

재배방법에 따른 아스파라거스 4 품종의 생장과 생리활성 비교

김호철^{1,3}, 허복구², 배종향^{1,3}, 이승엽^{1,3}, 강동현⁴, 유찬석⁵, 김동억⁶, 최이진⁷, 구양규^{1,3*}

¹원광대학교 원예산업학과, ²(재)나주시천연염색문화재단, ³원광대학교 생명자원과학연구소, ⁴국립농업과학원 농업공학부, ⁵경상대학교 생물산업기계공학과, ⁶한국농수산대학, ⁷서울특별시농업기술센터 도시농업과

Comparison of Plant Growth Characteristics and Biological Activities of Four Asparagus Cultivars by Cultural Method

Ho Cheol Kim^{1,3}, Buk Gu Heo², Jong Hyang Bae^{1,3}, Seung Yeob Lee^{1,3}, Dong Hyeon Kang⁴,
Chan Seok Ryu⁵, Dong Eok Kim⁶, I Jin Choi⁷ and Yang Gyu Ku^{1,3*}

¹Department of Horticulture Industry, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

²Naju Foundation of Natural Dyeing Culture, Naju 58280, Korea

³Institute of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

⁴Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Jeonju 54875, Korea

⁵Division of Agro-system Engineering, Gyeongsang National University
(Institute of Agriculture and Life Science), Jinju 52828, Korea

⁶Korea National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea

⁷Department of Urban Agriculture, Seoul Metropolitan Agricultural Technology Center, Seoul 06795, Korea

Abstract - In the present study, we investigated the plant growth characteristics and biological activity of four asparagus cultivars grown using two cultural methods and tested the possibility of domestic open field. The number of shoots, buds, roots, shoot and root fresh and dry weights, and total dry weight of the four asparagus cultivars grown in a plastic house were higher than those of the same cultivars grown in an open field. Of the cultivars grown in the open field, Jersey Giant had greater shoot number than the other cultivars. In plastic house cultivation, the number of buds in Jersey Supreme was greater than the other cultivars. The total flavonoid content of the Jersey Giant was greater than the other cultivars, but cultural method was unaffected. The total polyphenol contents in asparagus cultivars grown in the plastic house were higher than those of cultivars grown in the open field. The total polyphenol content of the Jersey Giant grown the plastic house was significantly higher than those of other cultivars. Antioxidant activity such as catalase (CAT) and peroxidase (POX) did not differ significantly with cultural methods and among the cultivars. Ascorbate peroxidase (APX) activity of asparagus cultivars grown in the open field was higher than that of cultivars grown in the greenhouse; the highest APX activity was detected in UC157. Thus, greenhouse cultivation is expected to improve plant growth characteristics and biological activities of asparagus cultivars; each cultural method should be considered when selecting a suitable cultivar for high yield and high bioactive compound content.

Key words - Antioxidant activity, Asparagus, Flavonoid, Open field, Polypehnol

서 언

아스파라거스는 백합과에 속하는 채소로 폴리페놀, 플라보노이드, 항산화 성분 등 생리활성 물질이 다량 함유되어 있고

(Chin and Garrison, 2008; Lee *et al.*, 2014, 2015; Maeda *et al.*, 2010; Motoki *et al.*, 2012), 특히 인체에 유익한 기능성 및 약리성이 부각되면서 소비자들의 관심이 증가되고 있다. 아스파라거스는 열대, 온대, 건조 및 사막 지역 등 다양한 재배 환경과 세계 각 지역에서 재배되고 있다(Ku *et al.*, 2007). 아스파라거스의 전 세계 재배 면적은 195,819 ha이며, 중국, 일본, 프랑스

*교신저자: ygku35@wku.ac.kr

Tel. +82-63-850-6672

스, 독일, 이탈리아, 스페인, 멕시코, 미국, 페루 및 호주는 6,000 ha 이상이다(Benson, 2012). 아스파라거스 재배는 대부분의 나라에서 노지 재배를 하고 있는 가운데 중국과 일본은 비가림 하우스 재배를 병행하고 있다. 국내에서는 노지 재배 시 여름철에 고온 다습 조건과 장마철 폭우로 인해 병 발생률이 높고, 수확량이 낮기 때문에 하우스 재배 위주로 하고 있다(Choi *et al.*, 1981; Seong *et al.*, 2001). 그런데 하우스 재배는 노지 재배에 비해 생산량이 많지만 시설 투자비가 많이 들고, 정식부터 수확기까지 2~3년이 소요되기 때문에 농가들의 경제적인 부담이 크다. 그래서 일부 농가들은 노지 재배를 시도하고 있는데, 적정 품종 및 하우스 재배와 비교했을 때의 생산성에 관한 연구 등 관련 정보가 없는 실정이다.

아스파라거스는 품종과 재배 환경이 생산량에 크게 영향을 미치는 작물이다. 일본에서는 아스파라거스의 생산성 향상 기술 개발과 함께 추운지역에서 생산량이 높고 내병성 강한 품종인 Grande, Jersey Giant, NJ953 및 Gijnlim 등을 선발하여 재배하고 있다(Motoki *et al.*, 2008). 그 결과 일본에서 아스파라거스 생산량은 10 a 당 4~6톤으로 국내 보다 현저히 높은 수준이다(Maeda *et al.*, 2010). 국내에서 생산성이 낮은 것은 품종에 대한 이해도가 낮고, 재배 및 생산 기술 부족 등 복합적인 요인들이 작용하고 있기 때문이다. 최근 아스파라거스 수그루 품종에 따른 생산량 차이가 있다는 연구(Lee *et al.*, 2013) 등이 행해졌지만 구체적으로 품종 및 하우스와 노지 재배에 따른 생산성 관련 연구 등은 이루어지지 않은 실정이다.

아스파라거스 순은 다양한 생리활성물질인 플라보노이드, 페놀화합물, 아질산염 소거능, 카페인산과 페롤린산 등이 다량으로 함유되어 있다(Fanasca *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2015; Sun *et al.*, 2007). 최근 연구에 의하면 비가림 하우스에서 재배된 아스파라거스 순은 폐암세포 증식 억제 효과 등이 보고되었다(Lee *et al.*, 2015). 또한 아스파라거스 순은 인체 내의 콜레스테롤을 줄이고 암 세포 활성 억제(Chin and Garrison, 2008; Maeda *et al.*, 2010; Shao *et al.*, 1996; Shou *et al.*, 2007) 효과가 있는 것으로 널리 알려져 아스파라거스 국내 소비량이 증가하고 있다. 아스파라거스 순은 인체 건강에 유용한 성분들이 다량으로 함유되어 아스파라거스 소비에도 영향을 미치므로 생리활성 물질의 함량 정도는 중요한 의미를 갖는다. 그러므로 생산성 못지않게 품종이나 재배 방법에 따른 생리활성 물질의 함량에 대한 연구도 필요하나 이 부분에 대한 연구는 미비한 실정이다. 이러한 배경에서 본 연구는 유망한 아스파라거스 4품종을 선정하여 노지 및 하우스 재배에 따른 생산성과 생리활성 물질의 함량을 조사 분석하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료 및 재배 관리

본 연구는 전북 익산에 있는 원광대학교 채소 포장인 비가림 하우스와 노지 포장에서 2012년 7월부터 2014년 5월까지 수행하였다. 아스파라거스(*Asparagus officinalis*)는 전용 품종인 Jersey Giant, Jersey Supreme, NJ953과 암·수 혼용 품종인 UC157 품종의 종자를 2시간 침종 후 2012년 7월 11일 50공 트레이에 버미큘라이트를 채워서 종자를 파종하였다. 파종한 트레이는 플라스틱 하우스 내에서 주기적으로 관수를 하면서 관리하였다. 파종 후 5주째에 플라스틱 포트(직경 12 cm × 높이 11.5 cm)로 묘를 이식하여 3주간 하우스에서 재배한 다음 균일한 묘(묘의 초장은 40~50 cm, 지상부 줄기 수는 5개)를 선발하여 플라스틱 포트(직경 28 cm × 높이 23cm)에 상토(알파플러스상토, 흥농, 한국)를 넣고 정식하였다. 정식 후(파종 후 8주째 된 묘) 각 품종별로 9주씩을 각각 비가림 하우스와 노지 포장에 옮겨 주기적으로 관수를 하였다. 비가림 하우스는 여름철에 폭우가 차단 대신에 노지 재배는 폭우에 차단이 되지 않았다.

생육 조사

생육조사는 지상부 줄기 개수, 버드의 개수, 뿌리의 개수, 생체중 및 건물중으로 구분하여 실시하였다. 지상부 줄기 개수는 정식 후 1주 간격으로 조사하였는데, 1 cm 이상 땀어진 것을 지상부 줄기 개수로 간주하였다. 정식 후 9주째에 식물체에 손상이 가지 않도록 굴취하여 상토 등을 제거 및 세척 후 버드(눈)의 개수, 뿌리의 개수, 생체중 및 건물중을 조사하였다. 눈의 개수는 crown(크라운)에서 눈으로 식별될 수 있는 눈과 뿌리의 개수를 조사하였다. 각 기관의 생체중은 물기를 제거한 후 측정했으며, 건물중은 건조기를 이용하여 60°C에서 4~5일간 건조시킨 후 건물중을 측정하였다.

생리활성 물질

시료

생리활성 물질의 분석 시료 육성은 정식 전에 3.3 a 당 원예복합비료(질소 12%, 가용성 인산 7%, 수용성 칼리 9%, 구용성고토 2%, 구용성 붕소 0.2%) 80 kg, 석회 100 kg, 붕사 1.5 kg을 밑거름으로 넣고 토양살충제 2 kg을 처리하였다. 검정색 비닐로 멀칭 후 11개월된 아스파라거스 묘를 2013년 6월에 하우스 내 토양과 노지 토양에 180 cm × 30 cm 간격으로 정식하여 재배 관리하였

다. 분석 시료는 2014년 3~4월에 20 cm 정도 자란 순을 채취하였다. 모든 시료는 채취 즉시 동결 건조, 분말화하여 -20°C의 냉동고에 보관하면서 분석에 사용하였다.

총 페놀화합물 함량

총 페놀화합물 함량은 Folin-Denis 방법(Dewanto *et al.*, 2002)을 일부 변형하여 측정하였다. 동결건조 분말 1 mg을 95% 에탄올 1 ml를 넣고, Folin-Ciocalteu's phenol reagent 1 ml를 첨가한 후 27°C 진탕항온수조에서 혼합하였다. 5분 후 Na₂CO₃ 포화용액 1 ml를 넣어 혼합하여 실온에서 1시간 방치한 후 UV/VIS spectrophotometer (Cary 500, Varian, USA)로 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준검량곡선은 tannic acid를 이용하여 작성하고 시료 내 총 페놀 함량을 환산 정량하였다.

총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 Jia *et al.* (1999)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 0.1 g에 75% ethanol을 가하여 실온에서 하룻밤 동안 방치 추출한 다음 이 검액 1 ml를 시험관에 취하고 10 ml의 diethylene glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1N NaOH 0.1 ml를 잘 혼합시켜 37°C의 항온수조에서 1시간 동안 반응시킨 후 흡수분광광도계로 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. Blank로서는 시료 용액 대신 75% ethanol 용액을 동일한 방법으로 처리하여 준비하였다. 표준곡선은 Naringin (Sigma Co., USA)을 이용하여 작성하였고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 산출하였다.

항산화효소 활성

항산화 효소 활성 측정을 위한 분석 시료는 비가림 하우스와 노지 재배에서 수확한 아스파라거스 순을 동결건조 후 분쇄하여 사용하였다. 시료 0.5 g을 extract buffer [100 mM potassium phosphate buffer (pH 7.5), 100 mM ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), 1% polyvinylpyrrolidone (PVP), 100 mM phenylmethylsulfonyl fluoride (PMSF)] 2 ml로 균질화한 다음 15,000 x g에서 20분동안 원심분리한 후 상등액을 사용하여 각 효소 활성을 측정하였다. Superoxide dismutase (SOD) 효소 활성 검정은 분석용 Kit (SOD Assay Kit-WST, Sigma-Aldrich, Switzerland)를 사용하여 측정하였다. SOD 효소 활성이 Nitroblue tetrazolium (NBT)의 환원을 저해하는 능력을 검정하는 photochemical NBT 방법을 사용하였다. 반응액은 50 mM carbonic buffer (pH 10.2), 0.1 mM EDTA, 0.1 mM Xanthine,

0.025 mM NBT로 하였으며, NBT환원 저해율을 흡광도 450 nm에서 측정하였다. SOD활성은 다음의 식을 이용하여 NBT 환원 저해율로 계산하였다. SOD활성(NBT환원 저해율, %) = $[(A_{\text{blank1}} - A_{\text{blank2}}) - (A_{\text{sample}} - A_{\text{blank2}})] / (A_{\text{blank1}} - A_{\text{blank2}}) \times 100$. Catalase (CAT) 활성은 반응액(50 mM potassium phosphate buffer (pH 7.0), 10 mM H₂O₂)에 시료를 첨가 후 240 nm 흡광도 변화를 2분간 측정하여 H₂O₂산화를 측정하였다(Chen and Asada, 1989). Ascorbate peroxidase (APX) 활성의 반응액은 0.5 mM ascorbate와 0.2 mM H₂O₂가 첨가된 100 mM potassium phosphate buffer (pH 7.5)로 조성하였다. H₂O₂첨가로 반응을 시작하여 ascorbate의 산화 변화를 290 nm에서 2분간의 흡광도 변화로 측정하였다(Nakano and Asada, 1981). Peroxidase (POX) 활성은 반응액(40 mM potassium phosphate buffer (pH 6.9), 1.5 mM guaiacol, 6.5 mM H₂O₂)에 시료를 혼합하여 470 nm에서 2분간의 흡광도 변화를 측정하였다(Egley *et al.*, 1983).

통계분석

실험설계는 완전임의배치법, 5반복으로 수행하였다. 본 실험에서 얻어진 자료들은 SAS (Statistical Analysis System, Version 9.3, Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 95% 신뢰수준에서 Duncan's Multiple Range Test로 유의성 분석을 하였다.

결과 및 고찰

지상부 개수와 생장 특성

아스파라거스 지상부 줄기 개수는 정식 후 3주째 하우스와 노지 재배 간에 통계적 차이를 나타내지 않았으나 정식 후 4주부터는 노지 재배보다 하우스 재배에서 지상부 줄기 개수가 더 많이 생산되었다(Table 1). 노지에서 재배한 아스파라거스의 지상부 줄기 개수가 적은 원인은 여름철 폭우로 인한 포트 내의 침수로 인해 아스파라거스가 스트레스를 받았기 때문인 것으로 추정된다. 또한 노지 재배 시 여름철 강우에 따른 병원균 감염으로 줄기가 말라 고사하는 경고병이 발생한다(Choi *et al.*, 1981). 아스파라거스 비가림 시설은 여름철 폭우 차단과 경고병 방제에 유용할 것으로 사료가 된다(Seong *et al.*, 2001).

아스파라거스 4품종의 지상부 줄기 개수는 품종간에 현저한 차이가 있었다. 정식 후 2주부터 4주까지 하우스 재배에서 Jersey Giant, Jersey Supreme과 UC157 품종들의 지상부 줄기 개수는 NJ953보다 더 많았다. 그러나 정식 후 5주부터 지상부

Table 1. Shoot number of four asparagus cultivars grown in both greenhouse and open field cultivation at week 9 after planting

Location (A)	Cultivar (B)	Initial shoot (no.)	Shoot numbers per plant ^z								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Plastic house	Jersey Giant	4.8b	6.1abc ^y	6.8b	7.2bcd	9.6ab	10.8ab	12.1ab	12.3ab	13.2a	13.2a
	Jersey Supreme	5.0b	5.7bc	7.2ab	7.5abc	10.0a	11.4a	12.0ab	12.6a	12.4ab	13.7a
	NJ953	5.0b	5.6bc	5.5c	7.0cd	8.7bc	10.6ab	11.1ab	11abc	12.1ab	12.4ab
	UC157	5.0b	6.3ab	7.1ab	8.3a	10.0a	11.8a	12.4a	11.7ab	12.6ab	12.5ab
Open field	Jersey Giant	5.3a	6.7a	7.8a	8.2ab	8.8abc	10.5ab	10.4bc	10.5bcd	10.7b	11.1b
	Jersey Supreme	5.0b	5.7bc	6.7b	7.4abcd	7.5de	8.5c	8.8cd	8.8de	8.7c	9.0c
	NJ953	5.0b	5.4c	6.5b	6.4d	6.7e	8.0c	8.2d	8.3e	8.2c	8.5c
	UC157	5.0b	6.1abc	7.0ab	7.8abc	8.3cd	9.3bc	9.3cd	9.6cde	8.7c	9.0c
A ^x		ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***
B		ns	**	**	**	**	*	*	*	ns	ns
A × B		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^zEach value is the mean of nine replications per treatment.

^yMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

^xNS, *, **, *** indicates not significant or significant at the $P \leq 0.05$, or $P \leq 0.01$, or $P \leq 0.001$ level, respectively.

줄기 개수는 품종간에는 차이가 없었다. 노지 재배에서 Jersey Giant은 다른 품종들보다 지상부 줄기 개수가 더 많았다. 즉, 정식 5주째 Jersey Giant의 지상부 줄기 개수는 10.5개, 9주째는 11.1개 인데 비해 다른 세 품종은 5주째는 8.0~9.3개 9주째는 8.5~9.0개였다.

아스파라거스 4품종을 재배한 결과 정식 9주째 버드(눈)의 개수는 하우스 재배에서 21.0~28.2개에 비해 노지 재배에서는 15.0~24.2개로 적었다(Table 2). 품종별 눈의 개수는 하우스 재배의 경우 Jersey Supreme은 30개로 가장 많은 반면에 NJ953은 21개로 가장 적었다. 노지 재배의 경우 Jersey Giant는 24.2개로 가장 많았으며, NJ953은 15개로 가장 적었다. 이러한 눈의 개수 차이는 아스파라거스 재배 시 눈의 개수와 생산량은 밀접한 관련이 있다(Woolley *et al.*, 2008)는 보고를 감안할 때 생산량과 연계되므로 생산량 측면에서는 눈의 개수가 많게 나타난 품종을 선택하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

아스파라거스 정식 후 9주째 뿌리의 개수는 재배 방법 간에 통계적 차이가 있었다. 하우스 재배에서 아스파라거스 4품종의 뿌리의 개수는 48.7~66.5개인 반면에 노지 재배에서 뿌리의 개수는 31.7~41.7개로 현저하게 적었다. 품종별 뿌리의 개수는 하우스 재배 경우 UC157은 66.5개로 가장 많은 반면에 NJ953은 51.1개로 가장 적었다. 노지 재배 경우 아스파라거스 4품종의 뿌리의 개

수는 품종간에 통계적 차이가 없었다. 아스파라거스 4품종의 지상부의 생체중은 노지 재배보다 하우스 재배에서 4~5배 정도 더 무거웠다. 재배 방법 간에 하우스 재배는 노지 재배보다 지상부의 건물중은 더 무거웠다. 그러나 지상부의 생체중과 건물중은 품종간에 차이가 없었다. 지하부의 생체중은 노지 재배보다 하우스 재배에서 무거운 것으로 나타났지만 지하부의 건물중은 품종간에 차이가 없었다. 총 건물중은 재배 방법 간에 통계적 차이를 나타냈으며 하우스 재배는 24.3~30.0 g이었으며, 노지 재배는 11.1~15.7 g이었다.

지하부와 지상부의 비율은 하우스 재배한 것은 0.69~0.86였으며, 노지 재배한 것은 2.46~3.09를 나타냈다. 이러한 결과는 하우스 재배한 것은 지상부 생장이 촉진된 반면에 노지 재배한 것은 상대적으로 지하부 생장이 촉진되었음을 의미하는 것이었다.

플라보노이드 및 페놀화합물 함량

아스파라거스 4품종의 총 플라보노이드 함량은 하우스 재배와 노지 재배 간에 차이를 나타내지 않았으나 품종간에는 차이가 있었다(Table 3). 아스파라거스는 생식이나 가공을 하여 충분히 섭취해도 건강에 특이한 부작용이 없는 것으로 알려져 있다 (Guerrero *et al.*, 2012). 플라보노이드는 인체 건강에 항 알레

Table 2. Bud number, root number, shoot and root weight, total dry weight and root to shoot ration of four asparagus cultivars grown in both greenhouse and open field cultivation

Location (A)	Cultivar (B)	Bud (no.) ^z	Root (no.)	Fresh wt (g)		Dry wt (g)		Total dry wt (g)	Root: shoot ratio
				Shoot	Root	Shoot	Root		
Plastic house	Jersey Giant	28.2ab ^y	48.7bc	69.4a	59.9bc	15.0a	10.4ab	25.4ab	0.69c
	Jersey Supreme	30.0a	53.0b	68.0a	78.5a	16.1a	13.9a	30.0a	0.86c
	NJ953	21.0bcd	51.5bc	63.7a	51.5dc	13.8a	10.5ab	24.3b	0.76c
	UC157	25.2abc	66.5a	69.3a	73.5ab	15.5a	13.2a	28.7ab	0.85c
Open field	Jersey Giant	24.2abc	41.7cd	14.1b	49.2cd	4.0b	10.7ab	14.7c	2.67ab
	Jersey Supreme	17.0cd	31.7d	11.8b	43.2cd	3.3b	10.2ab	13.5c	3.09a
	NJ953	15.0d	32.7d	11.2b	36.4d	3.2b	7.9b	11.1c	2.46b
	UC157	20.2bcd	31.7d	14.9b	47.3cd	4.3b	11.4ab	15.7c	2.65b
A ^x		**	***	***	***	***	*	***	***
B		*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
A × B		ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^zEach value is the mean of four replications per treatment.

^yMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

^xNS, *, **, *** indicates not significant or significant at the $P \leq 0.05$, or $P \leq 0.01$, or $P \leq 0.001$ level, respectively.

Table 3. Total flavonoid and total polyphenol content of spear extracts of four asparagus cultivars grown in both greenhouse and open field cultivation

Location (A)	Cultivar (B)	Total flavonoid content(mg·L ⁻¹) ^z	Total polyphenol content (mg·L ⁻¹)
Plastic house	Jersey Giant	5.3ab ^y	75.9a
	Jersey Supreme	4.6b	60.5b
	NJ953	3.4c	57.9bc
	UC157	3.2cd	53.5c
Open field	Jersey Giant	5.8a	56.1bc
	Jersey Supreme	4.5b	59.3b
	NJ953	2.6cd	47.5d
	UC157	2.4d	45.3d
A ^x		ns	***
B		***	***
A × B		ns	***

^zEach value is the mean of three replications per treatment.

^yMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

^xNS, *, **, *** indicates not significant or significant at the $P \leq 0.05$, or $P \leq 0.01$, or $P \leq 0.001$ level, respectively.

르기, 항암, 항산화작용, 항균작용과 혈관질환에 매우 유익한 성분이다. 아스파라거스 순에 함유되어 있는 플라보노이드는

체내의 활성산소의 작용을 억제하는 항산화 작용, 혈관계 질환 개선효과, 간 질환 개선 효과, 암 세포 증식의 억제 및 지질 과산

화 억제 작용 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Cha and Cho, 2001; Kawaguchi *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 2015). 이러한 배경에서 아스파라거스 에탄올 추출물이 1,000 mg/L일 때 총 플라보노이드 함량을 분석한 결과 2.4~5.8 mg/L이었는데, Jersey Giant의 경우 하우스 재배와 노지 재배는 각각 5.3 mg/L 및 5.8 mg/L으로 다른 품종보다 더 높았다. 이러한 결과는 상업용 아스파라거스 Jersey Giant, Jersey Supreme, NJ953 및 UC157 품종의 총 플라보노이드 함량이 12.62~16.39 mg/L 범위였다는 Lee *et al.* (2015) 등의 보고와 비교해 볼 때 상당히 낮은 결과였다. 이러한 차이가 나타난 것은 본 연구에서는 정식 후 1년 된 아스파라거스 순을 이용한 반면에 Lee *et al.* (2015)은 정식 후 2년 된 순을 이용했기 때문으로 보인다. 따라서 추가적인 연구가 필요하겠지만 총 플라보노이드의 이용 측면에서 아스파라거스를 식용한다면 아스파라거스의 정식 후 수확시기도 중요함을 시사하는 결과였다.

총 페놀화합물은 하우스 재배한 것은 53.5~75.9 mg/L로 노지 재배한 것의 45.3~59.3 mg/L에 비해 많은 경향을 나타냈다. 품종별 총 페놀화합물 함량은 하우스 재배 Jersey Giant에서 가장 많았고, UC157에서 가장 적었으며, 노지 재배 경우 Jersey Supreme에서 가장 많았고, UC157에서 가장 적었다. 이러한 결과는 정식 후 2년 된 순을 시료로 하여 총 페놀화합물 함량을 분석한 결과 NJ953에서 가장 낮은 함량을 보였다는 결과와 일치

하여 품종에 따라 총 페놀화합물 함량 차이가 존재함을 알 수 있었다.

항산화효소 활성

아스파라거스 4품종을 수확한 순의 Catalase (CAT) 활성은 아스파라거스 재배 방법 간에 통계적 차이는 없었으나 품종간에는 차이가 있었다(Table 4). 하우스 및 노지 재배한 것 중에서 CAT 활성이 가장 높은 품종은 Jersey Giant였으며, 가장 낮게 나타난 것은 하우스 재배의 경우 UC157 이었으며, 노지 재배는 Jersey Supreme이었다. CAT는 생체 내의 유해 산소들을 신속히 처리하여 세포를 보호하는 항산화계 효소로 H₂O₂를 분해 소거하는 대표적인 효소이다(Ryu and Kwon, 2008). 그러므로 활성도가 높으면 좋다고 할 수 있는데, 본 연구 결과는 대청 뿌리 추출물의 CAT 활성은 20.0 (Unit/mg protein)이었다는 Heo *et al.* (2012)의 보고 및 뽕잎의 CAT 활성은 17.7 (Unit/mg protein)이었다(Boo *et al.*, 2011)는 보고와 비교해 볼 때 낮은 편이었다.

Ascorbate peroxidase (APX) 활성은 하우스 재배에서는 58.0~166.4 (Unit/mg protein)인데 비해 노지 재배에서는 107~181 (Unit/mg protein)로 높았다. 품종별로는 재배 방법간에 상관없이 UC157의 APX 활성이 가장 높게 나타났다. APX는 엽록체, 미토콘드리아, 세포질 및 세포벽에 존재하고, ascorbate를 산화 시킴으로써 H₂O₂를 불활성화 시키고(Kang *et al.*, 2003), 생체

Table 4. Antioxidant enzyme activity of spear extracts of four asparagus cultivars grown in both greenhouse and open field cultivation

Location (A)	Cultivar (B)	Activity (Unit/mg protein) ^z			Activity (inhibition rate %)
		CAT	APX	POX	SOD
Plastic house	Jersey Giant	1.2bc ^y	110.3b	1.9a	58.5ab
	Jersey Supreme	0.9bc	58.0c	2.7a	60.3a
	NJ953	0.6c	132.5b	1.9a	63.9a
	UC157	0.4c	166.4a	1.9a	49.2c
Open field	Jersey Giant	2.4a	107.4b	2.4a	60.6a
	Jersey Supreme	0.3c	117.5b	2.3a	59.0ab
	NJ953	0.4c	131.9b	1.8a	59.5ab
	UC157	1.6ab	181.3a	1.7a	51.8bc
A ^x		ns	*	ns	ns
B		***	***	ns	**
A × B		**	*	ns	ns

^zEach value is the mean of three replications per treatment.

^yMeans within columns sharing the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$.

^xNS, *, **, *** indicates not significant or significant at the $P \leq 0.05$, or $P \leq 0.01$, or $P \leq 0.001$ level, respectively.

내에서 활성 산소로부터 생체를 보호하는 작용을 함으로써 각종 성인병 예방 및 항암, 항노화 기능을 수행한다(Boo *et al.*, 2011). 그러므로 APX 활성 측면에서는 UC157을 노지에서 재배하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

Peroxidase (POX)는 SOD에 의해 생성된 H_2O_2 를 기질로 이용하여 O_2 와 H_2O 로 대사시키는 효소 중의 하나인데(Jeong *et al.*, 2001), POX 활성은 하우스 재배에서는 1.9~2.7 (Unit/mg protein)이었으며, 노지 재배에서는 1.7~2.4 (Unit/mg protein)로 재배 방법 간에 차이가 없었다. POX 활성은 품종간에 차이가 없었다.

Superoxide dismutase (SOD) 활성은 하우스 재배에서는 49.2~63.9%였으며, 노지 재배에서는 51.8~60.6%를 나타냈는데 재배 방법 간의 유의성은 없었다. 품종별 SOD 활성은 UC157이 하우스 및 노지 재배에서 가장 낮았다. SOD는 세포내 호흡작용의 부산물로서 생성되는 superoxide anion을 과산화수소로 전환시키며(Fridovich, 1989), 이렇게 생성된 H_2O_2 를 CAT와 peroxidase가 물로 전환되어 독성을 상실하게 된다(Yu *et al.*, 2005). 또 항산화 효소의 역할은 환원산소종으로부터 식물 세포를 보호하는 중요한 방어기작으로 알려져 있다(Choi and Chung, 2003; Kang *et al.*, 2007; Kang *et al.*, 2009). 그러므로 SOD 활성 측면에서는 NJ953과 같이 SOD 활성이 높은 품종을 선택하여 재배하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업 (PJ011693022016)의 지원에 의해 이루어진 것임.

적 요

본 연구는 아스파라거스 4 품종을 이용하여 하우스 및 노지 재배에 따른 성장 특성과 생리활성 물질을 조사하여 국내 노지 재배 가능성을 검토하기 위하여 실험을 수행하였다. 연구결과에 의하면 아스파라거스의 지상부 줄기 개수, 눈의 개수, 뿌리의 개수, 지상부와 지하부 생체중과 건물중 및 전체 건물중은 하우스 재배에서 노지 재배보다 유의하게 높았다. 품종간에는 노지 재배에서 Jersey Giant가 다른 품종들보다 지상부 줄기 개수가 유의하게 많았다. 하우스 재배에서 Jersey Supreme의 눈의 개수는 다른 품종들보다 유의하게 많았다. 총 플라보노이드 함량은 재배 방법에 따라 유의성이 나타내지 않았지만, Jersey

Giant에서 다른 품종들보다 더 높았다. 하우스에서 재배된 아스파라거스 품종의 총 폴리페놀 함량은 노지 재배보다 높았다. Jersey Giant의 총 폴리페놀 함량은 하우스 재배에서 다른 품종 간에는 가장 높았다. Catalase (CAT) 및 Peroxidase (POX) 활성은 재배 방법과 품종 간에 유의성을 나타내지 않았다. Ascorbate peroxidase (APX) 활성은 노지 재배에서 하우스 재배보다 더 높았고, 품종별로는 UC157에서 가장 높게 나타났다. 따라서, 아스파라거스 하우스 재배 방법은 식물의 성장 특성과 생리활성 측면에서 노지 재배보다 중수 효과를 기대 할 수 있고 또한 각각 재배 방법은 적합한 아스파라거스 품종 선발, 다 수확 및 생리활성도 함께 고려할 필요가 있다.

References

- Benson, B.L. 2012. Update of the world's asparagus production areas, spear utilization and production periods. *Acta Hortic.* 950:87-100.
- Boo, H.O., S.J. Hwang, C.S. Bae, S.H. Park and W.S. Song. 2011. Antioxidant activity according to each kind of natural plant pigments. *Korean J. Plant Res.* 24(1):105-112 (in Korean).
- Cha, J.Y. and Y.S. Cho. 2001. Biofunctional activities of citrus flavonoids. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 44(2): 122-128 (in Korean).
- Chen, G.X. and K. Asada. 1989. Ascorbate peroxidase in tea leaves: occurrence of tow isozymes and the differences in their enzymatic and molecular properties. *Plant Cell Physiol.* 30(7):987-998.
- Chin, C.K. and S.A. Garrison. 2008. Functional elements from asparagus for human health. *Acta Hortic.* 776:219-225.
- Choi, J.K., Y.S. Kwon and Y.H. Yu. 1981. Studies on the control of stem blight of asparagus caused by *Phoma asparagi* Sacc. *Korean J. Plant Prot.* 20(2):117-121 (in Korean).
- Choi, Y.J. and H.D. Chung. 2003. Interspecific differences in H_2O_2 production and antioxidant activity in chilling treated tomato (*Lycopersicon spp.*) plants. *J. Korean Soc. Hortic. Sci.* 44(5):644-648.
- Dewanto, V., X. Wu, K.K. Adom and R.H. Liu. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 50(10):3010-3014.
- Egley, G.H., R.N. Paul, K.C. Vaughn and S.O. Duke. 1983. Role of peroxidase in the development of water-impermeable

- seed coats in *Sida spinosa* L. *Planta* 157:224-232.
- Fanasca, S., Y. Roupahel, E. Venneria, E. Azzini, A. Durazzo and G. Maiani. 2009. Antioxidant properties of raw and cooked spears of green asparagus cultivars. *Intl. J. Food Sci. Technol.* 44:1017-1023.
- Fridovich, I. 1989. Superoxide dismutases. An adaptation to a paramagnetic gas. *J. Biol. Chem.* 264(14):7761-7764.
- Guerrero, T.E., P. Vejarano, J.L. Paredes and R. C peda. 2012. Phytochemical screening and quantification of total flavonoids of canned white asparagus (*Asparagus officinalis*). *Acta Hortic.* 950:241-245.
- Heo, B.G., Y.J. Park, S.J. Lee, K.S. Kim, J.Y. Cho and H.O. Boo. 2012. Antioxidant enzyme activity and antimicrobial activity of *Isatis tinctoria* extract. *Korean J. Plant Res.* 25(5):543-549 (in Korean).
- Jeong, H.J., E.H. Kim, K.J. Lee, G.Y. Chung, J.K. Lim, J.M. Yoo, Y.E. Shim and J.H. Park. 2001. Evaluation of the antioxidant potential and enzyme activities in species of *Rhus*. *Korean J. Plant Res.* 14(3):220-228 (in Korean).
- Jia, Z., M. Tang and J. Wu. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and they scavenging effects on super-oxide radicals. *Food Chem.* 64(4):555-559.
- Kang, N.J., J.K. Kwon, H.C. Rhee, H.B. Jeong and H.T. Kim. 2003. Antioxidant enzymes as defense mechanism against oxidative stress induced by chilling in *Cucurbita ficifolia* leaves. *J. Korean Soc. Hortic. Sci.* 44(5):605-610 (in Korean).
- Kang, N.J., M.W. Cho and K.H. Kang. 2009. Accumulation of soluble solids and activation of antioxidant enzymes by deficit irrigation in fresh tomato fruits. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 27(3):343-352.
- Kang, N.J., M.W. Cho, H.C. Rhee, Y.H. Chol and Y.C. Um. 2007. Differential Responses of antioxidant enzymes on chilling and drought stress in tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum* L.). *J. Bio-Environ. Con.* 16(2):121-129 (in Korean).
- Kawaguchi, K., T. Mizuno, K. Aida and K. Uchino. 1997. Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and pseudomonas. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 61(1):102-104.
- Ku, Y.G., D.J. Woolley, A.R. Hughes and M.A. Nichols. 2007. Temperature effects on dormancy, bud break and spear growth in asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 82:446-450.
- Lee, J.H., J.H. Bae and Y.G. Ku. 2013. Effect of two male cultivars of asparagus with low temperature treatment on bud breaking and spear growth. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 31(2):141-145 (in Korean).
- Lee, J.W., B.G. Heo, J.H. Bae and Y.G. Ku. 2015. Comparison of plant growth, dormancy breaking, yield. and biological activities of extracts in four asparagus cultivars. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 33(5):796-804 (in Korean).
- Lee, J.W., J.H. Lee, I.H. Yu, S. Gorinstein, J.H. Bae and Y.G. Ku. 2014. Bioactive compounds, antioxidant and binding activities and spear yield of *Asparagus officinalis* L. *Plant Foods Hum. Nutr.* 69:175-181.
- Maeda, T., K. Honda, T. Sonoda, S. Motoki, K. Inoue, T. Suzuki, K. Oosawa and M. Suzuki. 2010. Light condition influences rutin and polyphenol contents in asparagus spears in the mother-fern culture system during the summer-autumn harvest. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 79(2):161-167.
- Motoki, S., H. Kitazawa, T. Maeda, T. Suzuki, H. Chiji, E. Nishihara and Y. Shinohara. 2012. Effects of various asparagus production methods on rutin and protodioscin contents in spears and cladophylls. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 76(5):1047-1050.
- Motoki, S., K. Matsunaga, T. Maeda, and T. Kutsuzawa. 2008. Selection of asparagus cultivars for cold areas of Japan. *Acta Hortic.* 776:357-365.
- Nakano, Y. and K. Asada. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplast. *Plant Cell Physiol.* 22(5):867-880.
- Ryu, T.S. and S.T. Kwon. 2008. Cell viability and antioxidant enzyme activity in the cell of ginseng treated with soil extracts. *Korean J. Plant Res.* 21(4):324-328 (in Korean).
- Seong, K.C., J.S. Lee, S.G. Lee and B.C. Yoo. 2001. Comparison of growth characteristics by varieties and effects of rain shelter and mulching on the production of asparagus (*Asparagus officinalis* L.). *J. Bio-Environ. Cont.* 10(3):187-196 (in Korean).
- Shao, Y., C.K. Chin, C.T. Ho, W. Ma, S.A. Garrison and M.T. Huang. 1996. Anti-tumor activity of the crude saponins obtained from asparagus. *Cancer Lett.* 104:31-36.
- Shou, S., G. Lu and X. Huang. 2007. Seasonal variations in nutritional components of green asparagus using the mother fern cultivation. *Sci. Hortic.* 112:251-257.
- Sun, T., J.R. Powers and J. Tang. 2007. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices. *Food Chem.* 105:101-106.
- Woolley, D.J., E. Daningsih, and M. Nichols. 2008. Bud population dynamics and productivity of asparagus. *Acta Hortic.* 776:429-433.

Yu, H.H., Y.H. Kim, S.Y. Jung, M.K. Shin, R.K. Park, H.S. So, B.H. Jeong and Y.O. You. 2005. Effect of the ethanol extract from steamed roots of *Rehmannia glutinosa* on the

antioxidant enzyme activities in HEI-OCI auditory cells. Korean J. Oriental Physiol. Pathol. 19(6):1557-1562 (in Korean).

(Received 25 March 2016 ; Revised 12 July 2016 ; Accepted 20 July 2016)