

유용미생물(*Kluyvera* sp. CL-2) 처리가 수박의 유리당 함량 및 토양화학성에 미치는 영향*

홍수영** · 최승출*** · 서영호**** · 임수정**** · 허수정**** · 윤병성**** ·
박영학**** · 홍대기**** · 송재경****

Effect of *Kluyvera* sp. CL-2 on Sugar contents of Watermelon and Soil Chemical Properties

Hong, Soo-Young · Choi, Seong-Chul · Seo, Young-Ho · Lim, Su-Jeong ·
Heo, Su-Jeong · Yoon, Byeong-Sung · Park, Young-Hak ·
Hong, Dae Ki · Song, Jae-Kyeong

This study was carried out to determine the effect of *Kluyvera* sp. CL-2 (KACC 91283P) on the growth of watermelon (*Citrullus vulgaris* L.). The study consisted of three treatments, no treatment (NT), twice application of *Kluyvera* sp. CL-2 before transplanting (KC1), and five times application around transplanting (KC2). We determined the chemical properties of soil before and after the treatments, and compared the growth characteristics of watermelon among treatments. The treatment of *Kluyvera* sp. CL-2 at 1.0×10^6 cfu mL⁻¹ significantly increased available P₂O₅. The organic matter showed to increase for all treatments, while soil pH, exchangeable Ca and Mg tended to decrease for all treatments. The leaf width was increased by 11.6% for KC1 and 26.2% for KC2 compared to NT. But there were no significant differences in yield, leaf length, fruit weight, fruit length, fruit width, and pericarp thickness among treatments. The contents of free sugars such as fructose and glucose were increased by microbial treatments but sucrose was not different from NT. The content of glucose in watermelon was increased by 13.8% in KC1 and 12.8% in KC2 compared to NT. The content of fructose increased by 14.6% in

* 본 연구는 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ010825022018)의 지원에 의해 이루어진 것임.

** Corresponding author, 강원도 농업기술원 환경농업연구과(hsy6520@korea.kr)

*** 강원도농업기술원 옥수수연구소

**** 강원도농업기술원 환경농업연구과

***** 국립농업과학원 농업미생물과

KC1 and by 39.8% in KC2 compared to NT. The results from the study imply that *Kluyvera* sp. CL-2 can be used to increase sugar content in watermelon.

Key words : *Kluyvera* sp. CL-2, PGPR (plant growth promoting rhizobacterium), watermelon

I. 서 론

유기합성농약과 화학비료의 사용 및 연작으로 인한 토양의 염류집적은 꾸준히 문제되어 왔으나 농가에서는 생산성 위주의 영농방법과 대규모 경작지 관리 등을 위하여 과다시비를 불가피하게 여겨왔으며 영농방식을 유지하는 과정에서 유기물 감소 및 토양 산성화, 생태계 교란 등 많은 부작용을 초래하였다(Yang et al., 2008). 친환경 농산물에 대한 소비자의 인식이 향상되고 화학 농자재의 오남용에 대한 규제가 강화됨으로서 생산위주의 농업에서 지속가능한 보전농업으로의 전환이 확산되었고 이들을 대체 할 수 있는 친환경 농자재의 필요성도 증가하고 있다. 저투입 지속적 농업을 유지하고 화학농자재를 대체할 소재 중 하나로 유용미생물의 긍정적 효과가 입증되고 있으며 환경, 식품 등 다양한 분야에서도 유용미생물의 기능성에 대하여 연구되었다(Kim et al., 2014; Kim et al., 2015). 농업에서 유용미생물은 작물의 생육을 촉진하고 근권의 환경을 개선하는 효과가 있으며 식물병과 환경스트레스에 대한 저항성이 있다. 농업에서는 미생물비료, 토양개량제 등 다양한 용도로 사용되고 있으며 유기합성농약에 비해 독성이 적고 약효발현이 지속적이라는 장점이 있다. 유용미생물의 수요와 시장이 증가함에 따라 현재 전국 158개 농업기술센터 중 123개 기관이 미생물을 배양하여 농가에 보급하고 있다(RDA report, 2014). 식물의 근권에 왕성하게 서식하는 PGPR균주(plant growth promoting rhizobacterium)들은 작물의 생육에 직·간접적으로 관여하며, 생육촉진, 유기물분해, 토양정화, 병방제 등 다양한 기능들을 가진다(Woo and Kim, 2008; Kim et al., 2012; Jung et al., 2013; Moon and Koo, 2013). *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospillium* 속은 질소고정력을 증가시키며, *Pseudomonas* 속은 난용성 인산염의 가용화를 촉진시킨다. *Burkholderia* 속은 식물병에 대해 방제효과가 있으며, *Bacillus* 속은 gibberellic acid나 indolacetic acid 등의 식물생장촉진 호르몬을 생성하여 작물의 생육에 관여한다(Chung et al., 2006). Heo 등(2016)은 *Bacillus subtilis* S37-2를 1.0×10^6 cfu mL⁻¹로 상추에 처리하였을 때 생육이 촉진되고 수량이 증대된다고 보고한 바 있으며 Lee 등(2014)은 *Pseudomonas* 속을 배추에 처리하였을 때 염 스트레스 경감효과 및 생육촉진 효과가 있다고 보고한 바 있다. 그 밖에 *Kluyvera* 속의 인산가용화 촉진 효과(Kwon et al., 2007b), *Bacillus* 속의 생육촉진 및 수량증대효과(Kwon et al., 2007a) 등 미생물의 생육촉진효과에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 작물 및 환경에 맞는 미생물 활용방법이 체계적으로 확립되어 있지

않고 현장에서의 효과검증 사례 또한 미비하므로 이러한 농업미생물 이용이 성공하기 위해서는 효율성이 높은 유용미생물 균주의 확보 및 배양기술의 체계화, 농업 현장에서 작물별, 용도별 처리방법 등 보다 구체적이고 실용적인 기술의 개발이 필요한 실정이다. 본 연구의 목적은 농촌진흥청에서 개발한 유용미생물 *Kluyvera* sp. CL-2를 처리하였을 때 나타나는 생육환경의 변화를 관찰하고, 미생물 처리 후 작물의 생육 특성 및 효과를 검증하는 데에 있으며, 향후 실용적인 미생물 활용방법을 확립하기 위한 자료로 이용하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험재료 및 균주 처리방법

본 연구는 강원도 양구군 남면에서 수행하였으며 시료로 사용한 수박의 품종은 삼복꿀이었다. 4월 10일 파종, 5월 8일 정식하였으며 8월 1일 수확하였다. 시험구는 완전임의배치법(Completely randomized design)으로 배치하였으며 재식거리는 45 cm × 2.3 m였다. 본 연구에 사용된 *Kluyvera* sp. CL-2 (KACC 91283P) 균주는 국립농업과학원 미생물은행(Korean Agricultural Culture Collection, KACC)에서 분양받아 사용하였다. *Bacillus soytone* medium (BSM, Soytone 0.5%, Sucrose 2%)배지에 1% 접종하여 36시간 동안 진탕배양기(180 rpm, 28°C)를 이용하여 1.0×10^8 cfu mL⁻¹로 배양 후 희석하여 사용하였다. 균주배양액은 1.0×10^6 cfu mL⁻¹로 7일 간격 본포에 2회, 5회 관주처리 하였다.

2. 시험 전 후 토양화학성 변화

Kluyvera sp. CL-2 균주의 생육효과검정을 실시한 시설하우스의 토양은 가천토(Coarse loamy over sandy skeletal, mixed, mesic family of Fluvaquentic Endoaquepts)이며 토양화학성은 Table1에 나타내었다. 미생물 처리에 따른 토양화학성 변화를 조사하기 위하여 수확 직후의 토양성분을 분석하였다. 토양화학성 분석항목은 pH, EC (electrical conductivity), 유기물(OM), 유효인산, 치환성 양이온 이었으며 표토 0~20 cm 깊이의 토양을 채취하여 음지에서 자연건조 후 2 mm 체를 통과시켜 시료로 사용하였다. pH, EC는 시료와 증류수를 1:5로 혼합하여 초자전극법으로 측정하였으며, 유기물함량은 Tyurin법으로 하였다. 유효인산은 Lancaster법으로 1:10 비율로 추출하여 분광광도계(Uvikon xs, Secoman, France)로 측정하였으며, 치환성 양이온은 1N ammonium acetate로 추출하여 ICP (GBC Intergra, GBC, US)로 분석하였다.

Table 1. The chemical properties of soil used in the study

pH	EC	OM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cation		
				K	Ca	Mg
(1:5)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹		
6.9	1.12	30	414	0.58	8.47	2.53

3. 수확기 품질특성 및 수량

무처리구 대비 미생물 처리 군에서 나타나는 특성을 조사하기 위하여 수확 직후 처리구별 생육상태를 측정하였으며 측정항목은 수량, 엽장, 엽폭, 과중, 과장, 과폭, 과피두께 이었다. 측정방법은 농업과학기술 연구조사 분석기준에 준하였다. 엽장과 엽폭은 처리구별 주당 세 번째 잎이 완전히 발달했을 때의 세로 길이와 가로 길이를 각각 측정하였으며, 과중은 수확한 과실 각각의 무게를 측정 후 평균값을 산출하였다. 과장은 꼭지를 제외한 과실의 가장 긴 세로 길이를 측정하였으며, 과폭은 가로의 가장 긴 직선길이를 측정하였다. 과피두께는 과실을 세로로 절단하고 과육을 분리 한 뒤 과실의 세로면의 선단부터 꼭지의 중간지점을 측정 하였으며 처리구별 총 수량을 비교하였다.

4. 수확기 과육의 유리당 함량

수확 후 유리당 함량을 분석하기 위하여 과실에서 씨를 제거한 과육부분만을 취하여 분쇄한 것을 시료로 사용하였다. 시료 5 g에 증류수 50 ml를 가하여 진탕한 뒤 5000 rpm에서 15분간 원심분리 하였다. 상등액을 분리한 뒤 0.45 µm membrane filter에 통과시킨 여액을 시료로 사용하였으며 HPLC (Nano Space SI-2, Shiseido, Japan)로 유리당을 분석하였다. Column은 250 × 4.6 mm (Shodex Asahipak (NH2P-50 4E)를 사용하였으며 이동상은 Acetonitrile : d-Water를 75:25 비율로 하여 1 ml min⁻¹로 유지하였다. 표준시약 및 시료는 각 10 µl씩 주입하였으며 한 시료 당 20분간 분석하였다. 분석 항목은 수박의 유리당 조성에서 가장 많은 비중을 차지하는 fructose, glucose, sucrose로 하였으며 수확 직후 미생물 처리구별 함량을 비교, 분석하였다(Table 2).

Table 2. Analytical conditions of HPLC for free sugar in watermelon (*Citrullus vulgaris* L.)

Instrument	Nano Space SI-2 (Shiseido, Japan)	
Mobile phase	ACN : d-Water = 75 : 25	
Column	Shodex Asahipak (NH2P-50 4E), 250 × 4.6 mm, 5 μm	
Column Temp	30°C	
Run time (min)	20 mins	
Flow rate	1 mL min ⁻¹	
Injection volume	10 μL	
Detector	ELSD (Evaporative Light Scattering Detector)	Gain : 100
		Drift : 70°C
		Gas pressure : 50 psi
		Nebulizer : 30°C

5. 통계처리

본 실험에서 수집한 데이터는 SPSS 통계처리 프로그램을 사용하였으며 평균 간의 유의차는 Duncan 다중검정으로 비교하였고, 95% 수준에서 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 시험 전·후 토양화학성 변화

미생물 처리에 따른 토양화학성 변화를 조사하기 위하여 수확 직후의 토양성분을 분석한 결과 유효인산은 무처리구 대비 미생물 처리구에서 유의하게 증가하였으며 미생물 2회 처리구와 5회 처리구 간의 차이는 없었다. 유기물은 시험 전에 비하여 모든 처리구에서 증가하였으며 pH, EC는 유의적인 차이는 없었다. 치환성 양이온은 K, Ca는 유의적인 변화가 없었으나, Mg는 2회 처리구에서는 무처리구 대비 감소하였고 5회 처리구에서는 증가하는 경향을 보였다. *Kluyvera* 속 미생물은 난용성 인산을 가용화 균으로 촉진시키는 것으로 알려져 있는데, *Kluyvera* sp. CL-2 균주처리 후 유효인산의 함량이 증가하였다는 Kwon 등 (2007)의 보고와 같이 본 실험에서도 유효인산 함량이 유의적으로 증가하였다(Table 3). Jang (2017)의 연구에 따르면 *Kluyvera* sp. CL-2 처리 40일 이후부터 토양의 유효인산이 감소하였고, 사양토가 양토와 식양토보다 유효인산의 함량이 높게 나타났다고 보고하였는데

이는 처리시기 및 환경이 미생물의 활성을 좌우하는 중요한 요인이 됨을 시사하며, 향후 미생물의 활용도를 높이는 최적의 조건을 탐색하는 연구가 필요하다고 판단된다. 또한 실험을 수행한 시설 재배지 토양의 유효인산이 처리 후 증가함으로서 과잉되는 결과를 보였으므로 처리 전 토양의 화학성 및 생육환경도 충분히 고려할 필요가 있다고 판단된다.

Table 3. The chemical properties of soil at harvesting stage

Treatment [†]	pH	EC	OM	Avail. P ₂ O ₅	Exch. Cation		
					K	Ca	Mg
	(1:5)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹		
NT	6.3a [‡]	0.59a	32b	448a	0.42a	7.00a	1.88ab
KC1	6.3a	0.51a	35c	564b	0.64a	6.56a	1.61a
KC2	6.2a	0.82a	31b	567b	0.54a	7.30a	2.06b

[†] NT, No treatment; KC1, twice application of *Kluyvera* sp. CL-2 before transplanting; KC2, five times application around transplanting.

[‡] Treatments with same letter in each column are not significantly different at the 0.05 probability level by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

2. 수확기 품질특성 및 수량

무처리구 대비 미생물 처리군에서 나타나는 특성을 조사하기 위하여 수확 직후 생육상태를 측정하였다. 엽폭은 무처리구 대비 증가하는 경향을 보였으며 2회 처리구보다 5회 처리구의 증가율이 더 높았다(Table 4). 미생물 처리구의 수량, 엽장, 과중, 과장, 과폭, 과피두께는 무 처리구와 차이가 없었다. Lee 등(2014)은 *Pseudomonas* sp. G19를 배추에 1.0×10^8 cfu mL⁻¹로 처리하였을 때 생체중량이 27% 증가하였으며, Kwon 등(2007)은 *Bacillus subtilis* S37-2를 배추에 $8.7 \times 10^{5-8}$ cfu mL⁻¹로 처리하였을 때 8.7×10^8 cfu mL⁻¹로 처리 시 생체중 증가량이 48.7%로 가장 높았다고 보고하였는데, 수박에 처리한 *Kluyvera* sp. CL-2 1.0×10^6 cfu mL⁻¹보다 100배 이상 높은 농도였다. Moon 등(2013)은 삼채와 애기장대에 식물생장촉진미생물 17종을 1.0×10^7 cfu mL⁻¹로 처리하였을 때 두 식물의 생육촉진효과를 나타내는 미생물이 서로 다르다고 보고하였으며 생육촉진효과가 식물마다 상호작용하는 미생물이 각각 다르게 존재하는 것을 시사하였다. 본 연구에서는 *Kluyvera* sp. CL-2 처리 시 수박의 영양생장기에 엽폭이 증가하는 효과를 보였으나 생식생장기 생육 및 수량에는 변화가 없었는데, 미생물처리에 의한 영향이 생육단계에 따라 다르게 나타나는 것으로 추론된다.

Table 4. Effect of *Kluyvera* sp. CL-2 on growth and yield of watermelon (*Citrullus vulgaris* L.)

Treatment [†]	Yield (kg 10a ⁻¹)	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Fruit weight (g)	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	Pericarp thickness (mm)
NT	6,465a [‡]	16.4a	26.7a	8,820a	28.4a	23.5a	14.8a
KC1	6,443a	18.3ab	27.2a	8,790a	28.3a	23.2a	14.8a
KC2	6,487a	20.7b	29.3a	8,850a	28.4a	23.8a	14.8a

[†] NT, No treatment; KC1, twice application of *Kluyvera* sp. CL-2 before transplanting; KC2, five times application around transplanting.

[‡] Treatments with same letter in each column are not significantly different at the 0.05 probability level by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

3. 수확기 과육의 유리당 함량

굴절당도계는 가용성 고형물에 대한 굴절률을 나타낸 것으로 당 이외의 성분이 함께 측정되어 실제로 느끼는 단맛과 차이가 있다는 지적이 제기되어 왔으므로 본 연구의 당도는 유리당 함량으로 비교·분석하였다(Kim et al., 2003; Kim and Park, 2007). 수확 후 처리구별 유리당 함량을 분석한 결과 무처리구 대비 미생물 처리구에서 fructose와 glucose가 유의적으로 증가하였으나, sucrose는 유의성은 없었으나 무처리구 보다는 증가하는 경향을 보였다(Table 5). 이당류인 Sucrose가 가수분해되면 단당류인 fructose와 glucose로 분해되므로 본 연구에서의 fructose와 glucose의 증가는 sucrose의 분해에 의한 것으로 판단된다(Chung et al., 2006). Glucose 함량은 2회 처리구가 무처리구 대비 13.8% 증가하였고, 5회 처리구는 12.8% 증가하였으나 미생물처리 횟수 간의 차이는 없었다. Fructose함량의 경우 2회 처리가 무처리구 대비 14.6% 증가하였으며 5회 처리는 39.8% 더 높은 함량을 보여, 결과적으로 미생물처리 횟수 증가에 따른 유의수준의 fructose 함량 증진 효과가 확인되었다. 수박의 당 함량에 대한 연구가 꾸준히 진행되어 왔으며 각각의 품종, 숙기, 재배시기 에 따라 유리당 함량과 조성이 모두 다르게 보고되었는데(Kim et al., 2013; Richmond et al., 1981; Sohn et al., 1996) 본 연구에서는 미생물 처리여부와 관계없이 sucrose함량이 가장 높게 검출되었다. 유리당 함량의 증가율은 fructose가 가장 높았는데, fructose가 단 맛이 가장 강하고, 당도 결정에 주요한 작용을 한다는 Sohn 등(1996)의 연구결과와 같이, *Kluyvera* sp. CL-2 처리에 의한 fructose의 증가는 수박의 당도 증가에 결정적인 요인이 되었을 것으로 판단된다. 또한 단당류의 생성 및 광합성의 당 대사에 인산의 관여가 필수적이므로 미생물 처리 후 토양 중 증가한 유효인산이 수박의 당 대사 과정에도 영향을 주었을 것이라 추론되며(Byun et al., 2014) 여러 효소의 작용과 연속적인 분해, 합성을 반복하는 복잡한 당 대사 기작에서

Kluyvera sp. CL-2가 어떤 경로와 방법으로 관여하는지에 대하여 구명하는 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것이다(Kim et al., 2007; Taiz and Zeiger, 2005). 결과적으로 *Kluyvera* sp. CL-2의 처리가 수박의 fructose와 glucose의 함량을 유의적으로 증가시킴으로서, 향후 당도 촉진제 역할을 대체할 소재로의 활용가능성이 있음을 시사한다.

Table 5. Content of free sugars in watermelon (*Citrullus vulgaris* L.) at harvesting stage

Treatment [†]	Rate of free sugars (mg 100g ⁻¹)		
	Fructose	Glucose	Sucrose
NT	2,888a [‡]	1,771a	4,264a
KC1	3,311b	2,015b	4,901a
KC2	4,036c	1,997b	5,474a

[†] NT, No treatment; KC1, twice application of *Kluyvera* sp. CL-2 before transplanting; KC2, five times application around transplanting.

[‡] Treatments with same letter in each column are not significantly different at the 0.05 probability level by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

IV. 적 요

농촌진흥청에서 개발한 유용미생물 *Kluyvera* sp. CL-2 처리효과를 검증하기 위하여 수박에 미생물 배양액을 7일 간격으로 2회, 5회 관주처리하여 처리 전·후의 토양 이화학성 변화를 관찰하였고, 또한 미생물 처리 후 수확기의 수박 생육특성 및 유리당 함량을 비교하였다. *Kluyvera* sp. CL-2 배양액을 1.0×10^6 cfu mL⁻¹로 7일 간격 분포에 2회, 5회 관주처리 한 결과, 산도와 Ca, Mg은 모든 처리구에서 감소하는 경향을 보였으며 유기물은 모든 처리구에서 증가하였다. EC와 K는 유의적인 차이가 없었으며, 유효인산은 무처리구 대비 미생물 처리구에서 유의하게 증가하였다. 수확 직후의 수량, 엽장, 과중, 과장, 과폭, 과피두께는 미생물 처리구와 무처리구 간의 차이가 없었으나, 과폭은 유의적으로 증가하여 2회 처리구는 11.6%, 5회 처리구는 26.2% 증가하였다. 수박의 수확기 유리당 함량을 분석한 결과 sucrose는 모든 처리구에서 차이가 없었으나, fructose와 glucose의 함량은 무처리구 대비 미생물 처리구에서 증가하는 것으로 나타났다. Glucose함량은 2회 처리구가 무처리구 대비 13.8%, 5회 처리구는 12.8% 증가하여 미생물 처리횟수 간의 차이는 없었으나, fructose함량은 2회 처리구 14.6%, 5회 처리구에서는 39.8% 증가하여 미생물처리 횟수 증가에 따른 유의수준의 fructose 함량 증진 효과가 확인되어 *Kluyvera* sp. CL-2의 처리가 수박의 당도를 향상시키는 경과를 보였다.

[Submitted, September. 12, 2018 ; Revised, October. 29, 2018 ; Accepted, November. 13, 2018]

References

1. Byun, J. Y., S. J. Yun, I. J. Lee, and D. S. Kim. 2014. Plant Physiology. Hyang Mun Sa. Korea. pp. 80-81.
2. Chung, J. B., J. E. Yang, K. Y. Kim, K. H. Kim, J. G. Kim, T. M. Sa, J. S. Suh, B. K. Sohn, K. C. Eom, S. E. Lee, K. Y. Jung, D. Y. Chung, Y. T. Chung, and H. N. Hyun. 2006. Soil science. Hyang Mun Sa. Korea. p. 255.
3. Heo, J. Y., D. H. Kim, Y. J. Choi, S. D. Lee, S. W. Seuk, J. K. Song, J. S. Kwon, and M. K. Kim. 2016. Effect of *Bacillus subtilis* S37-2 on microorganisms in Soil and Growth of Lettuce (*Lactuca sativa*). Korean J. Soil Sci. Fert. 49(5): 621-626.
4. Jung, B. K., Y. H. Kim, and S. D. Kim. 2013. Root Colonization and Quorum-Sensing of the Antagonistic Bacterium *Pseudomonas fluorescens* 2112 involved in the Red-pepper Rhizosphere. Korean J. Microbiol. Biotechnol. 41(1): 105-111.
5. Kim, H. B., S. L. Kim, J. Y. Moon, and S. J. Chang. 2003. Quantification and Varietal Variation of Free Sugars in Mulberry Fruits. Korean J. Seric. Sci. 45(2): 80-84.
6. Kim, J. Y., S. H. Lee, S. J. Hwang, G. H. Kim, and J. B. Eun. 2013. Physicochemical Characteristics and Functional Components of *Mudeungsan* Watermelon and the other Cultivars from Korean J. Food Sci. Technol. 45(3): 345-349.
7. Kim, S. J. and H. Y. Park. 2007. Changes in Sugar Composition and Related Enzyme Activities during Fruit Development in Peach Cultivars. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 25(3): 204-111.
8. Kim, Y. K., S. B. Yang, W. G. Chang, and M. K. Lee. 2015. Water Quality Purification Characteristics with a Novel Effective Microorganisms Developing Equipment. J. Korean Soc. Environ. Technol. 16(1): 1-8.
9. Kim, Y. K., S. J. Hong, C. K. Shim, M. J. Kim, E. J. Choi, M. H. Lee, J. H. Park, E. J. Han, N. H. An, and H. J. Jee. 2012. Functional Analysis of *Bacillus subtilis* Isolates and Biological Control of Red Pepper Powdery Mildew Using *Bacillus subtilis* R2-1. Res. Plant Dis. 18(3): 201-209.
10. Kim, Y. K., S. J. Hong, C. K. Shim, M. J. Kim, M. H. Lee, J. H. Park, E. J. Han, E. J. Choi, S. I. Bae, and H. J. Jee. 2014. Effect of Korean Fermented Food Extracts and Bacteria Isolated from the Extracts for the Control of Rice Seed-borne Fungal Diseases.

- Korean J. Pestic. Sci. 18(4): 383-395.
11. Kwon, J. S., H. Y. Weon, J. S. Suh, W. G. Kim, K. Y. Jang, and H. J. Noh. 2007a. Plant Growth Promoting Effect and Antifungal Activity of *Bacillus subtilis* S37-2. Korean J. Soil Sci. Fert. 40(6): 447-453.
 12. Kwon, J. S., J. S. Suh, H. Y. Weon, W. G. Kim, and H. J. Noh. 2007b. Phosphate Solubilizing Activity of *Pseudomonas* sp. CL-1 and *Kluyvera* sp. CL-2. Korean J. Soil Sci. Fert. 40(6): 442-446.
 13. Lee, G. W., K. J. Lee, and J. C. Chae. 2014. *Pseudomonas* sp. G19 alleviates salt stress and promotes growth of Chinese cabbage. Korean J. Microbiol. 50(4): 368-371.
 14. Lincoln, T. and E. Zeiger. 2005. Plant Physiology. Life Science Publishing Co. pp. 157-163.
 15. Michael L. Richmond, P. Markakis, Sebastiao C. C. Brandao, Charles M. Stine, and J. Ian Gray. 1981. Analysis of Simple sugars and Sorbitol in Fruit by High Performance Liquid Chromatography. J. Agr. Food Chem. 29(1): 4-7.
 16. Moon, H. Y. and J. C. Koo. 2013. Isolation and Characterization of Plant Growth Promoting Bacteria. Jour. Science Education. Chonbuk National University. 38(2): 117-127.
 17. Sohn, J. Y., S. C. Ban, J. S. Shin, and S. H. Hong. 1996. Distribution of Free Sugars in the Various Portions of Watermelon(*Citrullus vulgaris* L.) and Muskmelon(*Cucumis melo var. reticulatus* Naud.). 1996. Agric. Chem. Biotechnol. 39(3): 200-205.
 18. Woo, S. M. and S. D. Kim. 2008. Structural Identification of Sideropore_{AH18} from *Bacillus subtilis* AH18, a Biocontrol agent of Phytophthora Blight Disease in Red-pepper. Kor. J. Microbiol. Biotechnol. 36(4): 326-335.
 19. Yang, J. E., J. B. Chung, J. E. Kim, and K. S. Lee. 2008. Ag-Environmental Science. C.I.R. Korea. pp. 294-295.