

ORIGINAL ARTICLE

상토 환경에서 고추(*Capsicum annuum* L.), 오이(*Cucumis sativus* L.) 및 배추(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*)에 대한 성장촉진제로서 아인산 처리의 평가

권상문 · 이예은 · 박영민 · 김덕원 · 박지수 · 오은지 · 유진¹⁾ · 정근욱*

충북대학교 농업생명환경대학 환경생명화학과, ¹⁾경기연구원 생태환경연구실

Evaluation of Phosphorus Acid Treatment as a Growth Stimulant for Red pepper (*Capsicum annuum* L.), Cucumber (*Cucumis sativus* L.), and Kimchi cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*) in the Bed Soil Environment

Sang-Moon Kwon, Ye-Eun Lee, Young-Min Park, Deok-Won Kim, Ji-Su Park, Eun-Ji Oh, Jin Yoo¹⁾, Keun-Yook Chung*

Department of Environmental & Biological Chemistry, College of Agriculture, Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

¹⁾Department of Ecology & Environment, Gyeonggi Research Institute, Suwon 16207, Korea

Abstract

This study was conducted to evaluate the effect of phosphorus acid (H_3PO_3) addition to the horticultural bed soil on the initial growth of red pepper (*Capsicum annuum* L. cv.), cucumber (*Cucumis sativus* L. cv.), and kimchi cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* (Lour.) Rupr. cv.). The stem heights of red pepper and cucumber were 46.1% and 23.0% greater in the 50 mg/L of phosphorus acid treatment than the untreated (control). Further, the stem diameter of pepper and cucumber were 48.7% and 23.0% greater in the 50 mg/L of phosphorus acid treatment than the control. In addition, the number of kimchi cabbage leaves was 47.5% greater in the 50 mg/L of phosphorus acid treatment than the control. The dry weights of red pepper, cucumber and kimchi cabbage were 72.9%, 16.5%, and 30.4% heavier in the 50 mg/L than the control, respectively. Cations (K, Ca, and Mg) and total phosphorus (T - P) were quantitatively analyzed for these three horticultural crops. The concentrations of K, Ca, and Mg, and T - P were higher in the 50 mg/L of phosphorus acid than the control, respectively. Based on the results obtained in this study, it appears that treatment of phosphorus acid in horticultural bed soil enhanced the growth of red pepper, cucumber and Kimchi cabbage.

Key words : Phosphorus acid, Bed soil, Stimulating growth agent, Horticultural crops, Environment

Received 30 November, 2019; Revised 23 January, 2020;

Accepted 6 February, 2020

*Corresponding author: Keun-Yook Chung, Department of Environmental & Biological Chemistry, College of Agriculture, Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea
Tel : +82-43-261-3383
e-mail : kychung@cbnu.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

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.

1. 서론

우리나라에서는 1970년대 이후 원예 산업의 발달로 인해 모종의 연중 생산량이 증가되고, 플러그 트레이를 이용한 양질의 모종을 편리하게 키울 수 있는 육묘기술이 보급됨에 따라 상토의 사용량이 크게 증가되었다(Lee, 2004). 플러그 트레이는 1990년대에 국내에 도입된 이후 온실의 대규모화와 온실의 환경조건을 조절하여 작은 공간에서 많은 작물을 육묘할 수 있다. 또한, 재배과정의 자동화에 의해 재배 일정이 조정가능하고 생력화 등의 많은 이점으로 인해 플러그 트레이의 생산면적이 매년 증가하고 있다(Lee et al., 2007). 이렇게 육묘산업이 발달함에 따라, 작물의 안정적 생산에 필수적인 육묘용 상토의 사용량이 급격히 증가하고 있다. 원예작물용 상토는 통기성, 보수력, 보비력 등의 물리성이 적절해야 하고 화학적 활성이 없어서 화학적으로 안정되어야 하며 근권 내에서 안정된 pH를 유지해야 한다(Kim et al., 2010; Lee et al., 2010). 국내외적으로 상토제조에 많이 사용되는 원자재로는 피트모스(Lee et al., 2006; Kim and Kim, 2011), 코코피트(Awang et al., 2009), 제올라이트(Gül et al., 2005) 등이 있다. 하지만, 국내에서는 유기성 상토 재료인 피트모스, 코코피트 등을 전량 수입하고 있다. 또한, 물리 화학성을 개선하기 위하여 유기성, 무기성 원료를 혼합하여 많이 사용하고 있다(Wilson, 1983, 1985; Lee et al., 2012). 수입의존도가 높은 상토의 원재료를 대체할 원료를 개발하는 연구도 중요하지만, 본래의 기능인 양질의 묘를 생산하기 위해서는 기존의 상토와는 다른 기능 및 효과가 첨가되는 연구가 필요하다. 또한 양질의 묘를 생산하기 위해 상토의 기본 특성을 바탕으로 육묘기간 동안 병이나 해충 등 피해를 줄일 수 있는 방안이 필요하다.

아인산(phosphorous acid, H_3PO_3)은 인산에서 -O기가 떨어져 나가서 생기는 P - H 구조로 작물에 흡수되면 작물체내에서 자유롭게 이동할 수 있다(McDonald et al., 2001). 일부 아인산 제제들은 phytophora 뿌리의 부패를 막기 위한 효과적인 살균제로 알려져 있다(Barrett et al., 2003). 그러나, 파인애플, 아보카도, 피망 등 여러 농산물의 성장과 수확량 증가시키고(Pegg et al., 1985; Förster et al., 1998; Orbović et al., 2008), 오렌지 나무의 경우 겨울철 아인산 엽면 살포를

통해 개화와 과일 수확량의 증가에 긍정적인 효과를 보인다(Gómez-Merino and Trejo-Téllez, 2015). 또한, 일부의 아인산 제제들은 토양 또는 엽면 살포용 비료로 권장되고 있다. 하지만, 작물에서 아인산이 인의 영양소로 이용되는 메커니즘, 식물 성장에 미치는 영향과 뿌리 부패에 민감한 작물에 대해서는 더 많은 연구가 필요한 실정이다(Thao and Yamakawa, 2009). 따라서, 본 연구는 상토 환경에서 아인산이 원예 작물(고추, 오이, 배추)의 초기 생육(초장, 경경, 엽수, 건조중량, 생체중량), 양이온(K, Ca, Mg), 총 인(T - P)에 미치는 영향을 평가하고자 한다. 또한, 아인산이 첨가된 원예용 상토를 분석하여 비료 공정 규격에 적합성을 판단한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시험 작물 및 상토

육묘시험을 한 상토는 N사에서 생산하여 판매되는 범용상토 중 대표적인 원조믹스의 원료와 제조방법을 사용하였다. 원예용 상토 제조에 사용된 원료 배합 비율은 코코피트 55 ~ 60%, 피트모스 15 ~ 20%, 질석 5 ~ 10%, 제올라이트 10 ~ 15%, 펄라이트 5 ~ 10%이고 단일 원료를 잘 혼합하여 50L로 제조하였다. 상토 내 비료는 기비상토를 사용하였다.

원예작물 중 고추, 오이, 배추를 선택하여 실험에 사용하였다. 고추는 홍농종묘의 녹광(*Capsicum annuum* L. cv.), 오이는 아시아종묘의 글로리삼척(*Cucumis sativus* L. cv.), 배추는 홍농종묘의 불암3호(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* (Lour.) Rupr. cv.)를 사용하였다. 시험작물은 충북 진천에 위치한 회사의 부설농장의 플러그 포트에서 28 ~ 35°C로 재배되었고, 고추는 50구, 오이는 25구, 배추는 105구를 사용하였다. 또한, 고추는 일반적으로 육묘 전 모판에서 종자를 발아시켜 플러그 포트에 가식하여 육묘하였고, 오이와 배추는 플러그 포트에 직접 파종하여 발아시켜 육묘를 하였다.

2.2. 아인산 처리구 제조

본 실험에 사용한 아인산(phosphorous acid, H_3PO_3)은 우리나라 C사가 중국으로부터 수입하여 판매하는 제품으로 사용하였다. 아인산 처리는 상토 혼합 후 다음과

같이 물에 희석하여 상토 50 L당 아인산 수용액 0, 10, 25, 50, 100, 200 mg/L 농도별로 각각 첨가하여 처리구를 제조하였다.

2.3. 상토의 시료 채취 및 분석

상토 시료 채취는 시험상토를 육묘 전과 육묘 후로 나누어 채취하였고 육묘 후의 시료 채취 시 재배작물과 분리하여 채취하였다. 상토 분석은 비료의 품질검사방법 및 시료채취기준에 따라 분석하였으며 농촌진흥청에서 발행한 토양 및 식물체 분석법에 준하여 분석하였다(RDA, 2016). 수소이온농도(pH)는 채취한 상토 시료를 현물상태에서 5 g을 취하여 25 mL의 증류수를 가하여 1 시간 진탕 후 pH meter를 이용하여 측정한다. 전기전도도(EC)는 채취된 상토 시료 10 g을 취하여 50 mL의 증류수를 가하여 1 시간 후 No.2 여과지로 여과하여 전기전도도 측정 장치로 측정한다. 암모니아태 질소($\text{NH}_4^+\text{-N}$)는 상토 시료를 현물상태에서 10 g, 준경량상토 또는 경량상토는 A g ($A=10 \times$ 용적밀도)을 취하여 100 mL 삼각플라스크에 넣고 2 M KCl 50 mL를 가한 뒤 30분간 진탕한 후 No.2 여과지로 여과한다. 여과액을 10 mL을 취하여 Kjeldahl tube에 넣고 가열 후 방랭시킨 산화마그네슘(Magnesium oxide, MgO)을 적당량 첨가한 뒤 Kjeldahl을 이용하여 증류한다.

2.4. 초기 생육 조사

아인산 처리에 대한 효과를 확인하기 위해 고추 정식 후 6주, 오이와 배추는 파종 후 4주 동안 식물체의 초장, 경경, 엽수를 작물별로 측정하였다. 각 처리구당 고추 3반복, 오이 3반복, 배추 3반복으로 재배하였고 아인산 이외에 모든 처리구의 상토에 작물 생육에 필요한 영양분을 공급하지 않았다. 생육조사는 초장과 경경은 고추와 오이를 측정하였고 엽채류인 배추는 엽수를 5일 간격으로 측정하여 통계분석을 실시하였다. 육묘 실험 종료 후 각 처리구당 상토를 최대한 제거한 후 고추와 오이는 10 개체에 대하여 생체중량을 측정하였고, 배추는 고추와 오이에 비해 크기가 작으므로 전량시료채취를 실행하여 시험작물 모두의 생체중량을 측정하였다. 생체중량 측정 후 70~80°C에서 3일간 건조시킨 후 건조중량을 측정하여 통계분석 하였다.

2.5. 식물체 분석 - 양이온(K, Ca, Mg) 및 인산(T - P)

식물체분석은 건조 후 분쇄된 식물체 시료 0.5 g을 micro-Kjeldahl 플라스크에 취한 다음 진한 H_2SO_4 5 mL를 가한 뒤 시료와 분해용액이 첨가되어 있는 micro-Kjeldahl 플라스크를 Block digester와 결합하여 270~300°C에서 약 1시간 분해시킨 후 방열한다. 충분히 방열시킨 후 분해액을 No.6 150 mm의 여과지를 이용하여 100 mL 플라스크에 표정한 후 이 여과액을 K, Ca, Mg, P의 분석에 사용하였다(RDA, 2000). 측정은 유도결합플라즈마 분광기(ICP-OES)는 OPTIMA 5300V (Perkin Elmer Inc. USA)를 이용하여 측정하였다.

2.6. 통계분석

통계분석은 SAS package (Statistical Analysis System, version 9.1, SAS institute Inc.)를 이용하여 3반복 분석한 데이터를 통계분석 하였고 유의성 검정은 ANOVA (analysis of variance)를 이용한 분석과 Fisher's LSD (Least Significant Difference) Test를 이용하여 실시하였고 신뢰구간은 95% 수준으로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 초기생육 조사

고추(*Capsicum annuum* L.)의 무처리구와 아인산 처리구간의 생육의 차이는 2주에서 3주 사이에 차이를 보이기 시작하였고, 고추의 일반적인 육묘기간인 6주차까지 무처리구와 처리구간의 생육차이는 일정하게 유지되었다. 본 연구결과, 고추의 뿌리는 무처리구에 비해 처리구가 초기 생육에 효과를 보였다(Fig. 1). 또한, 초장은 모든 처리구(10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 200 mg/L)에서 11.0~17.3 cm로 무처리구에 비해 증가하였다(Table 1). Lee et al.(2001)의 연구결과에 따르면, 고추에 250, 500, 1000, 1500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 농도로 아인산 처리를 하였을 때, 무처리구에 비하여 2.0~5.0% 생육이 증진하였다.

고추의 경경을 측정한 결과(Table 1), 모든 처리구에서 7.8%, 7.8%, 48.7%, 33.3%, 39.9% 차이로 무처리구에 비해 증가하였으며, 50 mg/L에서 가장 많은 차이를 보였다. 또한, 건조중량은 모든 처리구에서 27.0%, 60.7%, 72.9%, 57.9%, 66.4% 차이로 무처리구에 비해 증가하였으며, 처리구 중 50 mg/L가 가장 많은 차이를 보였다. Chang et al.(2000)의 연구 결과에 따르면, 아인

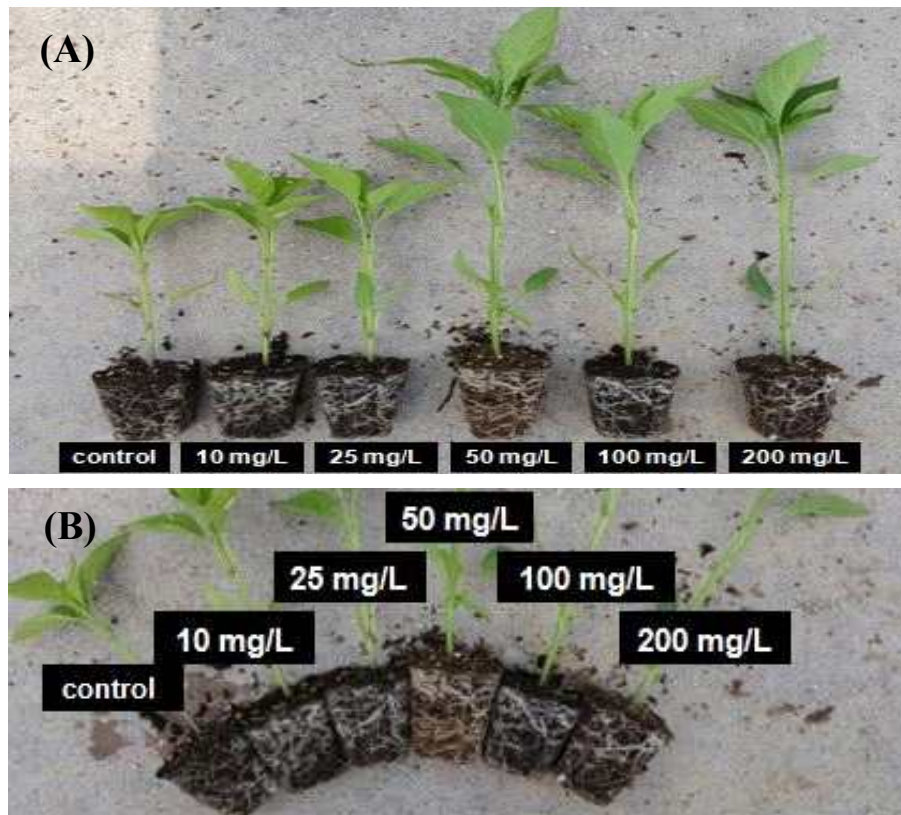


Fig. 1. Photograph showing (A) the initial growth and (B) root growth of red pepper (*Capsicum annuum* L.) in the phosphorus acid-treated and untreated (control) horticultural bed soils.

Table 1. Heights, stem diameter, fresh and dry weights of red pepper (*Capsicum annuum* L.) in the phosphorus acid-treated and untreated (control) horticultural bed soil

H ₃ PO ₃ concentration (mg/L)	Height (cm)	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g/pl.)	Dry weight (g/pl.)
0	9.3±0.58 b ²	2.0 ± 0.00 c ²	69.2±0.05 f	9.9±0.08 f
10	11.6±0.58 b	2.1 ± 0.29 c	89.8±0.13 e	13.6±0.05 e
25	11.0±1.00 b	2.1 ± 0.29 c	167.8±0.20 b	25.3±0.09 c
50	17.3±2.52 a	3.9 ± 0.36 a	224.6±0.20 a	36.6±0.21 a
100	16.0±2.00 a	3.0 ± 0.50 b	143.3±0.19 d	23.5±0.22 d
200	16.6±1.53 a	3.3 ± 0.58 ab	158.8±0.28 c	29.6±0.28 b

All values are means ± SD.

²Means in the column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Fisher's LSD test at 5% probability.

산을 고추에 이용하였을 때 초장에는 큰 차이가 없었으나, 생체중량과 건조중량에서는 유의한 차이를 보였다.

오이(*Cucumis sativus* L.)의 뿌리는 무처리구에 비해 처리구가 초기 생육과 뿌리생육에 효과를 보이는 것으로

사료된다(Fig. 2). 또한, 초장은 모든 처리구에서 10.4%, 14.2%, 23.0%, 20.0%, 16.6% 차이로 무처리구에 비해 증가하였으며, 처리구 중 50 mg/L가 가장 많은 차이를 보였다(Table 2). 오이의 경경을 측정한 결과, 무처리구

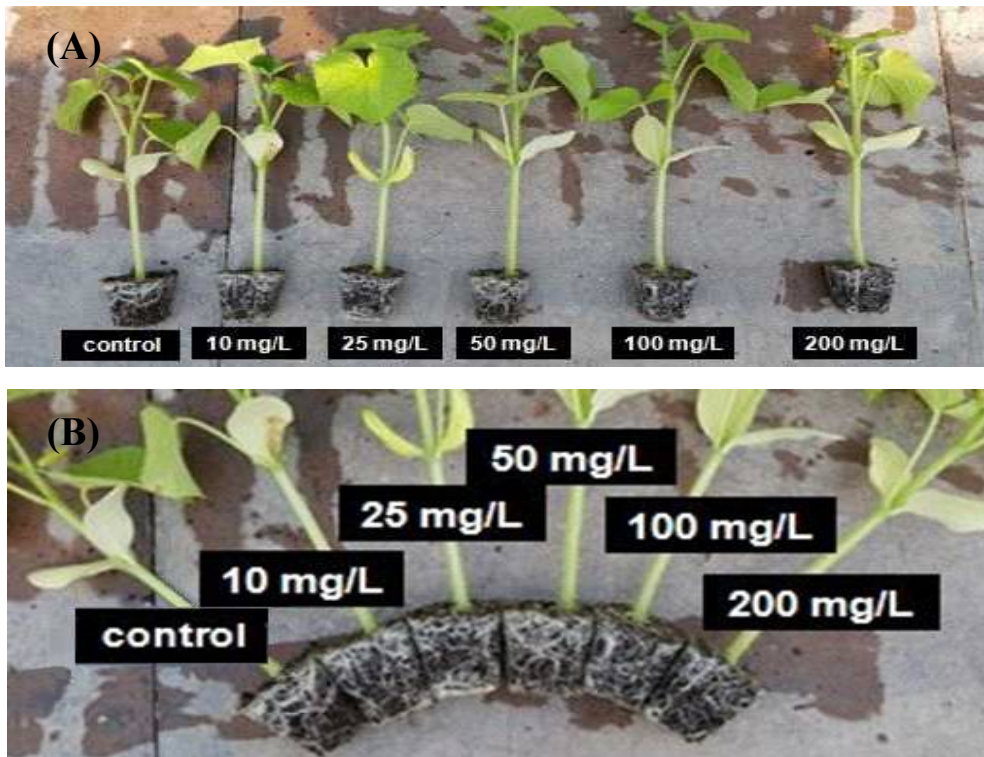


Fig. 2. Photograph showing (A) the initial growth and (B) root growth of cucumber (*Cucumis sativus* L.) in the phosphorus acid-treated and untreated (control) horticultural bed soils.

Table 2. Heights, Stem diameter, fresh and dry weights of cucumber (*Cucumis sativus* L.) in the phosphorus acid-treated and untreated (control) horticultural bed soils

H ₃ PO ₃ concentration (mg/L)	Height (cm)	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g/pl.)	Dry weight (g/pl.)
0	20.0±1.00 d ^c	7.3±1.53 a	302.6±0.16 d	51.8±0.05 d
10	22.3±0.58 c	7.6±0.58 a	296.0±0.04 e	47.4±0.21 f
25	23.3±0.58 bc	8.5±0.50 a	290.8±0.21 f	50.7±0.13 e
50	26.0±1.00 a	8.6±0.58 a	359.6±0.34 a	62.1±0.15 a
100	25.0±1.00 ab	7.3±0.58 a	324.4±0.32 c	54.6±0.30 c
200	24.0±1.00 bc	7.3±0.58 a	347.7±0.18 b	58.8±0.23 b

All values are means ± SD.

^cMeans in the column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Fisher's LSD test at 5% probability.

를 포함한 모든 처리구의 유의적 차이는 보여주지 못하였으나, 50 mg/L의 아인산 처리구에서 가장 큰 값을 얻은 초장의 결과와 같은 패턴을 보였다. 건조중량은 50 mg/L, 100 mg/L, 200 mg/L 처리구에서 16.5%, 5.0%, 11.9% 차이로 무처리구에 비해 증가하였으며, 50 mg/L

의 아인산이 처리된 상토에서 오이를 육묘하였을 때 생체중량과 건조중량에 있어 처리구 중 효과가 가장 컸다.

배추(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*)의 뿌리는 무처리구에 비해 처리구가 초기 생육과 뿌리 생육에 효과를 보였다(Fig. 3). 또한, 배추의 염수는 모든 처

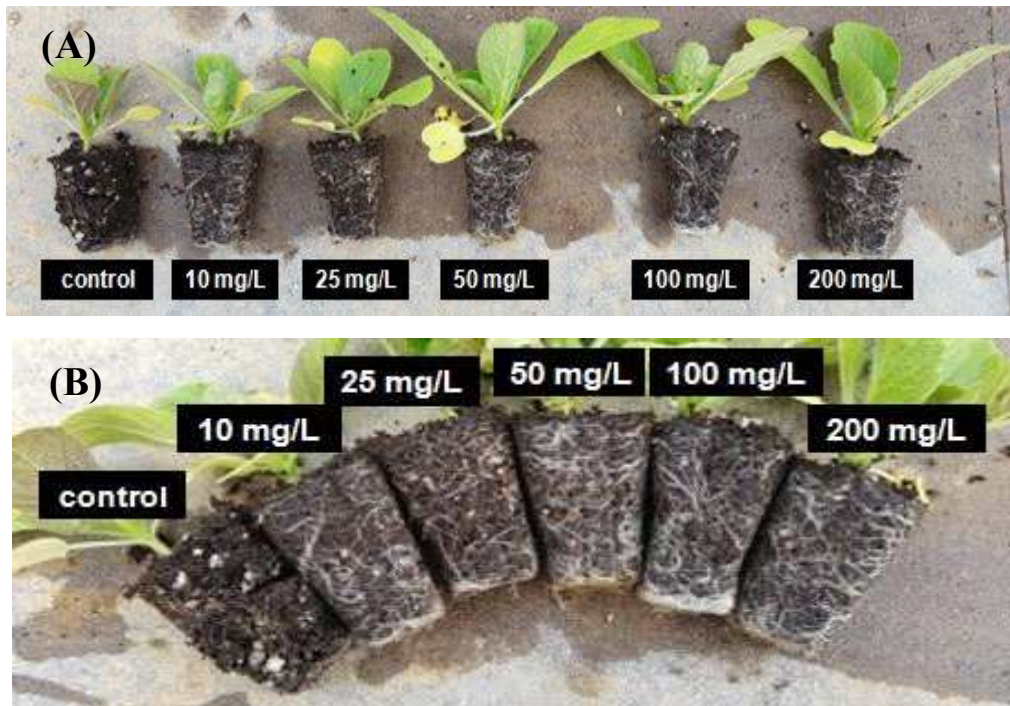


Fig. 3. Photograph showing (A) the initial growth and (B) root growth of kimchi cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*) in the phosphorus acid-treated and untreated (control) horticultural bed soils.

Table 3. Number of leaves, fresh and dry weights of kimchi cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*) in the phosphorus acid-treated and untreated (control) horticultural bed soils

H ₃ PO ₃ concentration (mg/L)	No. of leaves	Fresh weight (g/pl.)	Dry weight (g/pl.)
0	3.6±0.58 d ^c	113.3±0.56 d	21.3±0.04 d
10	4.6±0.58 cd	94.6±0.51 f	19.6±0.15 e
25	4.6±.58 cd	96.5±0.27 e	17.7±0.44 f
50	7.0±1.00 a	198.2±0.12 a	30.6±0.21 a
100	6.3±0.58 ab	160.4±0.07 b	25.8±0.09 c
200	5.3±0.58 bc	152.6±0.13 c	28.8±0.20 b

All values are means ± SD.

^cMeans in the column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Fisher's LSD test at 5% probability.

리구 (10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 200 mg/L)에서 21.4%, 21.4%, 47.5%, 42.0%, 31.1% 차이로 무처리구에 비해 증가하였으며, 처리구 중 50 mg/L가 가장 많은 차이를 보였다(Table 3). 또한, 배추의 생체중량과 건조중량을 측정된 결과, 건조중량은 50 mg/L, 100 mg/L, 200 mg/L 처리구에서 30.4%, 17.6%,

26.1% 차이로 무처리구에 비해 증가하였으며, 50 mg/L의 아인산이 처리된 상토에서 배추를 육묘하였을 때 생체중량과 건조중량에 있어 가장 효과가 컸다.

아인산은 식물체에서 저항성을 일으킬 뿐만 아니라 병원균의 생육을 직접 억제하는 효과를 가지고 있다고 알려져 있다(Bower and Coffey, 1985; Lee et al., 2001).

Table 4. Effects of cation (K, Ca, Mg) and total phosphorus (T-P) in red pepper (*Capsicum annuum* L.)

	H ₂ PO ₃ concentration (mg/L)	Leaves (mg/kg)	Stem (mg/kg)	Root (mg/kg)
Potassium (K)	0	2010.7±66.62 b	776.6±33.43 d	818.3±59.82 d
	10	1658.3±6.09 c	784.7±43.40 d	882.3±49.15 d
	25	1055.5±6.07 e	588.0±20.76 d	1095.4±16.95 c
	50	2569.4±131.40 a	1521.1±119.41 c	668.6±129.30 e
	100	1171.6±30.55 d	3031.0±337.35 a	4514.8±92.90 a
	200	818.1±27.01 f	2389.6±110.00 b	3337.0±41.98 b
Calcium (Ca)	0	726.7±41.49 b	244.9±22.79 c	239.2±56.66 e
	10	640.1±2.11 c	170.6±10.58 d	246.3±16.81 e
	25	576.9 ± 3.73 d	168.9±7.70 d	511.4±6.31 b
	50	882.4±33.65 a	178.4±9.83 cd	329.0±29.86 d
	100	464.8±10.64 e	501.9±67.78 b	560.1±21.44 a
	200	501.3±19.72 e	821.3±44.66 a	449.0±5.84 c
Magnesium (Mg)	0	399.5±12.53 c	49.0±2.26 d	210.7±16.43 c
	10	365.4±3.54 c	51.8±2.85 d	215.8±12.25 c
	25	372.6±10.85 d	59.4±2.29 d	413.2±5.27 a
	50	435.3±14.60 a	493.5±23.61 a	255.9±3.07 b
	100	319.0±7.34 e	330.9±38.49 b	265.0±5.78 b
	200	402.0±20.29 b	116.5±9.18 c	193.1±38.14 e
T-P	0	15.3±1.47 b	4.3±0.58 c	5.0±1.51 c
	10	12.3±0.37 d	2.3±0.08 d	5.4±0.18 c
	25	13.6±0.35 c	2.8±0.14 cd	5.7±0.15 c
	50	25.4±0.58 a	3.6±0.03 cd	5.9±0.17 c
	100	8.2±0.30 e	17.8±1.72 b	14.0±0.77 b
	200	7.7±0.27 e	21.9±1.18 a	19.9±0.99 a

All values are means ± SD.

하지만, 본 연구에서 아인산을 처리하고 2주 동안 약해 증상은 관찰되지 않았다. 또한, 본 연구결과를 토대로 무처리구에 비해 아인산 처리구가 초기 생육에 효과를 보이는 것으로 사료된다.

3.2. K, Ca, Mg, T - P 평가

3.2.1. 고추(*Capsicum annuum* L.)

아인산이 처리된 고추 잎에서 K의 함량은 처리구 50 mg/L에서 가장 높았고, 나머지 처리구(10 mg/L, 25 mg/L, 100 mg/L, 200 mg/L)는 무처리구에서 보다 K 함량이 감소하였다(Table 4). 줄기에서의 K 함량은 처리구 25 mg/L를 제외한 나머지 처리구가 무처리구에 비해 K

함량이 증가하였으며, 줄기부분에서 처리구 100 mg/L가 K 함량이 가장 높았다. 뿌리의 K 함량은 처리구 50 mg/L를 제외한 나머지의 처리구에서 무처리구에 비해 K 함량이 증가되었고, 100 mg/L에서 K 함량이 가장 높았다.

Mg 함량은 잎에서 무처리구와 비교를 했을 때 0.6 ~ 20.1%의 차이를 보였다. 무처리구에 비해 처리구 10 mg/L, 25 mg/L, 100 mg/L는 Mg 함량이 감소하였으며, 50 mg/L, 200 mg/L은 증가하였다. 또한, 줄기에서는 무처리구에 비해 5.4 ~ 90.0% 증가된 함량을 보였고, 50 mg/L에서 Mg 함량이 가장 높았다. 뿌리에서는 무처리구에 비해 2.3 ~ 48.9%의 차이를 보였다. 처리구 200

Table 5. Effects of cation (K, Ca, Mg) and total phosphorus (T-P) in cucumber (*Cucumis sativus* L.)

	H ₃ PO ₃ concentration (mg/L)	Leaves (mg/kg)	Stem (mg/kg)	Root (mg/kg)
Potassium (K)	0	492.3±10.15 c	703.8±182.34 ab	667.0±49.20 e
	10	614.1±106.11 b	850.5±174.63 a	1182.4±79.00 c
	25	642.8±72.95 b	685.7±24.26 ab	1396.7±16.11 ab
	50	732.7±3.68 a	647.6±73.50 ab	871.6±83.53 d
	100	632.7±4.98 b	464.2±151.79 b	1287.8±116.38 bc
	200	583.4±10.96 b	669.0±84.77 ab	1505.6±29.61 a
Calcium (Ca)	0	421.9±11.30 d	831.5±18.71 c	2110.0±35.49 a
	10	598.0±92.14 c	953.7±57.75 b	1606.6±97.16 c
	25	978.1±101.46 b	784.3±16.15 c	1922.4±21.64 ab
	50	1151.2±18.18 a	1329.0±20.65 a	1145.6±77.01 d
	100	1053.2±8.20 b	432.4±36.08 d	1846.4±147.88 b
	200	1013.4±5.18 b	790.2±19.25 c	1842.0±154.30 b
Magnesium (Mg)	0	307.9±4.95 b	492.7±6.96 d	229.8±15.22 c
	10	157.3±3.63 d	663.7±15.70 b	705.4±12.29 a
	25	213.5±21.84 c	511.2±11.03 cd	644.3±7.66 a
	50	398.0±60.97 a	848.3±60.62 a	522.5±30.75 b
	100	249.7±1.91 c	308.4±26.37 e	685.1±54.02 a
	200	250.6±1.25 c	544.8±11.90 c	642.1±53.47 a
T-P	0	8.2±0.38 b	3.9±0.16 d	12.4±0.36 bc
	10	3.3±0.11 d	5.0±0.17 bc	11.2±0.55 c
	25	7.4±0.62 c	4.6±0.15 c	13.5±0.93 b
	50	13.4±0.15 a	7.7±0.71 a	7.0±0.37 d
	100	8.0±0.44 bc	2.7±0.17 e	15.4±0.41 a
	200	12.7±0.53 a	5.4±0.09 b	15.3±1.15 a

All values are means ± SD.

mg/L를 제외한 나머지 처리구는 무처리구에 비해 Mg 함량이 증가되었고, 25 mg/L의 Mg 함량이 가장 높았다.

T - P 함량은 잎에서 무처리구에 비해 10.7~46.3%의 차이를 보였으며, 무처리구에 비해 50 mg/L을 제외한 나머지 처리구의 P 함량은 감소하였다. 줄기에서 처리구의 T - P 함량은 무처리구에 비해 16.4~80.3%의 차이를 보였으며, 200 mg/L에서 가장 높았다. 뿌리에서 처리구의 T - P 함량은 무처리구에 비해 6.8~74.8%의 차이를 보였으며, 모든 처리구가 무처리구에 비해 T - P 함량이 증가되었고, 200 mg/L에서 가장 높았다. Förster et al.(1998)의 연구결과에 따르면, 고추와 같은 과채류인 피망에 인산염을 처리한 줄기와 잎은 무처리구보다 인산

의 농도가 높았다. 반면, 피망은 식물체에 사용할 수 있는 뿌리 조직의 양이 인산염 분석에 충분하지 않았으며, 이를 통해 뿌리 조직에는 인산염의 효과가 없는 것으로 보고하였다. Park et al.(2011)에 의하면, 돈분 액비와 화학 비료 시비량의 처리양을 같게 했을 때 고추는 액비 처리에 의하여 P와 K의 양은 증가하였으나 Ca 및 Mg은 감소하는 경향을 보임을 보고하였다. 이를 통해 적정량의 아인산의 농도를 처리했을 때 유의성이 있는 것으로 보아 돈분 액비에 비해 효과가 있을 것으로 판단된다.

3.2.2. 오이(*Cucumis sativus* L.)

K 함량은 아인산 처리된 오이 잎에서 무처리구에 비해

Table 6. Effects of cation (K, Ca, Mg) and total phosphorus (T-P) in kimchi cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*.)

H ₃ PO ₃ concentration (mg/L)	Shoot (mg/kg)	Root (mg/kg)
0	757.9±30.13 cd	492.8±37.19 d
10	740.0±42.53 d	787.7±86.85 c
25	806.3±14.11 c	813.2±142.03 bc
50	1010.3±32.03 b	1166.2±29.05 a
100	1274.9±27.07 a	676.0±10.88 c
200	1296.58±22.83 a	947.76±5.03 b
0	499.5±22.30 e	402.6±36.12 c
10	597.4±43.52 d	665.6±83.21 b
25	983.5±21.81 b	773.1±154.71 b
50	1544.1±40.74 a	675.6±11.73 b
100	890.8±27.81 c	1023.7±25.59 a
200	853.8±31.08 c	801.2±3.14 b
0	181.2±7.04 f	357.6±27.61 d
10	451.6±26.55 e	571.0±63.57 c
25	520.5±8.79 d	434.8±75.00 d
50	1174.6±26.56 a	693.6±9.58 a
100	878.2±19.78 b	598.1±11.24 bc
200	634.4±19.15 c	664.4±17.52 ab
0	11.8±0.36 c	3.8±0.23 c
10	8.0±1.09 d	4.1±0.19 c
25	6.0±0.25 e	8.5±0.14 a
50	13.7±0.25 b	8.5±1.15 a
100	7.6±0.08 d	6.8±0.04 b
200	16.6±0.40 a	6.3±0.07 b

All values are means ± SD.

19.8 ~ 32.8%의 차이를 보였다 (Table 5). 또한, 앞에서 모든 처리구가 무처리구에 비해 K함량이 증가되었으며, 50 mg/L에서 가장 높았다. 줄기에서의 K함량은 무처리구에 비해 2.5 ~ 34.0%의 차이가 났으나 10 mg/L의 처리구를 제외한 나머지 처리구에서는 무처리구에 비해 K함량이 감소되었다. 뿌리에서의 K함량은 무처리구에 비해 23.4 ~ 55.6%의 차이를 보였다. 뿌리는 모든 처리구에서 무처리구에 비해 K함량이 증가하였으며, 200 mg/L이 가장 높았다.

Ca함량은 앞에서 무처리구에 비해 29.4 ~ 63.3%의 차이를 보였다. 앞에서 Ca함량은 무처리구에 비해 모든

처리구가 Ca함량이 증가되었으며, 50 mg/L이 가장 높았다. 줄기에서는 무처리구에 비해 4.9 ~ 47.9%의 차이를 보였다. 또한, 줄기에서 10 mg/L, 50 mg/L이 무처리구에 비해 Ca함량이 증가되었고, 50 mg/L가 Ca의 함량이 가장 컸다. 뿌리에서는 무처리구에 비해 8.8 ~ 45.7%의 차이를 보였으며, 무처리구가 모든 처리구보다 Ca함량이 높았다.

Mg함량은 앞에서 무처리구에 비해 18.6 ~ 48.9%의 차이를 보였으며, 무처리구가 50 mg/L을 제외한 나머지 처리구에 비해 Mg함량이 높았다. 줄기에서의 Mg함량은 무처리구에 비해 3.6 ~ 41.9%의 차이를 보였다. 또한,

100 mg/L을 제외한 나머지 처리구는 무처리구에 비해 Mg 함량이 증가하였고, 처리구 중 50 mg/L의 Mg 함량이 가장 높았다. 뿌리에서는 56.0~67.4%의 차이를 보였으며, 모든 처리구가 무처리구에 비해 Mg 함량이 증가되었고 10 mg/L이 가장 높았다.

T - P 함량은 잎에서 무처리구에 비해 8.0~61.4%의 차이를 보였으며, 50 mg/L 과 200 mg/L을 제외한 나머지 처리구보다 무처리구가 높았고, 50 mg/L이 가장 높았다. 줄기에서는 무처리구에 비해 14.5~48.3%의 차이를 보였으며, 100 mg/L를 제외한 나머지 처리구가 무처리구에 비해 T - P 함량이 증가되었고, 50 mg/L이 가장 높았다. 뿌리에서는 무처리구에 비해 8.0~18.9%의 차이를 나타냈다. 또한, 뿌리에서 10 mg/L와 25 mg/L을 제외한 나머지 처리구가 무처리구에 비해 T - P 함량이 증가되었으며, 잎과 줄기에서와 달리 100 mg/L이 가장 높았다.

Hwang et al.(2010)은 규산칼륨을 처리하였을 때 오이 잎에서 규산함량은 증가하였으나 K, Ca, Mg의 함량에 유의한 차이를 보이지 않았고, 이와 비교했을 때 적정량 농도의 아인산의 효과가 두드러지는 것으로 보고하였다.

3.2.3. 배추 (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*)

배추는 고추와 오이와는 달리 지상부와 지하부로 나누어서 분석을 실시하였다. K 함량은 지상부에서 무처리구에 비해 2.3~41.5%의 차이를 보였다(Table 6). 지상부에서 10 mg/L와 25 mg/L를 제외한 나머지 처리구가 무처리구에 비해 K 함량이 증가되었다. 지하부는 무처리구에 비해 27.1~57.7%의 차이를 보였으며, 모든 처리구는 무처리구에 비해 K 함량이 증가되었다.

Ca 함량은 지상부에서 무처리구에 비해 16.3~67.6%의 차이를 보였으며, 지하부는 무처리구에 비해 39.5~60.6%의 차이를 나타냈다. 지상부와 지하부에서 모든 처리구가 무처리구에 비해 Ca 함량이 증가되었으며, 50 mg/L에서 가장 많은 차이를 보였다.

Mg 함량은 지상부에서 무처리구에 비해 59.8~84.5%의 차이를 보였으며, 모든 처리구에서 무처리구에 비해 Mg 함량이 증가되었으며, 50 mg/L이 가장 높았다. 지하부는 무처리구에 비해 17.7~48.4%의 차이를 보였다. 또한, 지하부는 모든 처리구에서 무처리구에 비해 Mg 함량이 증가되었으며, 지상부에서와 같이 50 mg/L

이 가장 높았다.

T - P 함량은 지상부에서 무처리구에 비해 13.8~49.8%의 차이를 보였고, 200 mg/L이 가장 높았다. 지하부는 무처리구에 비해 7.2~55.0%의 차이를 보였고, 모든 처리구가 무처리구에 비해 T - P 함량이 증가되었다. Hwang et al.(2004)의 연구 결과에 따르면, 액비 100%를 기비로 처리하였을 경우에 배추 잎의 무기성분 함량은 화학비료구와 큰 차이가 없었고, 칼슘과 마그네슘의 함량은 부족하였다. 따라서, 본 연구결과를 비교해봤을 때 배추에 돈분 액비를 처리했을 때보다 아인산의 효과가 큰 것으로 보인다.

본 연구결과, 아인산 50 mg/L으로 처리된 상토에서 생육된 작물(고추, 오이, 배추)의 생육과 무기물함량이 가장 높았다. 따라서, 상토에 아인산 50 mg/L을 혼합한 것이 작물 생육의 최적배합조건으로 판단된다.

4. 결론

아인산(phosphorous acid, H_3PO_3)이 처리된 원예용 상토에서 육묘한 원예작물인 고추(*Capsicum annuum* L.), 오이(*Cucumis sativus* L.), 배추(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*)의 초기 생육 효과 확인을 위한 실험을 진행하였다. 고추와 오이의 초장을 통한 생육지수를 평가해본 결과, 아인산을 50 mg/L 처리한 경우 고추의 초장은 무처리에 비해 46.1%로 초장 증가에 효과가 있었으며 오이는 50 mg/L 아인산 처리구가 무처리구에 비해 23.0%로 초장 증가에 효과가 있었다. 경경의 경우, 고추는 아인산을 50 mg/L 처리한 처리구에서 무처리구에 비해 48.7%의 긍정적인 효과를 보였다. 오이는 무처리구에 비해 아인산을 50 mg/L 처리한 처리구에서 4~15% 차이를 보였지만 대조구에 비해 유의성이 적었으므로 경경에 대한 효과는 적다고 판단된다. 엽채류인 배추는 엽수 측정 결과 대조구에 비해 처리구 중 10 mg/L와 25 mg/L는 유의성이 적었다. 처리구 50 mg/L가 무처리구에 비해 47.5%로 유의성 있는 증가를 보인 처리구 중 효과가 있다고 판단된다. 건조중량은 모든 시험작물에서 무처리구에 비해 유의적인 차이로 증가하였고 처리구 50 mg/L이 가장 좋은 효과를 보였다. 고추는 무처리구에 비해 72.9%이고 오이는 16.54%으로 차이를 보였다. 배추 또한 처리구 50 mg/L는 무처리구에 비해 30.4%의 차이

를 보였다. 따라서 건조증량에 대한 효과는 모든 시험작물에 효과가 있다 판단된다. 육묘기간이 종료된 후 육묘한 원예작물을 채취하여 양이온(K, Ca, Mg), T - P를 분석한 결과 무처리구에 비해 아인산이 처리된 처리구가 잎, 줄기, 뿌리에서 무처리구에 비해 유의적인 차이로 증가하였으나 처리구 중 무처리구에 비해 10 mg/L와 20 mg/L를 제외한 나머지 처리구는 무처리구에 비해 많은 차이를 보였다. 그중 처리구 50 mg/L가 가장 많은 차이를 나타냈으며, 유의성 검정 결과 처리구 50 mg/L, 100 mg/L, 200 mg/L는 처리구 간에 유의적인 차이를 보였다.

이처럼 아인산 처리구의 초기 생육은 무처리구에 비해 초장, 경경, 엽수, 건조증량의 차이를 보였고 양이온(K, Ca, Mg), T - P도 아인산 처리구가 무처리구에 비해 차이를 보였다. 그러므로 처리구 중 가장 효율적인 아인산 처리구는 50 mg/L이라고 사료된다.

앞으로, 아인산이 첨가된 원예용 상토에서 육묘한 원예작물(고추, 오이, 배추)이 양질의 묘의 역할을 하여 재배필지에 정식되어 작물의 생육에 대한 연구와 다른 작물에 대한 효과를 구명하여 육묘와 재배필지에서의 작물의 생육과 생산성에 기여를 할 수 있을 것이라 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2018학년도 충북대학교 연구년제 지원에 의하여 연구되었습니다

REFERENCES

- Awang, Y., Shaharom, A. S., Mohamad, R. B., Selamat, A., 2009, Chemical and physical characteristics of cocopeat-based media mixtures and their effects on the growth and development of *Celosia cristata*, *Am. J. Agric. Biol. Sci.*, 4(1), 63-71.
- Barrett, S. R., Shearer, B. L., Hardy, G. S. J., 2003, The efficacy of phosphite applied after inoculation on the colonisation of *Banksia brownii* stems by *Phytophthora cinnamomi*, *Australas. Plant Pathol.*, 32(1), 1-7.
- Bower, L. A., Coffey, M. D., 1985, Development of laboratory tolerance to phosphorous acid, fosetyl-Al, and metalaxyl in *Phytophthora capsici*, *Can. J. Plant Pathol.*, 7(1), 1-6.
- Chang, T. H., Lim, T. H., Kim, I. Y., Choi, G. J., Kim, J. C., Kim, H. T., Lee, Y. S., Cho, K. Y., 2000, Effect of phosphorous acid on control of phytophthora blight of red-pepper and tomato, and downy mildew of cucumber in the greenhouse, *Korean J. Pestic. Sci.*, 4(1), 64-70.
- Förster, H., Adaskaveg, J. E., Kim, D. H., Stanghellini, M. E., 1998, Effect of phosphite on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to *Phytophthora* root and crown rot in hydroponic culture, *Plant Dis.*, 82(10), 1165-1170.
- Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I., 2015, Biostimulant activity of phosphite in horticulture, *Sci. Hortic.*, 196, 82-90.
- Gül, A., Eroğul, D., Ongun, A. R., 2005, Comparison of the use of zeolite and perlite as substrate for crisp-head lettuce, *Sci. Hortic.*, 106(4), 464-471.
- Hwang, I. S., Lee, Y. W., An, S. W., Cho, J. K., Kim, Y. C., Shim, I. S., 2010, Green environment: effect of foliar application on liquid growth and quality of cucumber, *Proceedings of the Korean Environmental Sciences Society Conference*, 19(1), 457-459.
- Hwang, S. W., Sung, J. K., Kang, B. K., Lee, C. S., Yun, S. G., Kim, T. W., Eom, K. C., 2004, Polyamine biosynthesis in red pepper and kimchi cabbage by the application of liquid pig manure, *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 37(3), 171-176.
- Kim, H. J., Kim, H. K., Kwon, S. M., Lee, S. E., Woo, S. H., Park, M., Chung, K. Y., 2010, Effect of the clay mineral illite on the growth of cherry tomato in the bed soil, *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 43(3), 322-328.
- Kim, H. S., Kim, K. H., 2011, Physical properties of the horticultural substrate according to mixing ratio of Peatmoss, Perlite and Vermiculite, *Korean J. Soil Sci. Fert.*, (44)3, 321-330.
- Lee, D. G., Lee, S. E., Kim, D. H., Hong, H. K., Nam, J. H., Choi, J. S., Chung, K. Y., 2012, Effects of the applications of clay minerals on the early growth of red pepper in growing medium, *Korean J. Hortic. Sci. Technol.*, 30(4), 463-470.
- Lee, H. H., 2004, Optimum condition of substrate for kimchi cabbage (*Brassica campestris* L. ssp.) and pepper (*Capsicum annuum* L.) seedlings. Ph.D. Dissertation, Seoul University, Korea.
- Lee, H. H., Ha, S. K., Kim, B. H., Seol, Y. J., Kim, K. H.,

- 2006, Optimum physical condition of Peatmoss-based substrate for growth of kimchi cabbage (*Brassica campestris* L. ssp.) plug seedlings, Korean J. Hortic. Sci. Technol., 24(3), 322-329.
- Lee, H. H., Ha, S. K., Kim, K. H., 2007, Optimum condition of the coir-based substrate for growth of red pepper (*Capsicum annuum* L.) plug seedlings, Korean J. Soil Sci. Fert., 40(5), 369-376.
- Lee, S. E., Kim, H. K., Kwon, S. M., Kim, H. J., Yoo, R. B., Baek, K. T., Lee, M. S., Woo, S. H., Park, M., Chung, K. Y., 2010, Effect of different levels of applications of Illite on the growth of red pepper (*Capsicum annuum* L.) in bed soil, Korean J. Soil Sci. Fert., 43(6), 852-857.
- Lee, Y. S., Ryu, Y. J., Cho, J. S., Lim, T. H., Chang, T. H., 2001, Effect of phosphorous acid on control of phytophthora blight of red pepper, Korean J. Environ. Agric., 20(3), 180-185.
- McDonald, A. E., Grant, B. R., Plaxton, W. C., 2001, Phosphite (phosphorous acid): its relevance in the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response, J. Plant Nutr., 24(10), 1505-1519.
- Orbović, V., Syvertsen, J. P., Bright, D., Van Clief, D. L., Graham, J. H., 2008, Citrus seedling growth and susceptibility to root rot as affected by phosphite and phosphate, J. Plant Nutr., 31(4), 774-787.
- Park, J. M., Lim, T. J., Lee, S. E., Lee, I. B., 2011, Effect of pig slurry fertigation on soil chemical properties and growth and development of cucumber (*Cucumis sativus* L.), Korean J. Soil Sci. Fert., 44(2), 194-199.
- Pegg, K. G., Whiley, A. W., Saranah, J. B., Glass, R. J., 1985, Control of Phytophthora root rot of avocado with phosphorus acid, Australas. Plant Pathol., 14(2), 25-29.
- RDA., 2000, Method of soil chemical analysis, Standard methods for Agricultural Science and Technology Experiment, Rural Development of Administration, Korea.
- RDA., 2016, Fertilizer quality inspection method and quality collection standard, Standard methods for Agricultural Science and Technology Experiment, Rural Development of Administration, Korea.
- Thao, H. T. B., Yamakawa, T., 2009, Phosphite (phosphorous acid): fungicide, fertilizer or bio-stimulator?. Soil Science and Plant Nutrition, 55(2), 228-234.
- Wilson, G. C. S., 1983, The physico-chemical and physical properties of horticultural substrates, In International Symposium on Substrates in Horticulture other than Soils In Situ 150.
- Wilson, G. C. S., 1985, Tomato production in different growing media. In Symposium on Nutrition, Growing Techniques and Plant Substrates 178.

-
- Master's degree. Sang-Moon Kwon
Department of Environmental & Biological Chemistry,
College of Agriculture, Life and Environment Sciences,
Chungbuk National University
wln3812@gmail.com
 - Undergraduate. Ye-Eun Lee
Department of Environmental & Biological Chemistry,
College of Agriculture, Life and Environment Sciences,
Chungbuk National University
djfmsjstk11@naver.com
 - Undergraduate. Young-Min Park
Department of Environmental & Biological Chemistry,
College of Agriculture, Life and Environment Sciences,
Chungbuk National University
dudals6411@naver.com
 - Undergraduate. Deok-Won Kim
Department of Environmental & Biological Chemistry,
College of Agriculture, Life and Environment Sciences,
Chungbuk National University
kghkgkr1@naver.com
 - Master's degree. Ji-Su Park
Department of Environmental & Biological Chemistry,
College of Agriculture, Life and Environment Sciences,
Chungbuk National University
wln3812@naver.com
 - Master's degree. Eun-Ji Oh
Department of Environmental & Biological Chemistry,
College of Agriculture, Life and Environment Sciences,
Chungbuk National University
qwqw990@naver.com
 - Researcher. Jin Yoo
Department Ecology & Environment, Gyeonggi Research
Institute
yoo0529@gri.re.kr
 - Professor. Keun-Yook Chung
Department of Environmental & Biological Chemistry,
College of Agriculture, Life and Environment Sciences,
Chungbuk National University
kychung@cbnu.ac.kr