

Article

<https://doi.org/10.7745/KJSSF.2022.55.4.353>

pISSN : 0367-6315 eISSN : 2288-2162

Occurrence of Crown Gall and Growth Responses of Korean Raspberry Grown in Container Supplied with Nutrient Solution

Mi Geon Cheon^{1*}, Kyung Mi Park¹, In Young Han¹, Seong-Tae Choi², Yeon Hyeon Hwang², Hye Suk Yoon², and Yeung Gwang Kim²

¹Researcher, Research and Development Bureau, Gyeongnam Agricultural Research & Extension Services, Jinju 52733, Korea

²Senior Researcher, Research and Development Bureau, Gyeongnam Agricultural Research & Extension Services, Jinju 52733, Korea

*Corresponding author: mg1000ok@korea.kr

ABSTRACT

Received: October 4, 2022

Revised: November 10, 2022

Accepted: November 11, 2022

Edited by

Hyo Jung Lee,
Kunsan National University,
Korea

ORCID

Mi Geon Cheon
<https://orcid.org/0000-0002-5548-4060>

Although Korean raspberry (*Rubus crataegifolius*) cultivation has increased with the recent trend of convenience foods, the growers suffer from renovating the orchards due to the outbreak of *Agrobacterium tumefaciens* which severely occurs in the raspberries every 3 to 4 years. This study was conducted to determine the inhibitory effect of container cultivation on the occurring of *A. tumefaciens* in the Korean raspberry and to suggest EC range and volume of the nutrient solution suitable to the raspberry. Two-year-old raspberries were supplied with a nutrient solution (NO₃-N 4.6, NH₄-N 3.4, PO₄-P 3.3, K 3, Ca 4.6, Mg 2.2 me L⁻¹) from bud burst to harvest in 50-L containers (non-woven fabric) containing peatmoss (44 L) and perlite (6 L) within non-heating plastic houses in Gimhae and Jinju, Gyeongnam-province. When *Agrobacterium* sp. was inoculated to the plants in Gimhae, the container cultivation exhibited significantly lower tumor occurrence of 3.3%, in contrast to 54.5% of the conventional soil cultivation. On the other hands, the plants in Jinju were examined with 4 levels of EC (0.8, 1.0, 1.2, and 1.5 dS m⁻¹) combined with 4 volumes of nutrient solution (4, 6, 8, and 12 L plant⁻¹ per week). Shoot growth tended to increase with raising EC, but numbers of shoots and suckers rather decreased at EC 1.5. The EC 1.0 with volume of 12 L resulted in the greatest bush growth including number of shoots and the pruned weight. The highest berry weight and yield were found in EC range of 1.0 to 1.2 at the rate of 12 L. The results indicated that container cultivation supplied with the nutrient solution could decrease occurrence of *A. tumefaciens* and the appropriate supply of the nutrient solution increases growth of the Korean raspberry.

Keywords: *Agrobacterium*, EC, Hydroponics, *Rubus crataegifolius*, Yield



Bush growth as affected by different ECs and volumes of nutrient solution supplied to container-grown Korean raspberry plants.

Nutrient solution		Floricane diameter (mm)	Shoot diameter (mm)	Avg. shoot length (cm)	Avg. internode (cm)	Total shoots (No. plant ⁻¹)	Suckers (No. plant ⁻¹)	Pruned shoots (g plant ⁻¹)
EC (dS m ⁻¹)	Volume (L plant ⁻¹)							
0.8	4	8.6	2.2	29.0	3.5	6.2	5.3	225
	6	9.0	2.4	26.8	3.9	6.0	1.3	475
	8	9.0	2.6	32.7	4.1	8.0	1.7	500
	12	8.4	2.8	56.3	3.8	9.0	2.7	650
1.0	4	9.5	2.6	36.9	4.1	5.5	3.3	250
	6	10.0	2.4	31.7	4.1	5.2	2.0	525
	8	10.6	2.6	36.1	4.2	7.7	5.3	550
	12	9.9	2.9	70.9	4.3	12.7	6.3	725
1.2	4	10.5	2.6	41.9	4.3	11.2	1.0	400
	6	10.8	2.6	38.7	4.3	13.0	1.7	600
	8	11.3	2.7	27.8	4.4	12.5	3.3	625
	12	10.2	2.9	58.1	5.1	14.0	5.0	825
1.5	4	11.6	2.8	35.8	4.3	8.5	3.7	525
	6	11.4	2.8	24.0	4.4	14.2	3.7	500
	8	12.2	3.1	35.5	4.8	8.7	4.3	575
	12	11.7	3.2	56.2	5.1	8.7	1.0	675
Significance								
EC (A)		ns	*	ns	**	*	ns	**
Volume (B)		***	**	***	***	**	ns	***
A × B		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns, *, **, ***: nonsignificant or significant at $p = 0.05$, 0.01 , and 0.001 , respectively.

Introduction

국민 생활수준 향상과 과실 소비의 다양화, 고급화와 더불어 최근 소비자들의 간편식 소비 트렌드로 산딸기 소비가 증가하고 있다. 산딸기 과실에는 다양한 종류의 phytochemical 물질을 함유하여 항산화능, 항염증, 항균, 항암효과 등 다양한 생리활성을 갖는 것으로 알려져 있다 (Zhang et al., 2010; Bobinaite et al., 2012). 산딸기가 속하는 *Rubus* 속 나무딸기들은 대부분 북반구의 온대와 한대 지방에 분포하며 전 세계적으로 약 400여종이 존재하고 우리나라에서는 33종이 분포한다 (Lee, 2014). 우리나라에서 주로 재배되는 산딸기는 *Rubus crataegifolius* Bunge에 해당하며 (Lee, 2003), 야산이나 산악지대에서 자생하는 것을 1960년대 초부터 경남 진주지방을 중심으로 상업적인 재배가 이루어 졌다 (Kang et al., 2014). 이후 경남은 전국에서 재배면적이 가장 많이 증가하여 2019년 기준 227 ha로 전국 재배면적의 70%를 차지하고 있다 (KFS, 2018). 산딸기는 비를 맞으면 품질이 낮아지기 쉽고, 조기에 출하할수록 소득이 높기 때문에 대략 경남 재배면적의 60% 이상이 시설 내에서 이루어지고 있다.

그러나 산딸기는 노지에서 4년 이상 계속 재배할 경우 뿌리혹 (crown gall) 발생이 심해지므로 대부분 농가는 재식 후 3 - 4년째에 나무를 모두 제거하고 개식해야 하는 애로를 겪고 있다. 산딸기의 뿌리혹병은 서서히 발병이 진행되며

심해지면 신초, 잎, 과실 생장이 나빠지면서 수량이 감소하고 나무는 결국 고사한다. 뿌리혹병은 토양 중에 있는 세균의 일종으로 뿌리나 접목부에 혹 또는 암종을 형성하여 뿌리활력 및 수세를 약화시키는 토양전염병해로 과습 및 과비 조건에서 발병하기 쉽다 (Yoshigawa, 1983; Kim et al., 1996). 현재 경남의 산딸기 시설재배는 대개 배수가 불량한 논 토양에서 이루어지고 있고, 일부 농가에서는 수세 회복을 위해 해마다 많은 양의 비료 및 퇴비를 살포하고 있어 발병을 조장하는 조건이 되고 있다.

뿌리혹병 대응방안으로 용기재배 활용을 검토할 필요가 있는데, 이는 용기재배가 토양을 통한 병원균의 전염을 차단하는데 유리하고 (Olympios et al., 1992), 배수와 통기가 양호하여 뿌리의 활력을 높게 유지할 수 있기 때문이다 (Sandanam and Fonseka, 1974; Oyejola, 1977; Wagenvoort et al., 1985). 또한 용기재배에 자동양수분공급장치를 이용하면 수분과 양분의 적절한 조절이 쉬워 나무의 건전한 생육을 도모함으로써 병원균에 대한 저항력을 높일 수 있을 것이다. 용기재배에서는 적정량의 양분공급이 매우 중요하므로 블루베리, 라즈베리, 포도의 경우 효율적인 양액재배 기술들이 보고되어 왔다 (Himelrick and Dozier, 1994; Kim et al., 1999; Jun et al., 2006; Cheon et al., 2019, 2021a). 수분과 함께 공급되는 양액의 공급량과 공급횟수는 양액의 농도와 함께 작물의 생육에 영향을 미치기 때문에 상토의 특성, 환경요인, 작물 생육 등에 맞추어 조절되어야 한다 (Bohme, 1995; Lee et al., 1998; Cheon et al., 2021b). 그러나 산딸기에 있어 용기 양액재배를 위한 구체적인 방법에 대한 연구결과는 찾기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구는 산딸기 시설재배에서 뿌리혹병 발생을 줄이기 위한 방법으로 용기 양액재배의 효과를 구명하고 적절한 양액 공급 방법을 제시하고자 수행하였다.

Materials and Methods

뿌리혹병 접종 용기 양액재배의 뿌리혹병 발생 경감 효과를 조사하기 위해 김해 소재 무가온 비닐하우스에서 2년생 ‘왕딸기’ 산딸기 품종을 용기 (50 L) 양액재배와 관행 토양재배를 같이 하는 농가에서 접종 실험을 하였다. 용기 내 상토는 원예용 상토와 펠라이트가 7:1 (v/v) 정도로 혼합되어 있었다. 양액은 Cheon et al. (2019)이 제시한 블루베리용 조성 양액 ($\text{NO}_3\text{-N}$ 4.6, $\text{NH}_4\text{-N}$ 3.4, $\text{PO}_4\text{-P}$ 3.3, K 3, Ca 4.6, Mg 2.2 me L^{-1})을 사용하여 발아기 (3월 상순)부터 수확기 (6월 상순)까지 공급하였다. 사용한 균주 *Agrobacterium* sp. GNIY10는 경남농업기술원에서 분리한 균주로 MGY media (D-mannitol, 10 g; L-glutamic acid, 2 g; KH_2PO_4 , 0.5 g; NaCl, 0.2 g; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.2 g; yeast extract, 1 g; agar, 15 g per 1 L, pH 7.0)에 28°C에서 48시간 배양하여 식물체 접종에 사용하였다. 접종원은 LB broth에서 1일 동안 액체 배양하였고 0.1 M phosphate buffer (K_2HPO_4 61.5 g, KH_2PO_4 38.5 g per mL, pH 7.0)에 세균현탁액을 OD600 nm에서 0.1 농도로 현탁하여 주당 50 mL를 용기와 토양재배 나무의 지제부에 각각 30주씩 2021년 5월 20일에 접종하였다. 2022년 8월 20일에 접종한 나무에서 혹의 형성 유무를 조사하여 발병률을 구하였고 뿌리혹의 크기를 측정하였다. 뿌리혹 발병률은 관행 토양재배와 용기재배 처리구에 대하여 T-test로 비교하였고, 처리별 뿌리혹 크기 분포를 제시하였다.

EC (electrical conductivity) 및 양액 공급량 처리 산딸기 용기 양액재배에 적합한 양액 농도 및 공급량을 제시하기 위하여 2021년 경남 진주 소재 무가온 비닐하우스 내 50 L 부직포 용기에 심겨진 2년생 산딸기 ‘왕딸기’를 시험재료로 시험을 수행하였다. 용기 내 상토는 원예용 상토 (바로커, 주식회사 서울바이오, 포항)와 펠라이트 용량을 각각 44 L, 6 L로 혼합하였으며, 용기는 열간 1.5 m, 주간 1.0 m 거리로 배치하였다. 시험구는 양액 EC 4수준 (0.8,

1.0, 1.2, 1.5 dS m⁻¹)을 주구, 양액 공급량 4수준 (4, 6, 8, 12 L plant⁻¹)을 세구로 하는 분할구배치 3반복으로 배치하였으며 반복당 1주를 두었다. 양액은 김해 농가에서 사용한 것과 동일한 양액을 3월 10일 (발아기)부터 7월 20일 (수확 종료 후 30일)까지 매주 2-3일 간격으로 나누어 공급하였다. 5월 이후 증산량이 많은 고온기에는 양액과 별도로 물만 1주일에 1-2회 20% 정도 배액이 되도록 관수하였다. 시험기간 중 처리별로 공급된 질소 함량은 4 L-17.6 g, 6 L-26.4 g, 8 L-35.2 g, 12 L-52.8 g이었다.

5월 23일에 과실을 수확하여 주당 총 수량을 구하고 주당 30개의 과실에 대하여 평균 과중을 구한 후 과실을 막자사 밭에서 으깨어 착즙하여 굴절당도계 (PR-100, Atago, Japan)로 가용성고형물을 측정하였다. 수체생장 조사는 8월 5일에 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준 (RDA, 2002)을 참고하여 모든 주축지 직경을 측정하고, 주당 5개의 신초를 대상으로 신초경, 평균신초장, 절간장을 조사하였다. 신초경은 신초기부에서 0.5 cm 떨어진 지점에서 버니어캘리퍼스로 측정하였으며, 신초장은 나무 중간 부위 높이의 자르지 않은 가지에서 기부로부터 신초 선단까지의 길이를 측정하였다. 또한 주당 총신초수와 길이 5 cm 이상의 흡지수를 세었다. 전정량도 수체생장의 지표이므로 8월 10일에는 관행재배에 따라 새로 발생한 흡지를 남기고 전년도에 발생하여 금년에 과실을 맺었던 가지를 기부에서 전정하여 생체중을 측정하였다. 통계분석은 R 프로그램 (version 4.1.0)을 이용하여 분산분석을 실시하였다.

Results

뿌리혹병 발생 김해 농가에서 뿌리혹병균 접종 후 발생한 뿌리혹의 발생률 (Table 1)은 토양재배에서 54.5%였으나 용기 양액재배에서는 3.3%로 현저히 감소하여, 용기 양액재배가 뿌리혹병 발생 경감에 효과가 있었다. 뿌리혹병의 발병은 감염된 묘목을 심거나 토양에 잠복된 병원균이 식물체 조직에 침투하면서 이루어지는데, 식물체 조직이 연약해지거나 과습 조건에서 감염 및 발병이 심해진다 (Matthysse, 2006). 나무는 근권 토양의 통기가 충분하지 않으면 뿌리의 호흡에 필요한 용존산소 농도가 낮아져 뿌리가 연약해질 수 있지만 (Veen, 1981), 용기에서 재배하면 상토 속에 배수성과 통기성이 우수한 펄라이트가 들어감으로 인해 근권에 산소공급이 용이하여 뿌리 생육이 양호하였을 것으로 생각된다. 또한 용기에 양액재배를 하면 토양전염성 병원균의 침입을 회피할 수 있어 (Olympios et al., 1992) 뿌리혹병 발생이 감소한 것으로 판단된다. 이러한 결과로 용기 양액재배를 활용하면 토양에 재배할 때보다 뿌리혹병 발생을 줄일 수 있음을 확인하였지만, 이러한 경감효과가 몇 년까지 지속 가능한 지에 대해서는 추가적인 조사가 필요할 것으로 생각된다.

Table 1. Occurrence of crown gall tumors in the roots after inoculation of *Agrobacterium* sp. to Korean raspberry plants cultivated in soil and container.

Treatment	Occurrence of tumors (%)	Tumor size
Conventional soil culture	54.5	++
Container culture	3.3	+
Significance	**	

Agrobacterium sp. was inoculated at 10⁴ cfu mL⁻¹ on May 20 and tumors were investigated on August 20.

+: 1 - 2 mm; ++: 2 - 5 mm.

** : significant at $p = 0.01$.

양액 EC 및 공급량 조절 효과 Table 2는 용기재배 산딸기에 양액의 EC 수준과 공급량을 달리했을 때 수체의 생장을 나타낸 것이다. 평균신초장, 흡지수는 EC 수준에 따른 유의적인 차이가 없었으나, 신초 직경, 총신초수, 절간장, 전정량은 증가하는 경향이였다. 또한 양액공급량이 많을수록 흡지수를 제외한 수체의 생장이 증가하여 12 L 처리구가 가장 왕성하였다. 그러나 EC가 1.5로 높아졌을 때는 총신초수, 흡지수, 전정량 등이 오히려 감소하는 경우도 있었는데, 양액공급량이 많을 때 뚜렷하게 나타났다. 즉, EC 1.2 수준에서 공급량이 12 L일 때 총신초수 14개, 전정량 825 g이었으나 EC가 1.5로 높아졌을 때는 각각 8.7개와 675 g으로 감소하였다. 그러므로 EC 범위 1.0 - 1.2에서 양액 공급량이 12 L일 때 생장이 대체로 양호하지만 EC가 1.5 이상 되면 생장이 나빠질 수 있음을 알 수 있었다. 일반적으로 질소 시비량이 증가할수록 수세가 강해지므로 (Ballinger et al., 1963; Ballinger and Kushman, 1969), 본 시험에서도 EC가 증가할수록 질소 공급량이 많아져 신초생장이 증가한 것으로 생각된다. 그러나 양액의 EC가 1.5를 초과했을 때 신초수, 전정량 등 수체생장이 감소한 것은 잎의 마름과 같은 염류장해를 어느 정도 받았기 때문으로 여겨진다 (Visconti et al., 2017). 생육에 적합한 EC 범위는 작물의 종류에 따라 다르지만, 적정 수준보다 높아지면 뿌리의 삼투포텐셜이 낮아져 양액으로부터 물과 양분을 흡수하는 뿌리의 능력은 감소하는 것으로 알려져 있다 (Jones Jr., 2012).

Table 2. Bush growth as affected by different ECs and volumes of nutrient solution supplied to container-grown Korean raspberry plants.

Nutrient solution		Floricane diameter (mm)	Shoot diameter (mm)	Avg. shoot length (cm)	Avg. internode (cm)	Total shoots (No. plant ⁻¹)	Suckers (No. plant ⁻¹)	Pruned shoots (g plant ⁻¹)
EC (dS m ⁻¹)	Volume (L plant ⁻¹)							
0.8	4	8.6	2.2	29.0	3.5	6.2	5.3	225
	6	9.0	2.4	26.8	3.9	6.0	1.3	475
	8	9.0	2.6	32.7	4.1	8.0	1.7	500
	12	8.4	2.8	56.3	3.8	9.0	2.7	650
1.0	4	9.5	2.6	36.9	4.1	5.5	3.3	250
	6	10.0	2.4	31.7	4.1	5.2	2.0	525
	8	10.6	2.6	36.1	4.2	7.7	5.3	550
	12	9.9	2.9	70.9	4.3	12.7	6.3	725
1.2	4	10.5	2.6	41.9	4.3	11.2	1.0	400
	6	10.8	2.6	38.7	4.3	13.0	1.7	600
	8	11.3	2.7	27.8	4.4	12.5	3.3	625
	12	10.2	2.9	58.1	5.1	14.0	5.0	825
1.5	4	11.6	2.8	35.8	4.3	8.5	3.7	525
	6	11.4	2.8	24.0	4.4	14.2	3.7	500
	8	12.2	3.1	35.5	4.8	8.7	4.3	575
	12	11.7	3.2	56.2	5.1	8.7	1.0	675
Significance								
EC (A)		ns	*	ns	**	*	ns	**
Volume (B)		***	**	***	***	**	ns	***
A × B		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns, *, **, ***: nonsignificant or significant at $p = 0.05$, 0.01 , and 0.001 , respectively.

양액 EC 및 공급량에 따른 과실 특성을 조사한 결과 (Table 3), 과중은 EC 1.0 및 1.2 수준에서 양액 공급량이 12 L 일 때 각각 2.5 g, 2.1 g으로 가장 커, 0.8 - 1.8 g을 나타냈던 다른 처리구와 현저한 차이를 보였다. 반면, 가용성고형물 함량에 대한 처리 간 유의차는 관찰되지 않았다. 주당 수량은 양액 EC를 1.0로 맞추어 12 L를 공급했을 때 562 g으로 가장 많았고, 다음으로 EC 1.2 수준의 12 L 처리구 순이었다. 양액 EC 1.0 및 1.2 수준의 공급량 12 L에서 과중이 큰 것은 수체생장이 왕성하여 (Table 2) 과실 당 엽면적 확보가 많았기 때문일 것이다. 또한 이들 처리구는 수체생장과 더불어 결실 부위가 늘어나면서 수량이 증가한 것으로 판단된다. 우리나라 산딸기와 유사한 라즈베리 (*Rubus idaeus* L.) 경우 질소 시비량을 증가시키면 당의 함량이 감소한다고 하였는데 (Goode, 1970), 이는 과도한 질소 공급으로 당이 질소동화에 소모되어 영양생장에 이용되기 때문이다 (Cheng et al., 2004). 반면 다른 과수에서 적절한 질소 공급은 수체 성장을 촉진하지만 과실의 가용성 고형물에 변화를 주지 않거나 (Uhe, 1957), 오히려 가용성 고형물 함량을 증가시켰다는 보고 (Kwack et al., 2017)도 있다. 따라서 본 시험의 양액재배 조건에서는 질소의 공급이 가용성고형물에 미친 영향이 적었던 것으로 여겨진다.

Table 3. Berry characteristic and yield affected by different ECs and volumes of nutrient solution supplied to container-grown Korean raspberry plants.

Nutrient solution		Avg. berry weight (g)	Berry soluble solids (°Brix)	Yield (g plant ⁻¹)
EC (dS m ⁻¹)	Volume (L plant ⁻¹)			
0.8	4	1.0	13.7	223
	6	1.2	14.1	270
	8	1.2	14.5	269
	12	1.8	14.0	404
1.0	4	1.1	14.0	246
	6	0.9	14.5	203
	8	1.7	14.1	381
	12	2.5	14.0	561
1.2	4	0.9	14.3	201
	6	1.0	14.6	225
	8	1.2	15.4	271
	12	2.1	14.9	471
1.5	4	0.8	14.9	181
	6	1.3	14.7	293
	8	1.8	14.6	404
	12	1.3	14.6	292
Significance				
EC (A)		***	ns	ns
Volume (B)		ns	ns	***
A × B		ns	ns	ns

ns, *, **, ***: nonsignificant or significant at $p = 0.05$, 0.01 , and 0.001 , respectively.

Conclusions

본 연구는 경남 지역 산딸기 재배농가에서 어려움을 겪고 있는 뿌리혹병의 발생 경감을 위한 방법으로 용기 양액재배의 효과를 조사하고 양액재배를 위한 적정 양액 EC와 공급량을 제시하기 위해 수행되었다. 이상의 연구결과로 용기 양액재배로 시설 내 산딸기에서 문제가 되고 있는 뿌리혹병 발생을 현저히 줄일 수 있는 것으로 확인되었다. 수체 성장과 과실 크기, 수량을 고려할 때, 공급하는 양액의 EC는 1.0 - 1.2 범위가 적당하였다. 양액 공급량은 본 시험과 비슷한 조건의 포장이라면 일주일에 주당 12 L 정도로 공급하면 되겠지만, 시설 내 일사량, 온도, 작물의 생육 정도 등으로 고려하여 조절해야 할 것으로 생각된다. 한편, 산딸기 용기 양액재배에는 재료와 시설비가 추가적으로 투자되므로 실용화를 위해서는 장기적인 뿌리혹병 발병 양상 및 생산성을 고려한 경제성 분석이 뒤따라야 할 것으로 판단되었다.

Acknowledgement

본 논문은 경상남도농업기술원 기관고유 연구사업 (과제번호: LP0049322022)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- Ballinger, W.E. and L.J. Kushman. 1969. Relationship of nutrition and fruit quality of Wolcott blueberries grown in sand culture. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94:329-335.
- Ballinger, W.E., L.J. Kushman, and J.F. Brooks. 1963. Influence of crop load and nitrogen applications upon yield and fruit qualities of Wolcott blueberries. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 82:264-276.
- Bobinaite, R., P. Viskelis, and P.R. Venskutonis. 2012. Variation of total phenolics, anthocyanins, ellagic acid and radical scavenging capacity in various raspberry (*Rubus* spp.) cultivars. *Food Chem.* 132:1495-1501.
- Bohme, M. 1995. Effects of closed systems in substrate culture for vegetable production in greenhouses. *Acta Hort.* 396:45-54.
- Cheng, L., F. Ma, and D. Ranwala. 2004. Nitrogen storage and its interaction with carbohydrates of young apple trees in response to nitrogen supply. *Tree Physiol.* 24:91-98.
- Cheon, M.G., S.H. Lee, K.M. Park, S.T. Choi, Y.H. Hwang, and Y.H. Chang. 2021a. Dry weight and inorganic nutrient contents in different parts of container-grown highbush blueberry 'Duke' with or without hydroponic solution supply. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 54:359-365.
- Cheon, M.G., S.H. Lee, K.M. Park, S.T. Choi, Y.H. Hwang, and Y.H. Chang. 2021b. Soil chemical properties and bush growth of two blueberry cultivars as affected by soil media mixed with peatmoss and cocopeat. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 54:331-337.
- Cheon, M.G., Y.S. Lee, Y.M. Chung, H.D. Kim, K.P. Hong, H.M.P.C. Kumarihami, and J.G. Kim. 2019. Effect of supplying volume and frequency of nutrient solution on growth and fruit quality of blueberry. *J. Bio-Environ. Control* 28:447-453.
- Goode, J.E. 1970. Nitrogen nutrition and susceptibility of Mailing Jewel Raspberries to infection by spur blight (*Didymella applanata*). *Plant Pathol.* 19:108-110.
- Himelrick, D.G. and W.A. Dozier Jr. 1994. Effect of nitrate concentration on hydroponically grown primocane-fruiting red raspberries. *J. Plant Nutr.* 17:185-198.
- Jones Jr., J.B. 2012. *Plant nutrition and soil fertility manual*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Jun, H.J., J.G. Hwang, M.J. Son, M. Kim, and J.P. Kim. 2006. Effect of nutrient solution concentration on growth,

- yield and fruit quality of fig plant (*Ficus carica* L.). J. Bio-Environ. Control 15:264-269.
- Kang, H.M., C.S. Chang, and S.L. Choi. 2014. Analysis of standard income regarding the cultivation of non-timber forest products - Focused on major nuts and fruits -, J. Korean For. Soc. 103:490-502.
- KFS. 2018. 2017 forestry production survey. p.29-35. Korea Forest Service, Daejeon, Korea.
- Kim, B.S., K.C. Pak, H.K. Kim, and S.H. Kim. 1999. Effect of nutrient solution level and media species on growth and quality in container culture grapevine (*Vitis* spp.). Kor. J. Hortic. Sci. Technol. Suppl. 17:234.
- Kim, C.H., K.D. Hahn, and K.S. Park. 1996. Survey of rhizome rot incidence of ginger in major production areas in Korea. Korean J. Plant Pathol. 12:336-344.
- Kwack, Y.B., W.B. Chae, M.H. Lee, H.W. Jeong, H.C. Rhee, J.G. Kim, and H.L. Kim. 2017. Effect of nitrogen fertigation on the growth and nutrition uptake of 'Brightwell' rabbiteye blueberry. Korean J. Environ. Agric. 36: 161-168.
- Lee, C.B. 2014. Illustrated guide to Korean flora. Hyangmunsa, Seoul, Korea.
- Lee, E.H., B.Y. Lee, Y.B. Lee, Y.S. Kwon, and J.W. Lee. 1998. Nitrate content and activities of nitrate reductase and glutamine synthetase by ionic strength, nitrate concentration, ratio of nitrate to ammonium in nutrient solution for culture of leaf lettuce and water dropwort. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:161-165.
- Lee, T.B. 2003. Coloured flora of Korea (1). Hyangmoonsa, Seoul, Korea.
- Matthysse, A.G. 2006. The genus agrobacterium. Prokaryotes 5:91-114.
- Olympios, C.M. 1992. Soilless media under protected cultivation rockwool, peat, perlite and other substrates. Acta Hortic. 323:215-240.
- Oyejola, B.O. 1977. Aeration requirement of roots of cacao (*Theobroma cacao* L.) seedlings in water culture. p. 278-280. In Proceedings of the International Cocoa Research Conference, Ibadan, Nigeria.
- RDA. 2002. Standard analysis of substrate. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Sandanam, S. and J.P. Fonseka. 1974. The effect of root aeration on the growth of young tea plants in water culture. Tea Q. 44(2/3):113-119.
- Uhe, G. 1957. The influence of certain factors on the acidity and sugar content of the Jersey blueberry. M.S. Thesis, Oregon State University, Eugene, USA.
- Veen, B.W. 1981. Relation between root respiration and root activity. p. 277-280. In R. Brouwer et al. (ed.) Structure and function of plant roots. Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Visconti, F., D.S. Intrigliolo, A. Quinones, L. Tudela, L. Bonet, and J.M. de Paz. 2017. Differences in specific chloride toxicity to *Diospyros kaki* cv. "Rojo Brillante" grafted on *D. lotus* and *D. virginiana*. Sci. Hortic. 214:83-90.
- Wagenvoort, W.A., I. Babik, and G.R. Findenegg. 1985. The effect of oxygen supply and calcium levels in hydroponic culture on the occurrence of carrot cavity spot. Soilless Cult. 1:67-72.
- Yoshigawa, H. 1983. Breeding for club root resistance of crucifer crops in Japan. Jpn. Agric. Res. Q. 17:6-11.
- Zhang, L., J. Li, S. Hogan, H. Chung, G.E. Welbaum, and K. Zhou. 2010. Inhibitory effect of raspberries on starch digestive enzyme and their antioxidant properties and phenolic composition. Food Chem. 119:592-599.