 1me L⁻¹-6me L⁻¹에서 86.6-88.6cm범위에 있었다. 엽장은 Ca 2me L⁻¹에서 11.3cm로 가장 길었으나 유의성은 인정되지 않았고 엽폭은 Ca 0.5me L⁻¹에서 4.6cm로 유의성이 인정되었다. 생체중은 Ca 1me L⁻¹에서 302.8g으로 다른 처리구들과의 유의성이 인정되었으나 건물중은 53.1g으로 유의성이 인정되지 않았다.

Silva et al.(2014)은 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 칼슘(Ca) 결핍에 따른 증상이 배양액 처리 후 15일 이후에 슈트계의 생장이 저해되면서 나타나기 시작하는 것을 관찰하였다. 전반적으로 광범위한 괴사와 어린잎의 낙엽화, 눈 마름과 줄기 썩음이 나타났으며 초장 및 엽면적의 생장에 영향을 미쳤으나 줄기의 직경에는 결핍에 의한 증상이 나타나지 않았다.

Barroso et al.(2005)은 어린 티크(*Tectona grandis*)에서 칼슘(Ca)의 결핍으로 인한 잎맥의 황화, 잎 말림, 잎의 괴사를 관찰하였으며 Santos et al.(2004)은 피마자(*Ricinus communis* L.)에서 칼슘(Ca)의 결핍으로 인한 말단 잎의 경화현상이 나타난 것을 확인하였다.

본 실험에서는 Ca 0.5me L⁻¹로 처리한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)에서 초장과 건물중의 값이 다른 처리구에 비해 조금 낮았으나 위와 같은 결핍증상은 관찰할 수 없었다.

칼슘(Ca)처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 생육상태는 Ca 1me L⁻¹처리에서 생육상태가 가장 높게 나타났다(Table 3).

1.2. 마그네슘(Mg)처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 형태학적인 생육 상태

마그네슘(Mg)처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 초장은 Mg 0.5me L⁻¹ 처리구에서 82.3cm으로 높았으나 유의성은 인정되지 않았고 엽장 및 엽폭은 11.3cm 및 4.5cm로 높게 나타나 유의성이 인정되었다(Table 3). Mg 6me L⁻¹ 처리구의 생체중과 건물중은 각각 193.9g, 43.2g로서 처리구들 중 가장 높은 값이었으나 유의성은 인정되지 않았다(Table 3).

Khalid et al.(2009)은 토양시비로 타임(*Tymus vulgaris* L.)에 마그네슘(Mg)을 각각 59.5kg ha⁻¹, 119kg ha⁻¹, 178kg ha⁻¹처리한 결과 첫 해와 두 번째 해의 생체중 및 건물중이 119kg ha⁻¹를 처리하였을 때 가장 높게 나타난 것을 확인하였고 엽면시비로 타임(*Tymus vulgaris* L.)에 마그네슘(Mg)을 각각 10g L⁻¹, 20g L⁻¹, 30g L⁻¹처리한 결과 첫 해와 두 번째 해의 생체중 및 건물중이 20g L⁻¹에서 가장 높게 나타난 것을 확인하였다.

Thoaison et al.(1962)과 Bottrill et al.(1970)은 각각 강낭콩(*Phaseolus vulgaris* L.)과 시금치(*Spinacia oleracea*)에서 마그네슘(Mg)의 시비는 식물체의 생장 매개 변수의 증가를 반영하여 분자 구조, 효소 활성 및 단백질 합성에 중요하다는 결론을 내렸다.

본 실험에서는 마그네슘(Mg)처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 엽장 및 엽폭을 포함하여 조사된 전 부위에서 Mg 0.5me L⁻¹처리에 의한 형태학적인 생육상태가 가장 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다(Table 3).

Silva et al.(2014)은 마그네슘(Mg)을 무처리하여 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)를 재배에 한 결과 마그네슘(Mg)의 결핍현상이 처리 27일 후부터 나타나는 것을 확인하였다. 엽맥의 황화, 잎의 말단과 엽연에서 짙은 녹색 빛깔이 나타났으며 초장, 엽면적 및 줄기의 직경이 감소하였다. Santos et al.(2004)은 사료용 보리와 옥수수 줄기의 하적부위 및 건물중의 감소가 마그네슘(Mg) 결핍에 기인한 것으로 해석하였다.

본 실험에서는 Mg 0.5me L⁻¹처리에 의한 생육상태가 높게 나타나 마그네슘 결핍에 의한 현상을 확인할 수 없었다(Table 3).

칼슘(Ca) 및 마그네슘(Mg) 처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 생육상태는 마그네슘(Mg)보다 칼슘(Ca)의 배양액 농도를 달리하였을 때 생육상태가 더 좋았으며 엽폭은 다소 적으나 Ca 1me L⁻¹의 배양액이 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 생육에 가장 적합한 농도로 보인다(Table 3).

Table 3. Morphological characteristics of peppermint(*Mentha piperita* L.) under different calcium(Ca) and magnesium(Mg) nutrient solution levels.

Peppermint (<i>Mentha piperita</i> L.)											
Ca (me L ⁻¹)	Shoot	Leaf	Leaf	Fresh	Dry	Mg (me L ⁻¹)	Shoot	Leaf	Leaf	Fresh	Dry
	length(cm)	length(cm)	width(cm)	weight(g)	weight(g)		length(cm)	length(cm)	width(cm)	weight(g)	weight(g)
0.5 ^z	81.6 b ^y	10.8 ab	4.6 a	238.4 b	44.4 a	0.5 ^z	82.3 a ^y	11.3 a	4.5 a	188.1 a	40.4 a
1	86.6 ab	10.1 ab	3.9 c	302.8 a	53.1 a	1	80.6 a	9.3 bc	3.9 bc	174.9 a	31.1 a
2	88.0 a	11.3 a	4.4 ab	244.7 b	45.1 a	2	77.3 a	8.8 c	4.0 bc	181.9 a	39.9 a
4	86.6 ab	10.9 ab	4.0 bc	231.4 b	42.2 a	4	78.3 a	8.7 c	3.7 c	163.7 a	34.5 a
6	88.6 a	10.5 ab	4.1 bc	265.3 ab	48.1 a	6	76.3 a	9.7 bc	3.9 bc	193.9 a	43.2 a

^z See Table 1.

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

1.3 칼슘(Ca)처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 형태학적인 생육상태

칼슘(Ca)처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 초장은 Ca 4me L⁻¹에서 67.6cm로 높게 나타났으나 다른 처리들과의 유의성은 인정되지 않았다(Table 4). 엽장은 Ca 1me L⁻¹에서 8.6cm로 높게 나타나 유의성이 인정되었으며 엽폭도 Ca 1me L⁻¹에서 4.9cm로 높게 나타났으나 다른 처리들과의 유의성은 인정되지 않았다(Table 4). 생체중 및 건물중은 Ca 0.5me L⁻¹에서 각각 252.2g, 58.2g으로 가장 높게 나타났으나 유의성은 인정되지 않았다(Table 4).

칼슘(Ca)처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 생육상태는 Ca 1me L⁻¹ 처리에서 형태학적인 생육상태가 가장 높게 나타났다(Table 4).

1.4 마그네슘(Mg)처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 형태학적인 생육 상태

마그네슘(Mg)처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 초장은 Mg 4me L⁻¹에서 68.0cm로 다른 처리구들보다 컸으나 유의성은 인정되지 않았다(Table 4). 엽장은 Mg 2me L⁻¹와 Mg 4me L⁻¹처리에서 8.9cm와 8.8cm로 가장 높았고 엽폭은 Mg 0.5me L⁻¹-2me L⁻¹에서 4.7cm로 높았으나 유의성은 인정되지 않았다(Table 4). 마그네슘(Mg)처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 생체중은 Mg 0.5me L⁻¹와 Mg 6me L⁻¹에서 각각 196.5g, 196.6g으로 다른 처리구들과의 유의성이 인정되었으며 건물중은 각각 47.5g, 46.5g으로 다른 처리구들보다 큰 값을 가졌으나 유의성은 인정되지 않았다(Table 4).

Bielski et al.(2013)은 마그네슘(Mg) 시비가 메리골드(*Calendula officinalis* L.)의 초장에는 유의한 영향을 미치지 않았으나 초장이 큰 개체는 마그네슘(Mg)이 풍부한 화분에서 자라는 경향이 있다는 사실을 확인하였다. 본 실험에서 마그네슘(Mg) 처리 중 가장 높은 농도였던 Mg 6me L⁻¹에선 초장이 가장 작은 63.6cm였으나 칼슘(Ca)처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 초장보다 마그네슘(Mg) 처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 초장이 전체적으로 조금 높은 값을 보였다(Table 4).

Mikiciuk(2008)는 바질(*Ocimum basilicum* L.)에 Mg0, Mg1(0.30g), Mg2(0.90g)로 배양액 농도를 달리하여 처리한 결과 Mg2로 처리하였을 때 바질(*Ocimum basilicum* L.)의 건물중이 각각 8.34g, 21.52g으로 가장 높게 나타난 것을 확인하였다.

본 실험에서 마그네슘(Mg)처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 생육상태는 Mg 0.5me L⁻¹와 Mg 6me L⁻¹에서 가장 높게 나타났다(Table 4).

칼슘(Ca) 및 마그네슘(Mg) 처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 생육상태는 칼슘(Ca)보다 마그네슘(Mg)의 배양액 농도를 달리하였을 때 초장, 엽장 및 엽폭의 생육상태가 더 좋았으나 생체중 및 건물중은 낮은 값을 보였다(Table 4).

따라서 Ca 0.5me L⁻¹처리가 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 생육에 가장 적합한 농도로 보인다(Table 4).

Table 4. Morphological characteristics of spearmint(*Mentha spicata* L.) under different calcium(Ca) and magnesium(Mg) nutrient solution levels.

Spearmint (<i>Mentha spicata</i> L.)											
Ca (me L ⁻¹)	Shoot	Leaf	Leaf	Fresh	Dry	Mg (me L ⁻¹)	Shoot	Leaf	Leaf	Fresh	Dry
	length(cm)	length(cm)	width(cm)	weight(g)	weight(g)		length(cm)	length(cm)	width(cm)	weight(g)	weight(g)
0.5 ^z	64.0 a ^y	7.9 ab	4.6 a	252.2 a	58.2 a	0.5 ^z	65.3 a ^y	8.3 ab	4.7 a	196.5 a	47.5 a
1	63.5 a	8.6 a	4.9 a	239.1 ab	54.1 a	1	67.6 a	8.3 ab	4.7 a	179.1 ab	39.6 a
2	64.3 a	7.3 bc	4.6 a	212.1 b	45.6 a	2	66.6 a	8.9 a	4.7 a	170.2 b	37.5 a
4	67.6 a	7.3 bc	4.1 b	222.6 ab	47.7 a	4	68.0 a	8.8 a	4.5 a	177.8 ab	44.6 a
6	60.3 a	7.0 c	4.0 b	234.3 ab	47.5 a	6	63.6 a	7.8 bc	4.5 a	196.6 a	46.5 a

^z See Table 1.

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

1.5 칼슘(Ca)처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 형태학적인 생육상태

칼슘(Ca)처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 초장은 Ca 0.5me L⁻¹-2me L⁻¹에서 77.3-79.3cm로 나타났다(Table 5). 엽장은 Ca 1me L⁻¹처리에서 6.1cm로 가장 길었지만 유의성이 인정되지 않았으며(Table 5) 엽폭은 Ca 4me L⁻¹처리에서 4.5cm로 높게 나타났으나 유의성은 인정되지 않았다(Table 5). 생체중 및 건물중은 Ca 4me L⁻¹처리에서 229.5g과 46.1g으로 높았으나 다른 처리구와의 유의성은 인정되지 않았다(Table 5).

Dzida et al.(2013)은 바질(*Ocimum basilicum* L.)의 Green, Violet 품종을 질산칼슘(Ca(NO₃)₂)과 질산암모늄(NH₄NO₃)로 각각 처리한 결과 질산칼슘(Ca(NO₃)₂)으로 처리한 Green의 초장 및 생체중(62.9cm, 200.5g), Violet의 초장 및 생체중(47.1cm, 109.3g)이 질산암모늄(NH₄NO₃)으로 처리한 Green의 초장 및 생체중(60.8cm, 195.5g), Violet의 초장 및 생체중(44.1cm, 105.0g) 보다 조금 높게 나타난 것을 확인하였다.

Babalar et al.(2010)은 세이버리(*Satureja hortensis* L.)에서 탄산칼슘(CaCO₃)의 수준을 0, 5 및 10t ha⁻¹로 처리하였을 때 생체중과 건물중에 대해 유의한 효과가 있다는 사실을 확인하였다. 탄산칼슘(CaCO₃) 5t ha⁻¹ 첨가하였을 때 다른 처리구보다 높은 생체중(200.2±6.4g plant⁻¹)과 건물중(46.7±1.7 g plant⁻¹)을 얻었으며 이 처리구에서 식물 성장 및 수확량이 증가한 이유를 교환 가능한 칼슘(Ca) 및 마그네슘(Mg)의 증가 등에 기인한 것으로 해석하였다.

Supanjani et al.(2005)은 쑥갓(*Chrysanthemum coronarium* L.)에 염화칼슘(CaCl₂)을 10, 20, 30, 40, 50 및 70mM로 처리한 결과 Ca 30mM과 Ca 40mM에서 초장, 줄기의 직경, 엽장 및 엽폭이 가장 높은 값을 보인 것을 확인하였다.

본 실험에서 칼슘(Ca)처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)는 Ca 1me L⁻¹처리구에서 가장 높은 생육상태를 보였다(Table 5).

1.6 마그네슘(Mg)처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 형태학적인 생육상태

마그네슘(Mg) 처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 초장은 Mg 2me L⁻¹와 Mg 6me L⁻¹에서 각각 80.6cm와 82.6cm로 높게 나타났으나 Mg 1me L⁻¹과 Mg 4me L⁻¹와의 유의성은 인정되지 않았다(Table 5). 엽장은 Mg 2me L⁻¹에서 8.9cm로 높게 나타났으나 다른 처리구들과의 유의성이 인정되지 않았으며 엽폭은 4.5-4.7cm범위 내에 전 처리구가 포함되어 유의성이 인정되지 않았다(Table 5). 생체중은 Mg 6me L⁻¹에서 202.5g으로 가장 높게 나타나 Mg 0.5me L⁻¹의 170.6g보다 31.9g이 더 무거웠으나 유의성은 인정되지 않았다(Table 5). 건물중은 Mg 2me L⁻¹처리구에서 33.7g로 가장 낮은 값을 보였으며 가장 높은 값을 보인 Mg 1me L⁻¹의 건물중 43.6g과의 유의성이 인정되었다(Table 5).

Krol과 Wisniewski(2014)는 얼룩에키움(*Echium plantagineum* L.)에 마그네슘(Mg)과 황(S)을 처리하여 생육상태를 확인한 결과 토양에 처리하였을 때 첫 번째 해의 초장은 91.0cm(Mg), 89.6cm(S)였으며 두 번째 해의 초장은 97.5cm(Mg), 96.7cm(S)로 마그네슘(Mg)처리가 조금 더 높은 초장 값을 보였다. 그러나 Szczebiot(2002)는 마그네슘(Mg)시비에 의한 좀아마냉이(*Camelina microcarpa*)와 겨자과(*Crambe*)의 생육에는 별다른 영향을 미치지 않은 것을 확인하였다.

본 실험에서 마그네슘(Mg) 처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 생육상태는 Mg 1me L⁻¹의 배양액을 처리하였을 때 가장 높게 나타났다(Table 5).

칼슘(Ca) 및 마그네슘(Mg) 처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 생육상태는 칼슘(Ca)보다 마그네슘(Mg)의 배양액 농도를 달리하였을 때 엽장 및 엽폭의 생육상태가 더 좋았으나 전체적인 생육상태는 Ca 1me L⁻¹처리구에서 적합하게 나타난 것으로 보인다(Table 5).

Table 5. Morphological characteristics of applemint(*Mentha suaveolens* Ehrh.) under different calcium(Ca) and magnesium(Mg) nutrient solution levels.

Applemint (<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.)											
Ca (me L ⁻¹)	Shoot	Leaf	Leaf	Fresh	Dry	Mg (me L ⁻¹)	Shoot	Leaf	Leaf	Fresh	Dry
	length(cm)	length(cm)	width(cm)	weight(g)	weight(g)		length(cm)	length(cm)	width(cm)	weight(g)	weight(g)
0.5 ^z	79.3 ab ^y	5.6 ab	4.0 b	188.8 b	35.8 b	0.5 ^z	72.0 b ^y	8.3 ab	4.7 a	170.6 a	36.1 ab
1	79.0 ab	6.1 a	4.1 ab	229.4 a	45.6 a	1	75.6 ab	8.3 ab	4.7 a	181.1 a	43.6 a
2	77.3 abc	5.7 ab	4.2 ab	227.6 a	47.2 a	2	80.6 a	8.9 a	4.7 a	177.8 a	33.7 b
4	74.3 c	5.7 ab	4.5 a	229.5 a	46.1 a	4	77.3 ab	8.8 a	4.5 a	199.6 a	43.0 ab
6	74.6 bc	5.7 ab	4.3 ab	219.3 a	40.3 ab	6	82.6 a	7.8 bc	4.5 a	202.5 a	41.9 ab

^z See Table 1.

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

2. 배양액에 따른 무기성분 함량

2.1. 칼슘(Ca) 및 마그네슘(Mg) 처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 무기성분 함량(%)

칼슘(Ca) 처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 질소(N), 인(P), 칼륨(K) 및 마그네슘(Mg)함량은 처리구들간의 유의성이 인정되지 않았다(Table 6). 칼슘(Ca)함량은 처리농도가 증가함에 따라 처리구들간의 유의성이 인정되었으며 나트륨(Na)함량은 배양액 내의 이온 평형을 조정하기 위해 농도수준을 변화시켰으므로 처리구들간의 유의성이 인정되었다(Table 6).

마그네슘(Mg) 처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 질소(N), 인(P), 칼륨(K) 및 칼슘(Ca)함량은 처리구들간의 유의성이 인정되지 않았다(Table 6). 마그네슘(Mg)함량은 마그네슘(Mg)처리농도를 증가시켰으나 Mg 0.5me L^{-1} - 2me L^{-1} 에서 처리구들간의 유의성이 인정되지 않았다(Table 6). 나트륨(Na)함량은 배양액 내의 이온 평형을 조정하기 위해 농도수준을 변화시켰으므로 처리구들간의 유의성이 인정되었다(Table 6).

Table 6. Comparison with mineral contents of peppermint(*Mentha piperita* L.) grown in nutrient solution with different calcium(Ca) and magnesium(Mg) levels.

Peppermint (<i>Mentha piperita</i> L.)													
Ca (me L ⁻¹)	Ion concentration (%)						Mg (me L ⁻¹)	Ion concentration (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	Na		N	P	K	Ca	Mg	Na
0.5 ^z	2.20 a ^y	0.55 a	3.02 a	0.81 c	0.53 a	0.79 a	0.5 ^z	2.18 a ^y	0.46 a	2.83 a	1.01 a	0.42 b	0.75 a
1	2.30 a	0.60 a	3.21 a	0.95 bc	0.65 a	1.11 a	1	2.29 a	0.47 a	2.91 a	1.12 a	0.43 b	0.64 ab
2	2.40 a	0.58 a	3.26 a	1.17 abc	0.65 a	0.72 ab	2	1.97 a	0.43 a	2.68 a	0.95 a	0.43 b	0.38 bc
4	2.40 a	0.56 a	3.52 a	1.39 ab	0.58 a	0.29 bc	4	2.03 a	0.43 a	2.91 a	1.08 a	0.67 a	0.27 c
6	2.18 a	0.55 a	3.06 a	1.70 a	0.66 a	0.15 c	6	1.94 a	0.46 a	2.76 a	1.12 a	0.73 a	0.09 c

^z See Table 1.

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

2.2. 칼슘(Ca) 및 마그네슘(Mg) 처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 무기성분 함량(%)

칼슘(Ca) 처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 질소(N)함량은 Ca 0.5me L⁻¹에서 1.67%로 나타나 Ca 2me L⁻¹의 2.06%와의 유의성이 인정되었으며 인(P), 칼륨(K) 및 마그네슘(Mg)함량은 처리구들간의 유의성이 인정되지 않았다(Table 7). 칼슘(Ca)함량은 처리농도가 증가함에 따라 처리구들간의 유의성이 인정되었으며 나트륨(Na)함량은 배양액 내의 이온 평형을 조정하기 위해 농도수준을 변화시켰으나 Ca 0.5me L⁻¹-2me L⁻¹에서 처리구들간의 유의성이 인정되지 않았다(Table 7).

마그네슘(Mg) 처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 질소(N), 칼륨(K) 함량은 처리구들간의 유의성이 인정되지 않았으나 인(P)은 Mg 0.5me L⁻¹와 Mg 4me L⁻¹에서 각각 0.52%, 0.54%로 낮게 나타나 다른 처리구들과의 유의성이 인정되었다(Table 7). 칼슘(Ca)함량은 Mg 4me L⁻¹에서 0.74%로 가장 낮게 나타났으나 유의성은 인정되지 않았고 마그네슘(Mg)함량은 처리농도가 증가함에 따라 처리구들간의 유의성이 인정되었다(Table 7). 나트륨(Na)함량은 배양액 내의 이온 평형을 조정하기 위해 농도수준을 변화시켰으므로 처리구들간의 유의성이 인정되었다(Table 7).

Table 7. Comparison with mineral contents of spearmint(*Mentha spicata* L.) grown in nutrient solution with different calcium(Ca) and magnesium(Mg) levels.

Spearmint (<i>Mentha spicata</i> L.)													
Ca (me L ⁻¹)	Ion concentration (%)						Mg (me L ⁻¹)	Ion concentration (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	Na		N	P	K	Ca	Mg	Na
0.5 ^z	1.67 b ^y	0.49 a	2.75 a	0.49 e	0.42 a	0.33 a	0.5 ^z	1.76 a ^y	0.52 b	2.91 a	0.81 ab	0.50 c	0.46 a
1	1.90 ab	0.49 a	2.82 a	0.66 d	0.44 a	0.32 a	1	2.03 a	0.60 a	2.99 a	0.87 a	0.43 c	0.43 a
2	2.06 a	0.52 a	3.44 a	0.82 c	0.44 a	0.27 a	2	2.23 a	0.61 a	3.02 a	0.86 ab	0.53 b	0.28 b
4	2.04 a	0.50 a	3.25 a	1.00 b	0.44 a	0.17 b	4	2.10 a	0.54 b	2.60 a	0.74 b	0.60 b	0.15 c
6	2.11 a	0.47 a	3.58 a	1.25 a	0.43 a	0.10 b	6	2.07 a	0.60 a	2.66 a	0.80 ab	0.85 a	0.04 d

^z See Table 1.

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

2.3. 칼슘(Ca) 및 마그네슘(Mg) 처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 무기성분 함량(%)

칼슘(Ca) 처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 질소(N), 인(P), 칼륨(K) 및 마그네슘(Mg)함량은 처리구들간의 유의성이 인정되지 않았다(Table 8). 칼슘(Ca)함량은 처리농도가 증가함에 따라 처리구들간의 유의성이 인정되었으며 나트륨(Na)함량은 배양액 내의 이온 평형을 조정하기 위해 농도수준을 변화시켰으나 Ca 0.5me L^{-1} - 2me L^{-1} 에서 처리구들간의 유의성이 인정되지 않았다(Table 8).

마그네슘(Mg) 처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 질소(N), 인(P), 칼륨(K) 함량은 처리구들간의 유의성이 인정되지 않았으나 칼슘(Ca)함량은 Mg 2me L^{-1} 에서 1.01%로 높게 나타나 다른 처리구들과의 유의성이 인정되었다(Table 8). 마그네슘(Mg)함량은 마그네슘(Mg) 처리 농도를 증가시켰으나 Mg 0.5me L^{-1} - 2me L^{-1} 에서 처리구들간의 유의성이 인정되지 않았다(Table 8) 나트륨(Na)함량은 배양액 내의 이온 평형을 조정하기 위해 농도수준을 변화시켰으므로 처리구들간의 유의성이 인정되었다(Table 8).

Table 8. Comparison with mineral contents of applemint(*Mentha suaveolens* Ehrh.) grown in nutrient solution with different calcium(Ca) and magnesium(Mg) levels.

Applemint (<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.)													
Ca (me L ⁻¹)	Ion concentration (%)						Mg (me L ⁻¹)	Ion concentration (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	Na		N	P	K	Ca	Mg	Na
0.5 ^z	2.11 a ^y	0.60 a	3.33 a	0.73 c	0.57 a	0.43 a	0.5 ^z	1.97 a ^y	0.61 a	3.41 a	0.86 b	0.47 b	0.41 ab
1	2.14 a	0.67 a	3.56 a	0.79 bc	0.59 a	0.46 a	1	2.09 a	0.64 a	3.32 a	0.82 b	0.52 b	0.55 a
2	2.02 a	0.63 a	3.12 a	0.88 b	0.58 a	0.37 a	2	2.18 a	0.68 a	3.76 a	1.01 a	0.61 b	0.27 bc
4	2.11 a	0.62 a	3.23 a	1.09 a	0.57 a	0.22 ab	4	2.20 a	0.66 a	3.40 a	0.87 b	0.78 a	0.18 c
6	2.04 a	0.60 a	3.19 a	1.23 a	0.55 a	0.10 b	6	2.20 a	0.69 a	3.36 a	0.86 b	0.88 a	0.12 c

^z See Table 1.

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

3. *Mentha* spp.의 칼슘(Ca)/마그네슘(Mg), 칼륨(K)/마그네슘(Mg) 및 칼륨(K)/칼슘(Ca)의 비율

3.1 *Mentha* spp.의 칼슘(Ca)/마그네슘(Mg) 비율

칼슘(Ca)처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 생체중과 건물중은 Ca 1me L⁻¹처리에서 각각 302.8g과 53.1g으로 가장 높게 나타났으며(Table 3) 이 때 Ca/Mg의 무기성분 함량 비율은 1.46:1이었다(Table 9). 마그네슘(Mg)처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 생체중과 건물중은 Mg 0.5me L⁻¹에서 각각 188.1g과 40.4g으로 가장 높게 나타났으며(Table 3) 이 때 Ca/Mg의 무기성분 함량 비율은 2.40:1이었다(Table 9).

칼슘(Ca)처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 생체중과 건물중은 Ca 1me L⁻¹에 239.1g, 54.1g으로 가장 높게 나타났으며(Table 4) 이 때 Ca/Mg의 무기성분 함량 비율은 1.50:1이었다(Table 9). 마그네슘(Mg)처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 생체중과 건물중은 Mg 0.5me L⁻¹에서 각각 196.5g과 47.5g이었으며 Mg 6me L⁻¹에서 각각 196.6g과 47.5g이었다(Table 4). 이때 Ca/Mg의 무기성분 함량 비율은 각각 1.62:1, 0.94:1이었다(Table 9).

칼슘(Ca)처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 생체중과 건물중은 Ca 1me L⁻¹에서 229.4g과 45.6g으로 가장 높게 나타났으며(Table 5) 이때 Ca/Mg의 무기성분 함량 비율은 1.33:1이었다(Table 9). 마그네슘(Mg) 처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 생체중과 건물중은 Mg 1 me L⁻¹에서 181.1g과 43.6g으로 가장 높게 나타났으며(Table 5) 이 때 Ca/Mg의 무기성분 함량 비율은 각각 1.57:1이었다(Table 9).

흔히 최적의 생육상태에서 Ca/Mg 비율은 약 2:1로 간주된다. 본 실험 결과 마그네슘(Mg) 처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)와 스피아민트(*Mentha spicata* L.)를 제외한 *Mentha* spp.에서 Ca/Mg비율이 1.33:1-1.62:1 범위에 있을 때 가장 생육상태가 좋은 것을 확인하였다.

Morard et al.(1996)은 토마토(*Lycopersicon esculentum* All. cv. Rondello)에서 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg) 사이에 강한 길항 작용을 나타내어 칼슘(Ca)이 앞으로 이동하는 마그네슘(Mg)에 영향을 미친 것을 확인하였다. Buczek와

Leonowicz-Babiak(1971)는 토마토(*Lycopersicon esculentum*, variety 'Best of all')에 마그네슘(Mg)함량을 칼슘(Ca)함량보다 10배 더 높게 시비한 결과 Ca/Mg비율이 질소대사에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 과도한 마그네슘(Mg)의 양은 식물을 왜화시켰으며 건물중 및 단백질 함량 감소를 야기하였다.

본 실험에선 칼슘(Ca) 및 마그네슘(Mg) 처리농도가 증가함에 따른 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)사이의 길항작용을 관찰할 수 없었다(Table 9). Mg 0.5me L⁻¹처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)와 Mg 6me L⁻¹ 처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 Ca/Mg비율은 각각 2.40:1과 0.94:1이었으나(Table 9) 처리구 내에서 생육상태가 가장 좋았다(Table 3, Table 4). 백자작나무(*Betula pendula* Roth.)에서는 Ca/Mg 비율이 1:1 이상 및 5:1 이상일 경우에도 마그네슘(Mg)의 결핍 없이 충분한 성장이 가능한 것으로 나타났다(Wikstrom and Ericsson, 1995).

3.2 *Mentha* spp.의 칼륨(K)/마그네슘(Mg) 비율

마그네슘(Mg)처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 생체중과 건물중은 Mg 0.5me L⁻¹에서 각각 188.1g과 40.4g으로 가장 높게 나타났으며(Table 3) 이때 K/Mg의 무기성분 함량 비율은 6.73:1이었다(Table 9).

마그네슘(Mg)처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 생체중과 건물중은 Mg 0.5me L⁻¹에서 각각 196.5g과 47.5g이었으며 Mg 6me L⁻¹에서 각각 196.6g과 47.5g이었다(Table 4). 이때 K/Mg의 무기성분 함량 비율은 각각 5.82:1, 3.12:1이었다(Table 9).

마그네슘(Mg) 처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 생체중과 건물중은 Mg 1 me L⁻¹에서 181.1g과 43.6g으로 가장 높게 나타났으며(Table 5) 이때 K/Mg의 무기성분 함량 비율은 각각 6.38:1이었다(Table 9).

칼륨(K)은 길항작용을 일으키는 양이온들 중 가장 강력한 경쟁자로서 상대적으로 높은 농도로 존재할 경우 나트륨(Na), 마그네슘(Mg) 및 칼슘(Ca)의 흡수에 영향을 미친다. 따라서 칼륨(K)이 없다면 다른 양이온은 높은 속도로 흡수될 수 있다(Barker and Pilbeam, 2007).

Mengel와 Kirkby(1987)는 마그네슘(Mg) 결핍이 이온성 길항 작용, 특히 산성 및 칼륨(K)이 풍부한 토양에서 비롯될 수 있으며 양이온 경쟁은 결과적으로 Mg 결핍을 초래한다는 사실을 확인하였다.

Ding과 Xu(2011)는 벼(*Oryza sativa* L.)의 줄기와 뿌리에서 6mM의 높은 칼륨(K) 공급이 0.01-1mM 범위의 마그네슘(Mg) 흡수를 현저히 억제시키는 것을 관찰하였다. 이와 같은 현상은 귀리(*Avena sativa* L.)(Bower and Pierre, 1944)와 포플러(*Populus trichocarpa*)(Diem and Godbold, 1993)에서도 나타났다.

본 실험에서는 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)와 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 Mg 0.5me L⁻¹처리에 의한 비율이 Mg 1me L⁻¹처리에 의한 비율보다 다소 낮았으나 무기성분 함량 간의 유의성이 인정되지 않아 칼륨(K)과 마그네슘(Mg)사이의 길항작용은 관찰할 수 없었다(Table 9).

3.3 *Mentha* spp.의 칼륨(K)/칼슘(Ca)의 비율

칼슘(Ca)처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 생체중과 건물중은 Ca 1me L⁻¹처리에서 각각 302.8g과 53.1g으로 가장 높게 나타났으며(Table 3) 이 때 K/Ca의 무기성분 함량 비율은 3.72:1이었다(Table 9).

칼슘(Ca)처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 생체중과 건물중은 Ca 1me L⁻¹에 239.1g, 54.1g으로 가장 높게 나타났으며(Table 4) 이 때 K/Ca의 무기성분 함량 비율은 4.27:1이었다(Table 9).

칼슘(Ca)처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 생체중과 건물중은 Ca 1me L⁻¹에서 229.4g과 45.6g으로 가장 높게 나타났으며(Table 5) 이때 K/Ca의 무기성분 함량 비율은 4.50:1이었다(Table 9).

Tuma et al.(2004)은 넝쿨강낭콩(*Phaseolus vulgaris* L.)에서 칼슘(Ca)함량에 대한 칼륨(K)의 길항작용은 앞에서 높게 나타난 것을 확인하였으나 본 실험에서는 칼륨(K)과 칼슘(Ca)사이의 길항작용을 관찰할 수 없었다(Table 9)

Table 9. Ca/Mg, Mg/K and K/Ca of *Mentha* spp. by mineral contents.

Peppermint (<i>Mentha piperita</i> L.)							
Ca (me L ⁻¹)	Ion concentration (%)			Mg (me L ⁻¹)	Ion concentration (%)		
	Ca / Mg	K / Mg	K / Ca		Ca / Mg	K / Mg	K / Ca
0.5 ^z	1.52 : 1	5.69 : 1	3.72 : 1	0.5 ^z	2.40 : 1	6.73 : 1	2.80 : 1
1	1.46 : 1	4.93 : 1	3.37 : 1	1	2.60 : 1	6.76 : 1	2.59 : 1
2	1.80 : 1	5.01 : 1	2.78 : 1	2	2.20 : 1	6.23 : 1	2.82 : 1
4	2.39 : 1	6.06 : 1	2.53 : 1	4	1.61 : 1	4.34 : 1	2.69 : 1
6	2.57 : 1	4.63 : 1	1.80 : 1	6	1.53 : 1	3.78 : 1	2.46 : 1

Spearmint (<i>Mentha spicata</i> L.)							
Ca (me L ⁻¹)	Ion concentration (%)			Mg (me L ⁻¹)	Ion concentration (%)		
	Ca / Mg	K / Mg	K / Ca		Ca / Mg	K / Mg	K / Ca
0.5 ^z	1.16 : 1	6.54 : 1	5.61 : 1	0.5 ^z	1.62 : 1	5.82 : 1	3.59 : 1
1	1.50 : 1	6.40 : 1	4.27 : 1	1	2.02 : 1	6.95 : 1	3.43 : 1
2	1.86 : 1	7.81 : 1	4.19 : 1	2	1.62 : 1	5.69 : 1	3.51 : 1
4	2.27 : 1	7.38 : 1	3.25 : 1	4	1.23 : 1	4.33 : 1	3.51 : 1
6	2.90 : 1	8.32 : 1	2.86 : 1	6	0.94 : 1	3.12 : 1	3.32 : 1

Apple mint (<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.)							
Ca (me L ⁻¹)	Ion concentration (%)			Mg (me L ⁻¹)	Ion concentration (%)		
	Ca / Mg	K / Mg	K / Ca		Ca / Mg	K / Mg	K / Ca
0.5 ^z	1.28 : 1	5.84 : 1	4.56 : 1	0.5 ^z	1.82 : 1	7.25 : 1	3.96 : 1
1	1.33 : 1	6.03 : 1	4.50 : 1	1	1.57 : 1	6.38 : 1	4.04 : 1
2	1.51 : 1	5.37 : 1	3.54 : 1	2	1.65 : 1	6.16 : 1	3.72 : 1
4	1.91 : 1	5.66 : 1	2.96 : 1	4	1.11 : 1	4.35 : 1	3.90 : 1
6	2.23 : 1	5.80 : 1	2.59 : 1	6	0.97 : 1	3.81 : 1	3.90 : 1

^z See Table 1.

4. *Mentha* spp.의 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)의 무기성분 함량($\mu\text{g g}^{-1}$)

4.1 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)의 무기성분 함량 ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Szymczycha-Madeja et al.(2013)이 마이크로파 시료 용해 장치(microwave digestion)로 분석한 결과 Traditional Medicinals(미국)의 유기농 페퍼민트 (*Mentha piperita* L.) 티백에는 칼슘(Ca) $13417 \pm 220 \mu\text{g g}^{-1}$ 과 마그네슘(Mg) $6880 \pm 400 \mu\text{g g}^{-1}$ 이 함유되어 있었고 Herbapol Lublin(폴란드)의 페퍼민트 (*Mentha piperita* L.) 티백에는 칼슘(Ca) $19016 \pm 627 \mu\text{g g}^{-1}$ 과 마그네슘(Mg) $6340 \pm 420 \mu\text{g g}^{-1}$ 이 함유되어 있었다.

Queralt et al.(2005)은 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)를 분석한 결과 칼슘(Ca) $21131 \mu\text{g g}^{-1}$ 과 마그네슘(Mg) $5483 \mu\text{g g}^{-1}$ 이 함유되어 있는 것을 확인하였다.

본 실험에서 칼슘(Ca)처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 무기성분 함량은 Ca 4me L⁻¹와 Ca 6me L⁻¹에서 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)이 각각 $13967 \mu\text{g g}^{-1}$, $5883 \mu\text{g g}^{-1}$ 과 $17067 \mu\text{g g}^{-1}$, $6693 \mu\text{g g}^{-1}$ 으로 시중에 판매되는 페퍼민트 (*Mentha piperita* L.) 티백의 무기성분 함량과 가장 근접한 수치였다(Table 10).

칼슘(Ca)처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 생육상태는 Ca 1me L⁻¹에서 가장 좋았으나 칼슘(Ca)은 $9547 \mu\text{g g}^{-1}$, 마그네슘(Mg)은 $6530 \mu\text{g g}^{-1}$ 로 시중에 판매되는 무기성분 함량 수준에 미치지 못하는 수치였다.

마그네슘(Mg)처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 생육상태는 Mg 0.5me L⁻¹에서 가장 좋았으나 칼슘(Ca)은 $11027 \mu\text{g g}^{-1}$, 마그네슘(Mg)은 $4293 \mu\text{g g}^{-1}$ 로 시중에 판매되는 무기성분 함량 수준에 미치지 못하는 수치였다(Table 10).

4.2 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)의 무기성분 함량 ($\mu\text{g g}^{-1}$)

칼슘(Ca)처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 생육상태는 Ca 1me L⁻¹에서 가장 좋았으며 이때 칼슘(Ca)은 6640 $\mu\text{g g}^{-1}$, 마그네슘(Mg)은 4493 $\mu\text{g g}^{-1}$ 이 함유되어 있었다. 마그네슘(Mg)처리에 의한 스피아민트(*Mentha spicata* L.)의 생육상태는 Mg 0.5me L⁻¹와 Mg 6me L⁻¹에서 가장 좋았으며 이때 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)함량은 각각 8127 $\mu\text{g g}^{-1}$, 3717 $\mu\text{g g}^{-1}$ 과 8038 $\mu\text{g g}^{-1}$, 8560 $\mu\text{g g}^{-1}$ 이었다 (Table 10).

4.3 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)의 무기성분 함량($\mu\text{g g}^{-1}$)

칼슘(Ca)처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 생육상태는 Ca 1me L⁻¹에서 가장 높게 나타났으며(Table 6) 이때 칼슘(Ca)은 7993 $\mu\text{g g}^{-1}$, 마그네슘(Mg)은 5987 $\mu\text{g g}^{-1}$ 이 함유되어 있었다(Table 10).

마그네슘(Mg)처리에 의한 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)의 생육상태는 Mg 1me L⁻¹에서 가장 높게 나타났으며(Table 6) 이때 칼슘(Ca)은 8213 $\mu\text{g g}^{-1}$, 마그네슘(Mg)은 5223 $\mu\text{g g}^{-1}$ 이 함유되어 있었다(Table 10).

생육상태가 가장 좋은 *Mentha* spp.의 무기성분 함량을 분석한 결과 처리구들의 칼슘(Ca)함량은 6640-11027 $\mu\text{g g}^{-1}$ 이었고 마그네슘(Mg)함량은 3717-8560 $\mu\text{g g}^{-1}$ 범위 내에 있었다.

이는 Clipper(영국)의 유기농 캐모마일&라벤더 티백에 들어있는 칼슘(Ca) 6628 \pm 254 $\mu\text{g g}^{-1}$ 과 마그네슘(Mg) 2375 \pm 100 $\mu\text{g g}^{-1}$ 이나 카밀레(*Matricaria chamomilla* L.)에 들어있는 칼슘(Ca) 9279 $\mu\text{g g}^{-1}$, 마그네슘(Mg) 2642 $\mu\text{g g}^{-1}$ 함유량과 비슷하거나 조금 더 높은 수치였다 (Queralt et al., 2005; Szymczycha-Madeja et al., 2013).

Table 10. Calcium(Ca) and magnesium(Mg) contents in the analyzed *Mentha* spp.

Peppermint (<i>Mentha piperita</i> L.)					
Ca (me L ⁻¹)	Ion concentration (μg g ⁻¹)		Mg (me L ⁻¹)	Ion concentration (μg g ⁻¹)	
	Ca	Mg		Ca	Mg
0.5 ^z	8147	5367	0.5 ^z	11027	4293
1	9547	6530	1	11233	4607
2	11710	6553	2	9590	4610
4	13967	5883	4	10830	6450
6	17067	6693	6	11233	8190

Spearmint (<i>Mentha spicata</i> L.)					
Ca (me L ⁻¹)	Ion concentration (μg g ⁻¹)		Mg (me L ⁻¹)	Ion concentration (μg g ⁻¹)	
	Ca	Mg		Ca	Mg
0.5 ^z	4943	4203	0.5 ^z	8127	3717
1	6640	4493	1	8710	4337
2	8297	4410	2	8633	5307
4	10003	4460	4	7457	6053
6	12567	4383	6	8038	8560

Applemint (<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.)					
Ca (me L ⁻¹)	Ion concentration (μg g ⁻¹)		Mg (me L ⁻¹)	Ion concentration (μg g ⁻¹)	
	Ca	Mg		Ca	Mg
0.5 ^z	7347	5707	0.5 ^z	8647	4717
1	7993	5987	1	8213	5223
2	8880	5810	2	10183	6153
4	10923	5710	4	8780	7800
6	12300	5537	6	8860	8813

^z See Table 1.

IV. 적 요

전 세계적으로 각 나라의 기후에 적합한 *Mentha* spp.의 특정 영양 요구량을 이해하기 위한 연구는 오랫동안 이루어졌으며 질소(N), 인(P), 칼륨(K)의 농도를 달리 하여 재배한 결과 배양액의 일련의 변화는 *Mentha* spp.의 생장을 간접한다는 사실이 확인되었다. 따라서 본 실험에서는 질소(N), 인(P), 칼륨(K)의 농도는 일정하게 고정하여 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)의 배양액 처리농도만 다양하게 변화를 주었다. 7주간 페퍼민트(*Mentha piperita* L.), 스피아민트(*Mentha spicata* L.) 그리고 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)에 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)배양액을 0.5 me L⁻¹, 1 me L⁻¹, 2me L⁻¹, 4me L⁻¹ 그리고 6 me L⁻¹로 처리하여 각 식물체들의 형태학적인 생육 상태와 무기성분 함량을 측정하였으며 각 식물체들이 함유하고 있는 무기성분을 토대로 칼슘(Ca)/마그네슘(Mg), 칼륨(K)/마그네슘(Mg) 그리고 칼륨(K)/칼슘(Ca)의 비율을 확인하였다.

페퍼민트(*Mentha piperita* L.)의 형태학적인 생육상태는 Ca 1me L⁻¹와 Mg 0.5me L⁻¹, 스피아민트(*Mentha spicata* L.)는 Ca 1me L⁻¹와 Mg 0.5me L⁻¹ 및 Mg 6me L⁻¹ 그리고 애플민트(*Mentha suaveolens* Ehrh.)는 Ca 1me L⁻¹와 Mg 1me L⁻¹에서 가장 높게 나타났다. *Mentha* spp.의 Ca/Mg, K/Mg 그리고 K/Ca 비율은 마그네슘(Mg) 처리에 의한 페퍼민트(*Mentha piperita* L.)와 스피아민트(*Mentha spicata* L.)를 제외한 처리구에서 Ca/Mg의 비율이 1.33:1-1.62:1 범위에 있을 때 가장 생육상태가 좋았으며 K/Mg과 K/Ca 비율은 각각 5.82:1-6.73:1 과 3.72:1-4.50:1 범위에 있을 때 높은 생육상태를 보였다. 생육상태가 가장 좋은 *Mentha* spp.의 무기성분 함량을 분석한 결과 처리구들의 칼슘(Ca)함량은 6640-11027 $\mu\text{g g}^{-1}$ 이었고 마그네슘(Mg)함량은 3717-8560 $\mu\text{g g}^{-1}$ 범위 내에 있었다.

결과적으로 *Mentha* spp.의 생육상태 및 생장에 가장 적합한 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)의 배양액 농도는 Ca 1me L⁻¹와 Mg 0.5me L⁻¹, Mg 1me L⁻¹인 것으로 나타났다.

V. 참고문헌

농식품백과사전 (2018) EPIS

<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2834620&cid=56755&categoryId=56755> Accessed 22 May 2018

Abe R, Ohtani K (2012) An ethnobotanical study of medicinal plants and traditional therapies on Batan Island, the Philippines. *J Ethnopharmacol* 554-565

Arzani A, Zeinali H, Razmjo K (2007) Iron and magnesium concentrations of mint accessions(*Mentha* spp.). *Plant Physiol Bioch* 45:323-329

Babalar M, Mumivand H, Hadian J, Tabatabaei S (2010) Effects of nitrogen and calcium carbonate on growth, rosmarinic acid content and yield of *Satureja hortensis* L. *J Agric Sci*

Barker A, Pilbeam D (2007) Handbook of plant nutrition. CRC, Taylor&Francis, pp 100

Barroso D, Figueiredo F, Pereira A, Mendon A Silva L (2005) Diagnosis of macronutrient deficiency in seedlings of teak. *Tree Magazine* 29:671-679

Bellamy D, Pfister A (1992) World medicine: plants, patients and people. Blackwell Publishers, USA

Bielski S, Szwejkowska B (2013) Effect of fertilization on the development

and yields of pot marigold(*Calendula officinalis* L.). Herba pol 59.
Doi:10.2478/hepo-2013-0007

Black C, Cowan J (1995) Magnesium-dependent enzymes in nucleic acid biochemistry, *In* JA Cowan, ed, The Biological Chemistry of Magnesium. VCH Publishers, Inc., NY, USA, pp 137-158

Black C, Cowan J (1995) Magnesium-dependent enzymes in general metabolism *In* JA Cowan, ed, The Biological Chemistry of Magnesium. VCH Publishers, Inc., NY, USA, pp 159-183

Block E (1986) Antithrombotic agent of garlic: a lesson from 5000 years of folk medicine. *In* RP Steiner, ed, Folk Medicine: The art and the science, American Chemical Society, Washington DC, USA

Bottrill D, Possingha J, kriedemann P (1970) The effect of nutrient deficiencies on photosynthesis and respiration in spinach. Plant Soil 32:424-438

Bower C, Pierre W (1944) Potassium response of various crops on a high-lime soil in relation to their contents of potassium, calcium, magnesium, and sodium. J Am Soc Agron 36:608-614

Božović M, Pirolli A, Ragno R (2015) *Mentha suaveolens* Ehrh.(*Lamiaceae*) Essential oil and its main constituent piperitenone oxide: biological activities and chemistry, Molecules 20:8605-33. doi: 10.3390/molecules20058605

Brahmi F, Khodir M, Mohamed C, Pierre D (2017) Chemical composition

and biological activities of *Mentha* Species. In HA El-Shemy, ed, Aromatic and Medicinal Plants-Back to Nature Chapter: Chemical Composition and Biological Activities of *Mentha* Species. INTECH, pp 47-79

Bremness L (2007) HERBS: The visual guide to more than 700 herb species from around the world. Dorling Kindersley, UK

Bruneton J (1995) Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plants. Paris, France

Buczek J, Leonowicz-Babiak K (1971) The effects of calcium to magnesium ratio on the increments of dry weight and protein content in tomatoes. Acta Soc Bot Pol 4:557-567

Burbott A, Loomis W (1967) Effects of light and temperature on monoterpenes of peppermint. Plant Physiol 42:20-28

Campanoni P, Blatt M (2007) Membrane trafficking and polar growth in root hairs and pollen tubes. J Exp Bot 58:65-74

Carvajal M, Martinez V, Cerda A (1999) Influence of magnesium and salinity on tomato plants grown in hydroponic culture. J Plant Nutr 22:177-190

Cheol N, Lee M, Park K (2001) Effects of magnesium ion content in nutrient solution on the growth and quality of marjoram. Acta Hortic 548: 485-490

- Chrysargyris A, Xylia P, Botsaris G, Tzortzakis N (2017)** Antioxidant and antibacterial activities, mineral and essential oil composition of spearmint (*Mentha spicata* L.) affected by the potassium levels. *Ind Crop Prod* 103:202-212
- Civitelli L, Panella S, Marcocci M, De Petris A, Garzoli S, Pepi F, Vavala E, Ragno R, Nencioni L et al. (2014)** *In vitro* inhibition of herpes simplex virus type 1 replication by *Mentha suaveolens* essential oil and its main component piperitenone oxide. *Phytomedicine* 21:857-865
- Clark R, Menary R (1980)** Environmental effects of peppermint(*Mentha piperita* L.) II. Effects of temperature on photosynthesis, photorespiration and dark respiration in peppermint with reference to oil composition. *Aust J Plant Physiol* 7:693-697
- Cragg G, Schepartz S, Suffness M, Grever M (1993)** The taxol supply crisis. New NCI policies for handling the large-scale production of novel natural product anticancer and anti-HIV agents. *J Nat Prod* 56:1657-68
- Craig W (1999)** Health-promoting properties of common herbs. *Am J Clin Nutr* 70:491-499. doi: 10.1093/ajcn/70.3.491s
- Diem B, Godbold D (1993)** Potassium, calcium, and magnesium antagonism in clones of *Populus trichocarpa*. *Plant Soil* 156:411-414
- Ding Y, Xu G (2011)** Low magnesium with high potassium supply changes sugar partitioning and root growth pattern prior to visible

magnesium deficiency in leaves of rice(*Oryza sativa* L.). Am J Plant Sci 2:601-608. doi:10.4236/ajps.2011.24071

Duzgunes N, Papahadjopoulos D (1983) Ionotropic effects on phospholipid membranes: calcium/magnesium specificity in binding, fluidity and fusion. *In* RC Aloia, ed, Membrane Fluidity in Biology, Academic Press, NY, USA, pp 187-212

Dzida K, Jarosz Z, Pitura K (2013) Changes in the content of total nitrogen and mineral nitrogen in the basil herb depending on the cultivar and nitrogen nutrition. Mod Phytomorphol 3:63-67

Eckardt N (2001) A calcium-regulated gatekeeper in phloem sieve tubes. Plant Cell 13:989-992

El-Kashoury E, El-Askary H, Kandi Z, Ezzat S, Salem M, Sleem A (2014) Chemical and biological study of *Mentha suaveolens* Ehrh. cultivated in Egypt. J Med Plants Res 8:747-755

El-Wahab A, Mohamed A (2007) Effect of nitrogen and magnesium fertilization on the production of *Trachyspermum ammi* L.(Ajowan) plants under Sinai conditions. J Appl Sci Res 3:781-786

Epstein E (1972) Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. Wiley, NY, USA, pp 412

Erum S, Naeemullah M, Masood S (2012) Phenotypic variation among *Mentha* spp.. Pakistan J Agric Res 25

- Evans H, Sorger G** (1966) Role of mineral elements with emphasis on the univalent cations. *Annu Rev Plant Physio* 17:47-76
- Fischer E, Bremer E** (1993) Influence of magnesium deficiency on rates of leaf expansion, starch and sucrose accumulation and net assimilation in *Phaseolus vulgaris*. *Physiol Plant* 89:271-276
- Franklin-Tong V** (1999) Signaling and modulation of pollen tube growth. *Plant Cell* 11:727-738
- Gilroy S, Pbethke P, Jones R** (1993) Calcium homeostasis in plants. *J Cell Sci* 106:453-462
- Govindarajan M, Sivakumar R, Rajeswari M, Yogalakshmi M** (2012) Chemical composition and larvicidal activity of essential oil from *Mentha spicata* L. against three mosquito species. *Paras Res* 110:2023-2032
- Hall J, Barr R, AL-Abbas A, Crane F** (1972) The ultrastructure of chloroplasts in mineral deficient maize leaves. *Plant Physiol* 50:404-409
- Hart J, Sullivan D, Mellbye M, Hulting A, Christensen N, Gingrich G** (2010) Nutrient Management Guide.
<https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/em9018.pdf> Accessed 22 May 2018
- Horlitz M, Klaff P** (2000) Gene-specific trans-regulatory functions of magnesium for chloroplast mRNA stability in higher plants. *J Biol*

Chem 275:35638-35645

Huang S, Liao J, Kirchoff B (2010) Calcium distribution and function in the glandular trichomes of *Lavandula pinnata* L. J Torrey Bot Soc 137:1-15

Huettig M (1969) The effect of fertilizer treatments on oil content and nutrient concentration of peppermint in Western Oregon, M.S. Thesis, Oregon State University, Corvallis, USA

Jackson T, Gardner E, Doerge T (1983) Fertilizer guide: peppermint (Western Oregon West of Cascades). Oregon State University Extension Service, Corvallis, Oregon, USA, pp 2

Karousou R, Balta M, Hanlidou E, Kokkini S (2007) "Mints", smells and traditional uses in Thessaloniki (Greece) and other Mediterranean countries. J Ethnopharmacol 109:248-257

Khalid K, Zaghloul S, Yassen A (2009) Response of thyme(*Thymus vulgaris* L.) to magnesium application. Med Aromat Plant Sci Biotechnol 3:52-57

Kirkby E, Mengel K (1976) The role of magnesium in plant nutrition. Z Pflanz Bodenkunde 2:209-222

Klinkenberg B (2010) E-Flora BC

http://www.geog.ubc.ca/biodiversity/eflora/index.shtml__

Accessed 22 May 2018

- Krol B, Wisniewski J** (2014) The effect of fertilization with boron, magnesium and sulphur on growth, seed yield and oil content in purple viper's bugloss(*Echium plantagineum* L.). *Acta Sci Pol Agric* 13:51-61
- Langston R, Leopold A** (1954) Photoperiodic responses of peppermint. *Proc Am Soc Hort Sci* 63:347-352
- Lawrence B** (2007) *Mint: the genus mentha. Medicinal and aromatic plants*, CRC, Taylor & Francis Group, Boca Raton, USA, pp 3
- Legge R, Thompson J, Baker J, Lieberman M** (1982) The effect of calcium on the fluidity of phase properties of microsomal membranes isolated from post climacteric golden delicious apples. *Plant Cell Physiol* 23:161-169
- Malho R, Trewavas N** (1996) Localized apical increase of cytosolic free calcium control pollen tube orientation. *Plant Cell* 8:1935-1949
- Mamat A, Erlin, Rahman A** (2008) IEEE.
https://www.researchgate.net/publication/4376303_Organising_herbs_knowledge_Is_an_ontology_or_taxonomy_the_answer Accessed 22 May 2018
- Marinos N** (1963) Studies on submicroscopic aspects of mineral deficiencies. II. Nitrogen, potassium, sulfur, phosphorus and magnesium deficiencies in the shoot apex of barley. *Am J Bot* 50:998-1005

- Martin J, Leonard W, Stamp D** (1976) Principles of Field Crop Production. Macmillan Publishing Co., Inc. NY, pp 1118
- Matsuda H** (1991) Magnesium gating of the inwardly rectifying K⁺ channel. Annu Rev Physiol 53:289-298
- Meerow A** (2000) Betrock's Guide to Landscape Palms. Betrock Information Systems, Inc., Hollywood, FL, USA
- Mehne-Jakobs B** (1995) The influence of magnesium deficiency on carbohydrate concentrations in norway spruce (*Picea abies*) needles. Tree Physiol 15:577-584
- Mengel K, Kirkby E** (1987) Principles of Plant Nutrition. 4th ed. International Potash Institute, Bern, Switzerland, pp 551-558
- Mikiciuk M, Malinowska K, Wrobel J** (2008) Effects of magnesium nutrition under varying soil moisture conditions on some physiological features of fragrant basil (*Ocimum basilicum* L.). Ecol Chem Eng 15
- Mitchell A** (1996) Fertilizer Guide for Peppermint and Spearmint (East of the Cascades). Field Guide 69. Oregon State University Extension Service Publication, Corvallis, USA
- Morard P, Pujos A, Bernadac A, Bertoni G** (1996) Effect of temporary calcium deficiency on tomato growth and mineral nutrition. J Plant Nutr 19:115-127
- Moreno L, Bello R, Primo-Y fera E** (2002) Esplugues, J. Pharmacological

properties of the methanol extract from *Mentha suaveolens* Ehrh.
Phytother Res 16:10-13

Nawrocki T (2010) UAA.

http://accs.uaa.alaska.edu/files/invasive-species/Mentha_spicata_BIO_MESP3.pdf Accessed 22 May 2018

Ninfali P, Mea G, Giorgini S, Rocchi M, Bacchiocca M (2005) Antioxidant capacity of vegetables, spices and dressings relevant to nutrition. *Br J Nutr* 93:257-266

Ochiai E (1987) Structural functions. *In* E Frieden, ed, General principles of biochemistry of the elements. Plenum Press, NY, USA, pp 197-212

Oumzil H, Ghouлами S, Rhajaoui M, Ildrissi A, Fkih-Tetouani S, Faid M, Benjouad A (2002) Antibacterial and antifungal activity of essential oils of *Mentha suaveolens*. *Phytother Res* 16:727-731

Ovejero I, Carvalho M, Marques A, Llabre J (2005) Quantitative determination of essential and trace element content of medicinal plants and their infusions by XRF and ICP techniques. *X-Ray Spectrom* 34: 213-217

Owen D (2008) The herbal internet companion: herbs and herbal medicine online. Haworth Press, Binghamton, USA

Peaslee D, Moss D (1966) Photosynthesis in K-and Mg-deficient maize leaves. *Soil Sci Soc Am Pro* 30:220-223

- Pietrella D, Angiolella L, Vavala E, Rachini A, Mondello F, Ragno R, Bistoni F, Vecchiarelli A** (2011) Beneficial effect of *Mentha suaveolens* essential oil in the treatment of vaginal candidiasis assessed by real-time monitoring of infection. BMC Complement Altern Med 11:18. doi: 10.1186/1472-6882-11-18
- Pleith C** (2001) Plant calcium signaling and monitoring: Pros and cons and recent experimental approaches. Protoplasma 218:1-23
- Qing W** (2002) *Mentha's* historical textual research and clinical new application. Journal of Haidian University 2002-02
- Rao I, Sharp R, Boyer J** (1987) Leaf magnesium alters photosynthetic response to low water potentials in sunflower. Plant Physiol 84:1214-1219
- Ruberto G, Baratta M, Deans S, Dorman H** (2000) Antioxidant and antimicrobial activity of *Foeniculum vulgare* and *Crithmum maritimum* essential oils. Planta Med 66:687-693
- Sakai-Wada A, Yagi S** (1993) Ultrastructural studies on the Ca²⁺ localization in the dividing cells of the maize root tip. Cell Struct Funct 18:389-397
- Santos O, Muller C, Pires C, Tonetto S, Medeiros R** (2004) Production of hydroponic forage barley and maize and their use in feeding lambs. UFSM/CCR. Informe tecnico. Santa Maria, Brazil, pp 8

- Scherer R, Lemos M, Lemos M , Martinelli G, Martins J, da Silva A (2013) Antioxidant and antibacterial activities and composition of Brazilian spearmint(*Mentha spicata* L.). Ind Crop Prod 50:408-413
- Shear C, Faust M (1980) Nutritional ranges in deciduous tree fruits and nuts. Hort Rev 2:142-164
- Silva D, Silva Junior M, Viegas I, Lobato A, Melo V, Botelho S, Silva G, Freitas J, Oliveira Neto C et al. (2014) Growth and visual symptoms of nutrient deficiencies in young *Mentha piperita* plants. J Food Agric Environ 12:292-296
- Smolik M, Rzepka-plevnes D, Jadczyk D, Sekowska A (2007) Morphological and genetic variability of chosen *Mentha* species, Herba Pol 53:90-97
- Stringaro A, Vavala E, Colone M, Pepi F, Mignogna G, Garzoli S, Cecchetti S, Ragno R, Angiolella L (2014) Effects of *Mentha suaveolens* essential oil alone or in combination with other drugs in *Candida albicans*. Evid Based Complement Alternat Med 2014:125904. doi:10.1155/2014/125904
- Stulen I, Posthumus F, Amancio S, Masselink-Beltman I, Muller M, De Kok L (2000) Mechanism of H₂S phytotoxicity. In C Brunold, ed, Sulfur Nutrition and Sulfur Assimilation in Higher Plants: Molecular, Biochemical and Physiological Aspects, Bern, Switzerland, pp 381-383
- Supanjani, Tawaha A, Yang M, Lee K (2005) Calcium effects on yield, mineral uptake and terpene components of hydroponic

Chrysanthemum coronarium L. Int J Botany 1:196-200

Szczebiot M (2002) Effect of mineral fertilization on yielding of spring false flax and crambe. Rosliny Oleiste Oilseed Crops 23:141-150

Szymczycha-Madeja A, Welna M, Zyrnicki W (2013) Multi-element analysis, bioavailability and fractionation of herbal tea products. J Braz Chem Soc 24:777-787

Takagi S, Nagai R (1983) Regulation of cytoplasmic streaming in *Vallisneria* mesophyll cells. J Cell Sci 62:385-405

Tapsell L, Hemphill I, Cobiac L, Patch C, Sullivan D, Fenech M, Roodenrys S, Keogh J, Clifton M et al. (2006) Health benefits of herbs and spices: the past, the present, the future. Med J Aust 185:4-24

Taylor L, Hepler G (1997) Pollen germination and tube growth. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol 48:461-191

Telci I, Demirtas I, Bayram E, Arabaci O, Kacar O (2010) Environmental variation on aroma components of pulegone/piperitone rich spearmint (*Mentha spicata* L.). Ind Crop Prod 32:588-592

Thoaison W, Weier T (1962) The fine structure of chloroplasts from mineral-deficient leaves of *Phaseolus vulgaris*. Am J Bot 49:1047-1055

Tian H, Kuang A, Musgrave M, Russell S (1998) Calcium distribution in

fertile and sterile anthers of a photoperiod-sensitive genic male-sterile rice. *Planta* 204:183-192

Tian H, Russell S (1997) Calcium distribution in fertilized and unfertilized ovules and embryo sacs of *Nicotiana tabacum* L. *Planta* 202:93-105

Tucker, A, Naczi R (2006) *Mentha*: an overview of its classification and relationships. In *Mint: The Genus Mentha*, B.M. Lawrence, ed, CRC, Taylor & Francis Group, Boca Raton, USA, pp 1-39

Valmorbida J, Boaro C (2007) Growth and Development of *Mentha piperita* L. in Nutrient Solution as Affected by Rates of Potassium. *Braz Arch Biol and Technol* 5:379-384

White R, Hartzell H (1989) Magnesium ions in cardiac function: regulator of ion channels and second messengers. *Biochem Pharmacol* 38:859-867

Wikstrom F, Ericsson T (1995) Allocation of mass in trees subject to nitrogen and magnesium limitation. *Tree Physiol* 15:339-344

Yi W, Ywezstein H (2011) Anti-tumorigenic activity of five culinary and medicinal herbs grown under greenhouse conditions and their combination effects. *J Sci Food Agric* 91:1849-1854

Zaidi F, Voirin B, Jay M, Viricel M (1998) Free flavonoid aglycones from leaves of *Mentha pulegium* and *Mentha suaveoles* (Labiatae). *Phytochemistry* 48:991-994

Zheljazkov V, Margina A (1996) Effect of increasing doses of fertilizer application on quantitative and qualitative characters of mint. Acta Horti 426:579-592