

Research Report

아스파라거스 4 품종의 생장, 휴면타파, 수량 및 추출물의 생리활성 비교

이종원¹, 허복구², 배중향^{3,4}, 구양규^{3,4*}¹경북대학교 농업과학기술연구소²(재)나주시 천연염색문화재단³원광대학교 원예산업학과⁴원광대학교 생명자원과학연구소

Comparison of Plant Growth, Dormancy Breaking, Yield, and Biological Activities of Extracts in Four Asparagus Cultivars

Jong Won Lee¹, Buk Gu Heo², Jong Hyang Bae^{3,4}, and Yang Gyu Ku^{3,4*}¹Institute of Agricultural Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 41556, Korea²Naju Foundation of Natural Dyeing Culture, Naju 58280, Korea³Department of Horticulture Industry, College of Life Science and Resource, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea⁴Institute of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea

Abstract: The present study investigated the plant growth characteristics, dormancy breaking, yield, and biological activity properties (contents of flavonoid and phenolic compounds, nitrite scavenging activity, and the survival rate of lung cancer) of four asparagus cultivars. It aimed to examine selection possibilities for high efficacy cultivar to promote biological activity in asparagus cultivation in South Korea. The results showed that the number of asparagus buds and root fresh and dry weight of 'Jersey Giant', 'Jersey Supreme', and 'NJ953' were higher than those of 'UC157' cultivar, and there were no differences in the number of roots. The dormancy breaking period of 'Jersey Supreme' was prolonged compared to the other cultivars. 'Jersey Giant' and 'NJ953' had more total spears, and greater spear diameter, and yield than other cultivars. Total flavonoid content was unaffected by cultivar and was higher in ethanol extraction than in hot water extraction. Total phenolic compound content was the lowest in 'NJ953' for both hot water and ethanol extracts, whereas in the ethanol extraction, 'UC157' had the highest, with 39.23 mg·L⁻¹. 'Jersey Giant', 'Jersey Supreme', and 'NJ953' all showed greater than 70% nitrite scavenging activity. In the case of ethanol extraction, the survival rates of lung cancer in extracts from 'Jersey Giant', 'Jersey Supreme', and 'UC157' were lower than 'NJ 953' cultivar, regardless of extraction concentration. The survival rate of lung cancer was lower in hot water extraction than in ethanol extraction, so that the consumption of asparagus is also expected to be helpful in preventing lung cancer. The growth characteristics and biological activity effects of edible asparagus that were identified in the present study are expected to be useful in selection of high efficacy cultivars for biological activity and utilization.

Additional key words: flavonoid, lung cancer, male cultivar, yield

서 언

아스파라거스(*Asparagus officinalis* L.)는 백합과에 속하는 다년생 채소로 유럽, 북 아메리카, 남 아메리카, 아프리카 및 오세아니아 등 열대, 온대, 건조 및 사막 지역 등에서 재

배되고 있다(Ku et al., 2007). 봄에 맹아되는 아스파라거스 순은 인체의 콜레스테롤 감소와 암의 발생을 억제하는 루틴과 사포닌 성분(Lee et al., 2010; Maeda et al., 2010; Motoki et al., 2012; Shao et al., 1996; Wang et al., 2003), 활성산소 제거와 항산화효과를 가진 카페인산과 페룰린산(Fanasca et

*Corresponding author: ygku35@wku.ac.kr

※ Received 10 May 2015; Revised 21 July 2015; Accepted 04 August 2015. This paper was supported by Wonkwang University in 2012.

© 2015 Korean Society for Horticultural Science

al., 2009; Sun et al., 2007) 등 인체 건강에 유익한 기능성 및 약리 작용 효과를 갖는 성분들이 다량으로 함유되어 있다는 사실이 알려지면서 국내 소비량도 증가하는 추세이다.

국내에서 재배되고 있는 주요 아스파라거스 품종은 ‘그린 타워’, ‘슈퍼웰컴’, 그리고 ‘월드웰컴’이다. 이 중 전남 강진, 전남 화순, 전북 순창, 제주도 및 강원도 지역에서 많이 재배되고 있는 ‘슈퍼웰컴’은 미국의 ‘UC157’ 품종이다. 해외에서는 ‘UC157’ 품종보다 다수확 및 내병성에 강한 품종들이 많이 육성되어 보급되었지만 국내에서는 대부분 기존의 품종들만 재배하고 있어 해외에 비해 생산량이 낮은 실정이다 (Daningsih, 2005). 최근에 선행 연구를 통해 수그루 품종에 따라 생산량의 차이가 있음을 확인하였다(Lee et al., 2013). 따라서 품종 선택은 생산성 증가에 있어 매우 중요한 부분이며 새로운 품종의 생산성 및 적응 실험을 통한 도입 필요성이 요구된다.

한편, 최근 소비자들은 채소나 과실에 존재하는 다양한 생리활성 물질에 관심을 갖고 있는데, 아스파라거스에도 폴리페놀, 아스파라긴산, 프로토타디오신 등 유익한 기능성 및 약리성분이 다량으로 함유되어 있다(Chin and Garrison, 2008; Lee et al., 2014; Maeda et al., 2010; Rodríguez et al., 2005; Shou et al., 2007). 특히 아스파라거스 지상부에 다량으로 함유된 프로토타디오신은 다양한 암세포 라인의 세포 독성을 제거하는 능력을 갖고 있다. 따라서 해외에서 아스파라거스 신품종을 도입할 때는 재배적 특성 못지 않게 품종별 생리활성 효과에 대한 조사가 필요하다.

본 연구는 이와 같은 배경에서 아스파라거스 수그루 품종인 ‘Jersey Giant’, ‘Jersey Supreme’, 그리고 ‘NJ953’과 암·수그루 혼용 품종 ‘UC157’의 생육특성 및 생리활성 효과를 조사하여 국내 재배 시 품종 선택 가능성을 검토하기 위해 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 연구는 원광대학교 실습포장인 비가림 플라스틱 온실에서 2012년 7월부터 2013년 7월까지 수행하였다. 아스파라거스의 수그루 품종인 ‘Jersey Giant’, ‘Jersey Supreme’, ‘NJ953’와 암·수그루 혼용 품종 ‘UC157’ 종자를 2시간 침종 후 2012년 7월 4일 50공 플러그 트레이에 버미큘라이트를 넣고 파종하였다. 초장의 길이와 지상부 개수가 균일한 파종 후 5주 묘를 플라스틱포트(직경 12cm × 높이 11.5cm)에 상

업용상토(알파플러스상토, 상림)를 넣고 정식하였다. 아스파라거스 묘는 벤치 위에서 생육시켰으며 물은 상토가 건조하지 않도록 2-3일 간격으로 공급하였다. 비가림 플라스틱 하우스 내부 온도는 생장모니터링 시스템(PM-11 Phytomonitor, Bio Instruments S. R. L, Chisinau, Moldova)을 이용하여 주·야간 및 일평균 온도를 15분 간격으로 기록하였는데, 아스파라거스 순 출현 개시일인 2013년 3월 2일 이후 하우스 내의 최고 온도는 15-32°C, 평균 온도는 7-16°C, 최저온도는 0-9°C였다.

뿌리와 눈의 개수 측정

본 실험에서 아스파라거스는 포트에 정식 후 15주째 저온의 영향으로 지상부의 대부분이 황화 현상이 나타났다. 아스파라거스의 생육상태는 이 시기에 지하부의 뿌리와 눈의 개수를 조사하였다. 지상부 개수가 균일한 묘 5주를 선택하여 지상부를 절단한 후 뿌리 주위에 있는 상토를 물로 깨끗이 제거하고 뿌리와 눈의 개수를 조사하였다. 또한, 지하부의 생체중을 조사 후 건조기에서 건조시킨 후 건물중을 측정하였다.

휴면타파와 순의 생산량

황화된 지상부를 제거 후 온도가 하강함에 따라 아스파라거스 묘는 휴면상태에 들어간다. 관수는 휴면타파와 생산량을 조사하기 위해 2013년 2월부터 공급하였다. 아스파라거스 순 출현 개시일인 2013년 3월 2일을 휴면타파 1일로, 묘의 휴면타파 시기는 순 길이가 1cm 정도 자랐을 때로 간주하였다. 수확은 순 출현 개시일인 3월 2일부터 5월 2일까지 순의 길이가 20cm 정도로 자랐을 때 실시하였으며 순의 개수, 직경과 무게를 측정하였다.

생리활성 측정

시료와 추출방법

2013년 봄에 수확한 아스파라거스 순은 생리활성 측정을 위한 시료로 이용하였고 수확 후 2시간 이내에 추출하였다. 생리활성 물질은 증류수 1L에 잘게 썰은 시료 30g을 넣은 다음 100°C에서 30분간 열수 추출하였다. 에탄올 추출은 잘게 썰은 시료 30g에 95% 에탄올 1L를 첨가하여 상온에서 24시간 동안 방치하여 추출하였다. 추출물의 농축은 회전농축기를 이용하여 증류수 추출물은 60°C에서, 에탄올 추출물은 40°C에서 농축하여 건조한 다음 분석시료로 사용하였다.

총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 Jia et al.(1999)의 방법을 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 시료 0.1g에 75% ethanol을 가하여 실온에서 하룻밤 동안 방치 추출한 다음 이 검액 1mL를 시험관에 취하고 10mL의 diethylene glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1N NaOH 0.1mL를 잘 혼합시켜 37°C의 항온수조에서 1시간 동안 반응시킨 후 분광광도계(UV-1650PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)로 420nm에서 흡광도를 측정하였다. Blank로서는 시료 용액 대신 75% ethanol 용액을 동일한 방법으로 처리하여 준비하였다. 표준곡선은 Naringin(Sigma Co., USA)을 이용하여 작성하였고 이로부터 시료 내 총 플라보노이드 함량을 산출하였다.

총 페놀화합물 함량

총 페놀 화합물 함량은 Folin-Denis 방법(Dewanto et al., 2002)에 따라 분석하였다. 시료를 $1\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 농도로 조제한 후, 이 시료액 1mL에 증류수 3mL를 첨가하고, Folin-ciocalteu's phenol reagent 1mL를 첨가한 후 27°C 진탕항온수조에서 혼합하였다. 5분 후 Na_2CO_3 포화용액 1mL를 넣어 혼합하여 실온에서 1시간 방치한 후 분광광도계로 760nm에서 흡광도를 측정하였다. 페놀화합물 함량은 표준물질 catechin, chlorogenic acid, tannic acid 3가지로 시료 내 총 페놀함량을 정량하였다.

아질산염 소거능

아질산염 소거 효과는 Gray and Dugan(1975)의 방법에 따라 측정하였다. 1mM NaNO_2 20 μL 에 시료 추출액 40 μL 와 0.1N HCl(pH 1.2) 140 μL 를 사용하여 부피를 200 μL 로 맞추었다. 이 혼합액을 37°C 항온수조에서 1시간 반응시킨 후 2% acetic acid 1,000 μL 와 Griess 시약 80 μL 를 가하여 잘 혼합시켜 빛을 차단한 상온에서 15분간 반응시킨 후 분광광도계로 520nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 Griess 시약을 30% acetic acid에 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합하여 사용직전에 조제하여 사용하였다. 아질산염 소거능은 아질산염 소거율(%) = $1 - (\text{1시간 반응 후의 } 1\text{mM NaNO}_2 \text{의 흡광도} - \text{증류수 흡광도}) / 1\text{mM NaNO}_2 \text{의 흡광도} \times 100$ 로 하였다.

폐암세포 생존율

실험에 사용된 암 세포주는 모두 인체기원의 암 세포주로서, Korean Cell Line Bank(KCLB)로부터 구입한 폐암 세포주

인 Calu-6(ATCC, HTB-56)을 사용하였다. 세포주의 배양 배지는 RPMI 1640이며 배지에 10% FBS(fetal bovine serum), peniciline G가 25unit/mL 그리고 streptomycin이 $25\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 농도가 되도록 제조하였다. 이 세포라인은 37°C에서 5% CO_2 의 습윤화 된 배양기 내에서 배양하였다. 암세포 증식 억제 효과는 MTT assay(Tian et al., 2001)를 이용하여 측정하였다. 즉, 종양세포들은 3×10^4 cells/mL의 추출 농도가 되도록 조정 후 96 well microplate에 90 μL /well씩 분주하고 37°C, 5% CO_2 세포배양기(SA-MCO-15AC, Sanyo, Osaka, Japan)에서 배양 후, 시료 추출물을 10% DMSO에 녹여 50, 100, 200, 400 및 $800\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 농도가 되도록 10 μL 씩 첨가하였고, 대조구는 시료와 동일한 양의 10% DMSO를 첨가하여 24시간 동안 배양하였다.

대조구는 시료와 동일한 양의 증류수를 첨가하여 72시간 동안 배양시킨 후, 각 well의 $5\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 농도와 함께 MTT (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide) 용액을 10 μL 씩 넣고 세포배양기에서 4시간 배양 후 MTT 용액이 있는 배지를 제거하고 DMSO 150 μL 를 첨가하여 30분간 교반하여 각 세포를 용해시켜 microplate reader (PowerWave XS2, BioTek, Winooski, USA)를 이용하여 540nm에서 흡광도를 측정하였다. 상대적인 세포생장률은 각 세포에 시료를 첨가하지 않는 대조구를 100%로 하여 환산하였다(Mosmann, 1983).

통계분석

실험구는 아스파라거스 4 품종을 완전임의 배치법으로 하였으며 반복은 각 처리 당 5주로 하였다. 통계분석은 SAS 버전 9.2(SAS Institute, Cary, North Carolina, USA) 프로그램을 이용하여 95% 신뢰수준에서 Duncan's Multiple Range Test(DMRT) 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

눈의 개수와 뿌리 생산량

아스파라거스 4 품종을 파종 후 20주째에 수행한 생육조사 결과 눈의 개수는 'Jersey Giant' 품종에서 14.4개로 가장 많은 반면에 'UC157' 품종에서 9.8개로 가장 적었다(Table 1). 일반적으로 아스파라거스 눈 생성과 발달은 주로 여름에 지상부 성장과 발달 후부터 시작하여 가을까지 진행된다(Robb, 1984; Haynes, 1987). 최근 보고에 의하면 눈 생성은 봄 수확기간에도 20-30% 정도 진행된다(Daningsih, 2005).

Table 1. Comparison of plant growth characteristics in four asparagus cultivars grown in a non-heated plastic house at 15 weeks after planting at Jeonbuk Province in 2012.

Cultivar	Bud number (no.) ^z	Root number (no.)	Root fresh wt (g)	Root dry wt (g.)
Jersey Giant	14.4 a ^y	20.6 a	17.6 a	5.9 a
Jersey Supreme	13.6 ab	20.8 a	18.6 a	6.3 a
NJ953	13.2 ab	20.8 a	18.2 a	6.0 a
UC157	9.8 b	17.8 a	12.7 b	4.5 b

^zEach value is the mean of five plants per treatment.

^yDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test, 5% level.

아스파라거스 재배 시 눈은 생산량과 밀접한 정의 상관관계가 있으므로(Woolley et al., 2008), 생산적인 측면에서는 눈의 수가 적게 나타난 품종은 재배 시 고려할 필요가 있다.

뿌리의 개수는 17.8-20.8개였으나 통계적 차이가 없었으며, 지하부 생체중과 건물중은 암·수그루 혼용 품종인 'UC157'에서 각각 12.7g 및 4.5g으로 가장 낮았으며, 나머지 세 품종인 'Jersey Giant', 'Jersey Supreme', 및 'NJ953'에서는 각각 17.6-18.6g과 5.9-6.3g을 나타내었다.

휴면타파와 순의 생산량

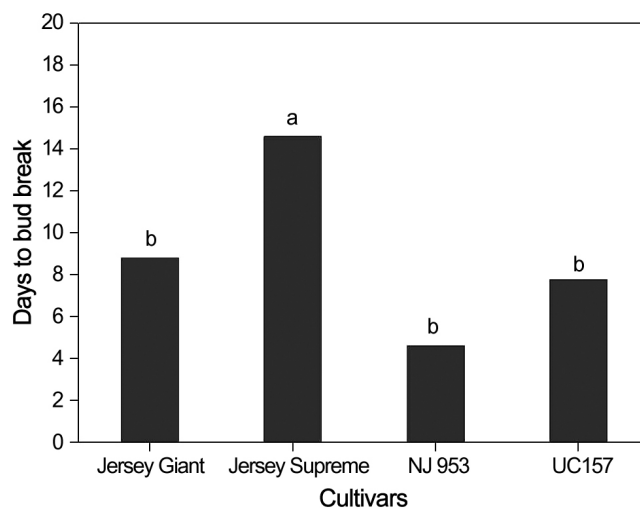
아스파라거스 순 출현 개시일인 2013년 3월 2일부터 순이 1cm 정도 자랐을 때 휴면타파 소요기간으로 규정하였고 각 품종간의 휴면타파 소요기간은 'NJ953'(4.6일), 'UC157'(7.7일), 'Jersey Giant'(8.8일), 'Jersey Supreme'(14.6일) 순으로 길었다(Fig. 1). 이 결과는 Lee et al.(2013)의 보고와 일치하는 것으로 수그루 품종에 따라 휴면타파 기간에 차이가 있음을 확인하였다. 즉, Wilson et al.(1999)은 아스파라거스 순 출현이 늦어져 봄 수확시간이 늦어지면 여름철에 지상부 성장과 발달이 지연되므로 그 결과 광합성에 제한적인 요인이 되며, 봄 수확 시 순 출현이 빨라지면 생산량 증대뿐 아니라 지상부 성장과 발달이 정상적으로 이루어져 이듬해의 수량 증대에 기여한다. 본 연구에서 아스파라거스 순 출현 개시일인 2013년 3월 2일 이후 하우스 내의 최고 온도는 15-32°C, 평균 온도는 7-16°C, 최저온도는 0-9°C로 유지되었다. 아스파라거스 순 출현이 빠른 것은 순 성장 촉진과 생산량 증대에 좋는데, 'NJ953' 품종은 이와 같은 환경 조건에서 다른 품종에 비해 휴면타파 기간이 단축되었다. 따라

Table 2. Difference of total spear number, spear weight and spear diameter of four asparagus cultivars grown in a non-heated plastic house at eight months after sowing at Jeonbuk Province in 2013.

Cultivar	Total spear number (no.) ^z	Spear weight (g)	Spear diameter (mm)
Jersey Giant	24	0.76 a ^y	2.28 a
Jersey Supreme	30	0.56 b	1.97 b
NJ953	31	0.78 a	2.41 a
UC157	22	0.59 b	1.96 b

^zEach value is the mean of five plants per treatment.

^yDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test, 5% level.

**Fig. 1.** Days to bud break of first spear in four asparagus cultivars grown in the greenhouse at Jeonbuk Province in 2013. Bars show the mean of the five plants per cultivar. Bars with same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

서 본 실험과 같은 시기에 비슷한 기온을 갖는 제주도 및 일부 남부 지역에서 'NJ953' 품종을 재배하면 휴면타파가 촉진되고 조기 수확이 가능할 것으로 판단된다.

아스파라거스 휴면타파 개시일인 3월 2일부터 5월 2일까지 20cm 정도로 자란 순을 수확하여 순의 개수를 조사한 결과 'NJ953'은 31개로 가장 많았으며, 'UC157'은 22개로 가장 적었다(Table 2). 순의 개수가 많게 나타난 'NJ953'의 순 무게는 0.78g으로 가장 무거웠으며, 순의 직경도 2.41mm로 가장 굵었다. 반면에 순의 개수가 가장 적게 나타난 'UC157'은 순의 무게가 0.59g으로 가장 가벼웠고, 직경도 1.96mm로

가장 가늘었다. 이러한 결과는 Fig. 1에서와 같이 ‘NJ953’ 품종이 다른 품종보다 휴면타파 시기가 빨라졌기 때문으로 판단된다. 아스파라거스 암그루는 열매를 생산하기 때문에 수그루에 비해 지상부에서 생성된 동화산물이 근권으로 이동하며 저장양분 함량이 낮아서 생산량이 15-20% 정도 낮다(Seong et al., 2001; Sinton and Wilson, 1999). 따라서 수그루 품종인 ‘Jersey Giant’와 ‘NJ953’ 이 암·수그루 혼용 품종인 ‘UC157’ 보다 생육 및 생산량이 높았다.

총 플라보노이드 및 총 페놀화합물 함량

아스파라거스 4 품종의 열수와 에탄올 추출물 1,000mg·L⁻¹ 일 때 총 플라보노이드 함량은 품종 간에 차이를 나타내지 않았다. 추출 용매별 총 플라보노이드 함량은 열수 추출보다 에탄올 추출에서 더 높았다(Table 3). 에탄올 추출물 1,000mg·L⁻¹일 때 아스파라거스 4 품종의 총 플라보노이드 함량은 12.62-16.39mg·L⁻¹이었다. 이러한 결과는 상업용 아스파라거스 32 품종의 총 플라보노이드 함량은 259-763mg·kg⁻¹ 범위이고 ‘Jersey Giant’, ‘Jersey Supreme’, ‘NJ953’, 및 ‘UC157’ 품종들의 총 플라보노이드 함량은 318-547mg·kg⁻¹ 범위로 본 연구 결과와 비교할 때 상당히 낮은 결과를 나타냈다(Fuentes-Alventosa et al., 2008). 아스파라거스를 포함하여 여러 작물들에 함유되어 있는 플라보노이드는 체내의 활성산소의 작용을 억제하는 항산화 작용, 항암 작용, 심혈관계

질환 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Cha and Cho, 2001; Kawaguchi et al., 1997). 그러므로 플라보노이드는 열수보다 에탄올 추출물에서 높으나 아스파라거스의 경우 뜨거운 물에 살짝 익히거나 기름에 살짝 볶아 각종 음식으로 이용한다. 그래서 아스파라거스는 살짝 익혀서 샐러드나 각종 요리 음식으로 이용할 뿐 아니라 생식으로 충분히 섭취하여도 건강에 부작용이 없는 것으로 알려져 있다(Guerrero et al., 2012).

총 페놀화합물은 catechin을 표준물질로 하였을 때 열수 및 에탄올 추출 처리 모두 ‘NJ953’에서 가장 낮은 반면에 에탄올 추출에서 ‘UC157’의 총 페놀화합물 함량은 두 배 정도 많은 27.50mg·L⁻¹을 나타냈다(Table 3). ‘NJ953’의 chlorogenic acid 함량은 아스파라거스 4 품종 중 에탄올 및 열수 추출 처리 모두에서 가장 낮은 반면에 ‘UC157’은 에탄올 추출에 의해 가장 많은 총 페놀화합물 함량인 39.23mg·L⁻¹을 나타냈다. 총 페놀화합물 tannic acid 함량은 아스파라거스 품종에서 chlorogenic acid처럼 비슷한 결과를 나타냈다. 페놀계 화합물은 항균, 항암 물질 및 비만 억제 등 다양한 생리기능을 갖는 것으로 알려져 있다(Frei and Higdon, 2003; Kim et al., 2012; Lee et al., 2006). 아스파라거스는 세발나물에 함유되어 있는 25.1mg·L⁻¹(Heo et al., 2009)보다 더 높은 페놀함량을 함유하고 있으며 특히 ‘UC157’은 총 페놀함량이 많아서 다른 품종에 비해 생리적 기능성이 높은 채소로 판단된다.

Table 3. Total flavonoid and total phenolic compound contents of spear extracts of four asparagus cultivars grown in a non-heated plastic house at Jeonbuk Province in 2013.

Extract	Cultivar	Flavonoid ^z	Total phenolic compound by certified reference material (mg·L ⁻¹)		
			Catechin	Chlorogenic acid	Tannic acid
Hot water	Jersey Giant	11.98 cd ^y	19.73 b	26.59 bc	20.32 bc
	Jersey Supreme	10.92 d	20.03 b	27.03 bc	20.53 bc
	NJ953	9.85 d	13.86 c	16.50 d	14.60 d
	UC157	10.21 d	19.02 b	25.34 bc	19.75 bc
Ethanol	Jersey Giant	14.83 abc	19.49 b	20.83 cd	17.12 bc
	Jersey Supreme	15.68 ab	22.48 b	30.93 b	22.63 b
	NJ953	12.62 bcd	13.82 c	16.50 d	14.56 d
	UC157	16.39 a	27.50 a	39.23 a	27.64 a
Extract (A) ^x		NS	***	***	***
Cultivar (B)		***	**	NS	NS
A × B		NS	**	**	**

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

^yDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test, 5% level.

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

아질산염 소거 작용

아스파라거스 4 품종 별 아질산염 소거 효과는 품종간과 추출 용매 즉, 열수와 에탄올 추출간에 통계적인 유의성을 나타내지 않았다(Table 4). 열수와 에탄올 추출물 1,000mg·L⁻¹ 일 때 ‘UC157’ 품종을 제외하고 ‘Jersey Giant’, ‘Jersey Supreme’, 그리고 ‘NJ953’ 품종들의 아질산염 소거 효과는 70% 이상이었다. 또한 수그루 품종인 ‘NJ953’는 에탄올로 추출할 때 75.98%로 가장 높은 아질산염 소거 효과를 보였다. 아질산염은 식품의 가공 및 저장 중에 널리 이용되고 있고 단백질 식품, 의약품 및 잔류농약 등에 함유되어 2급 및 3급 아민과 반응하여 독성물질인 nitrosamine을 생성한다(Swann, 1975). 이 nitrosamine을 일정 농도 이상 섭취하면 혈액 중의 헤모글로빈이 산화되어 methemoglobin을 형성하여 각종 질병을 일으키는 것으로 알려지면서 이 물질에 대한 생성 억제 및 소거 방법이 모색되고 있다(Na et al., 2004; Normington et al., 1986). 본 연구결과를 통해 아스파라거스 수그루 품종 ‘Jersey Giant’, ‘Jersey Supreme’, 그리고 ‘NJ953’은 70% 이상의 높은 아질산염 소거 효과를 보였고 또한 추출 용매 간에 큰 차이를 보이지 않은 것을 확인하였다. 따라서 비가공 식품으로 아스파라거스를 이용 시 높은 아질산염 소거에 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

Table 4. Nitrite scavenging activity (% of the control) in spear extracts of four asparagus cultivars grown in a non-heated plastic house at Jeonbuk Province in 2013.

Extract	Cultivar	Nitrite scavenging activity (% of control) ^z
Hot water	Jersey Giant	70.56 ab ^y
	Jersey Supreme	70.16 ab
	NJ953	71.45 ab
	UC157	69.89 ab
Ethanol	Jersey Giant	71.32 ab
	Jersey Supreme	71.77 a
	NJ953	75.98 a
	UC157	63.30 b
Extract (A) ^x		NS
Cultivar (B)		NS
A × B		NS

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

^yDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test, 5% level.

^xNS indicates not significant.

폐암세포 증식 억제 효과

아스파라거스 4 품종의 열수 추출의 경우 50mg·L⁻¹농도에서 ‘Jersey Supreme’ 품종의 폐암 세포 생존율이 가장 높았고 나머지 품종간에는 차이가 없었다. 열수 추출물의 농도가 증가할수록 아스파라거스 4 품종의 폐암 세포 생존율이 낮았다(Table 5). 열수 추출물 800mg·L⁻¹농도에서 ‘UC157’와 ‘Jersey Giant’ 품종의 폐암세포 생존율은 각각 34.96%와 34.78%로 가장 낮아 다른 품종에 비해 폐암세포 증식 억제 효과가 높음을 알 수 있다.

반면에 에탄올 추출의 경우, 추출물의 농도와 관계없이 다른 품종에 비해 ‘NJ953’의 폐암 세포 생존율이 높은 경향을 나타냈다. 아스파라거스 4 품종의 열수 추출물의 농도가 증가할수록 폐암 세포 생존율에 차이를 나타내지 않았다. 추출물의 농도와 관계없이 추출 용매별 폐암세포 생존율은 에탄올보다 열수에서 더 낮아 폐암세포 증식 억제효과가 있다. 열수 및 에탄올 추출물 200mg·L⁻¹에서 폐암세포 생존율은 각각 39.06-45.29%와 66.35-81.94%를 나타냈고, 추출물 800mg·L⁻¹에서는 각각 34.78-42.78% 및 69.43-85.48%를 나타냈다(Table 5).

한국산 산채 24종의 메탄올 추출물 200mg·L⁻¹을 폐암 세포에 처리하였을 때 폐암 생존율은 5종의 산채는 12.9-27.8%, 10종의 산채는 47.6-68.6%, 6종의 산채는 72.7-100%, 3종의 산채는 102.2-127.3%였다(Heo et al., 2009). 또한 유럽산 고추, 마늘, 양배추 및 양파 메탄올 추출물 1000mg·L⁻¹에서 폐암세포의 생존율은 모두 84% 이상이었다(Gorinstein et al., 2009). 비록 추출 용매는 다르지만 아스파라거스 4 품종은 한국산 산채의 일부 작물과 고추, 마늘, 양배추, 양파 작물과 비교 할 때 폐암세포 생존율이 낮아 억제 효과가 높았다. 따라서 본 연구에서 선택된 아스파라거스 4 품종은 폐암세포 억제 효과가 높은 채소로 분류하는 것이 가능하며, 에탄올 추출보다 열수 추출에서 폐암 생존율 억제 효과가 높아 아스파라거스 식용은 폐암 예방에도 효과가 있을 것으로 기대된다.

이상의 결과를 종합 해보면 아스파라거스 품종 별 논의 개수, 뿌리 개수, 휴면타파, 순의 무게와 직경 등 재배적 특성과 생산량의 차이를 나타냈다. 수그루 품종인 ‘Jersey Giant’와 ‘NJ953’이 암·수그루 혼용 품종인 ‘UC157’ 보다 생육 및 생산량이 더 높았다. 아스파라거스의 생산적인 측면에서 논의 개수와 생산량이 적게 나타난 ‘UC157’ 품종은 국내 재배 시 적당하지 않을 것으로 사료된다. 아스파라거스 4 품종의 에탄올 추출물 1,000mg·L⁻¹일때 총 플라보노이드와 총 페

Table 5. Effects of hot water and ethanol extracts from the four asparagus cultivars on the survival rate of lung cancer cells (%)

Extract	Cultivar	Concentration (mg · L ⁻¹)	Survival rate of lung cancer cells (%) ^z
Hot water	Jersey Giant	50	52.62 ghi ^y
		100	51.19 ghij
		200	39.06 jkl
		400	39.27 jkl
		800	34.78 l
	Jersey Supreme	50	72.13 def
		100	54.28 g
		200	41.50 ghijkl
		400	38.09 kl
		800	37.68 kl
	NJ953	50	43.83 ghijkl
		100	43.98 ghijkl
		200	40.20 ijkl
		400	39.82 ijkl
		800	42.78 ghijkl
	UC157	50	53.58 gh
		100	48.15 ghijk
		200	45.29 ghijkl
		400	41.18 hijkl
		800	34.96 l
Ethanol	Jersey Giant	50	70.44 def
		100	66.46 f
		200	66.35 f
		400	71.17 def
		800	69.43 def
	Jersey Supreme	50	82.14 abcd
		100	68.64 ef
		200	68.81 ef
		400	72.41 def
		800	80.26 abcde
	NJ953	50	80.05 abcde
		100	88.70 ab
		200	81.95 abcde
		400	92.47 a
		800	85.48 abc
	UC157	50	73.48 cdef
		100	77.82 bcdef
		200	68.37 ef
		400	70.23 def
		800	72.24 def
Significance ^x			
Extract (A)			***
Cultivar (B)			***
Concentration (C)			***
A × B			***
A × C			***
B × C			**
A × B × C			NS

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

^yDifferent letters within columns indicate significant difference based on Duncan's multiple range test, 5% level.

^xNS, **, *** indicates not significant or significant at the $p \leq 0.01$, or $p \leq 0.00$, respectively.

놀화합물 함량은 'UC157'에서 높았다. 아질산염 소거 효과는 품종 및 추출 용매 간에 통계적인 차이는 나타나지 않았다. 암·수그루 혼용 품종인 'UC157' 제외하고, 수그루 품종인 'Jersey Giant', 'Jersey Supreme' 그리고 'NJ953'은 추출 용매와 관계없이 70% 이상의 아질산염 소거 효과를 나타냈다. 열수 추출 시 아스파라거스 4 품종의 페암세포 생존 억제 효과는 품종간 차이가 나타나지 않았다. 반면에 에탄올 추출물의 농도와 관계없이 'Jersey Giant', 'Jersey Supreme' 그리고 'UC157' 품종들은 'NJ953' 품종보다 페암세포 생존 억제 효과가 더 높은 결과를 나타냈다. 따라서 아스파라거스의 각 품종마다 생육특성 및 생리활성 효과가 일정한 경향을 나타내지 않은 만큼 특정 품종에 국한시키기 보다는 재배 또는 이용 목적에 맞는 품종을 선택하여 재배하는 것이 효율적일 것으로 생각된다.

초 록

본 연구는 아스파라거스 4 품종의 생장 특성, 휴면타과, 수량 및 생리활성 함량(플라보노이드와 페놀화합물 함량, 아질산염 소거 및 페암세포 생존율)를 조사하였다. 국내 아스파라거스 재배 시 생리활성 고효능 품종 선택 가능성을 검토하기 위해 실험을 수행하였다. 'Jersey Giant', 'Jersey Supreme' 그리고 'NJ953' 품종들은 'UC157' 품종보다 눈의 개수, 뿌리의 생체중과 건물중 등이 높았지만 뿌리의 개수에 차이가 없었다. 'Jersey Supreme' 품종의 휴면타과 기간은 다른 품종들보다 길었다. 'Jersey Giant'와 'NJ953' 품종들은 다른 품종들보다 순의 개수, 직경 및 생산량이 높았다. 총 플라보노이드 함량은 품종 간에 차이가 없었지만 에탄올 추출에서 열수 추출보다 총 플라보노이드 함량이 높았다. 총 페놀화합물은 열수 추출과 에탄올 추출 모두 'NJ953' 품종은 가장 낮은 반면에 에탄올 추출에서 'UC157'에서 가장 많은 39.23 mg·L⁻¹을 나타냈다. 'Jersey Giant', 'Jersey Supreme' 그리고 'NJ953'의 아질산염 소거 효과는 70% 이상 효과를 나타냈다. 에탄올 추출 시 추출물의 농도와 관계없이 'Jersey Giant', 'Jersey Supreme' 그리고 'UC157' 품종들은 'NJ953' 품종보다 페암세포 생존율을 낮은 결과를 나타냈다. 또한 페암세포 생존율은 에탄올 추출보다 열수 추출에서 낮아 아스파라거스 식용도 페암 예방 효과에 도움이 될 것으로 기대된다. 본 연구결과를 통해 규명된 아스파라거스의 생육 특성과 생리활성 효과는 생리활성 고효능 품종 선택 및 이용에 도움이 될 것으로 기대된다.

추가 주요어 : 플라보노이드, 페암, 수그루 품종, 수량

인용문헌

- Cha, J.Y. and Y.S. Cho. 2001. Biofunctional activities of citrus flavonoids. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 44:122-128.
- Chin, C.K. and S.A. Garrison. 2008. Functional elements from asparagus for human health. *Acta Hort.* 776:219-225.
- Daningsih, E. 2005. Growth development and related changes in morphology-physiology of asparagus plants associated with their productivity. Ph D thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- 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.* 50:3010-3014.
- Fanasca, S., Y. Roupheal, E. Venneria, E. Azzini, A. Durazzo, and G. Maiani. 2009. Antioxidant properties of raw and cooked spears of green asparagus cultivars. *Int. J. Food Sci. Technol.* 44:1017-1023.
- Fuentes-Alventosa, J. M., S. Jaramillo, G. Rodríguez-Gutiérrez, P. Cermeño, J. A. Espejo, A. Jiménez-Araujo, R. Guillén-Bejarano, J. Fernández-Bolaños, and R. Rodríguez-Arcos. 2008. Flavonoid profile of green asparagus genotypes. *J. Agric. Food Chem.* 56:6977-6984.
- Frei, B. and J.V. Higdon. 2003. Antioxidant activity of tea polyphenols in vitro: Evidence from animal studies. *J. Nutr.* 133:3275-3284.
- Gorinstein, S., Y.S. Park, B.G. Heo, J. Namiesnik, H. Leontowicz, M. Leontowicz, K.S. Ham, J.Y. Cho, and S.G. Kang. 2009. A comparative study of phenolic compounds and antioxidant and antiproliferative activities in frequently consumed raw vegetables. *Eur. Food Res. Technol.* 228:903-911.
- Gray, J.I. and L.R. Dugan Jr. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food systems. *J. Food Sci.* 40:981-984.
- Guerrero, T.E., P. Vejarano, J.L. Paredes, and R. Cépeda. 2012. Phytochemical screening and quantification of total flavonoids of canned white asparagus (*Asparagus officinalis*). *Acta Hort.* 950:241-245.
- Haynes, R.J. 1987. Accumulation of dry matter and changes in storage carbohydrate and amino acid content in the first 2 years of asparagus growth. *Sci. Hort.* 32:17-23.
- Heo, B.G., S.U. Chon, Y.J. Park, J.H. Bae, S.M. Park, Y.S. Park, H.G. Jang, and S. Gorinstein. 2009. Antiproliferative activity of Korean wild vegetables on different human tumor cell lines. *Plant Foods Hum. Nutr.* 64:257-263.

- Jia, Z., M. Tang, and J. Wu. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.* 64:555-559.
- Kawaguchi, K., T. Mizuno, K. Aida, and K. Uchino. 1997. Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and pseudomonas. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 61:102-104.
- Kim, E.J., J.Y. Choi, M. Yu, M.Y. Kim, S. Lee, and B. H. Lee. 2012. Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44:337-342.
- 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, E.J., K. S. Yoo, and B.S. Patil. 2010. Development of a rapid HPLC-UV methods for simultaneous quantification of protodioscin and rutin in white and green asparagus spears. *J. Food Sci.* 76:C703-C709.
- 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. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 31: 141-145.
- 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.
- Lee, K. S., M. G. Kim, and K. Y. Lee. 2006. Antioxidative activity of ethanol extract from lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 24:338-342.
- 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.* 79:161-167.
- Mosmann, T. 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: Application to proliferation and cytotoxicity assays. *J. Immunol. Methods* 65:55-63.
- 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: 1047-1050.
- Na, G.M., H.S. Han, S.H. Ye, and H.K. Kim. 2004. Physiological activity of medicinal plant extracts. *Korean J. Food Preserv.* 11:388-393.
- Normington, K.W., I. Baker, M. Molina, J.S. Wishnok, S.R. Tannenbaum, and S. Paju. 1986. Characterization of a nitrite scavenger, 3-hydroxy-2-pyranone, from Chinese wild plum juice. *J. Agric. Food Chem.* 34:215-217.
- Swann, P.F. 1975. The toxicology of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. *J. Sci. Food Agric.* 26:1761-1770.
- Robb, A.R. 1984. Physiology of asparagus (*Asparagus officinalis*) as related to the production of the crop. *N. Z. J. Exp. Agric.* 12:251-260.
- Rodríguez, R., S. Jaramillo, G. Rodríguez, J.A. Espejo, R. Guillén, J. Fernández-Bolaños, A. Heredia, and A. Jiménez. 2005. Antioxidant activity of ethanolic extracts from several asparagus cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 53:5212-5217.
- 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. Control* 10:187-196.
- 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.
- Sinton, S.M. and D.R. Wilson. 1999. Comparative performance of male and female plants during the annual growth cycle of a dioecious asparagus cultivar. *Acta Hortic.* 479:347-353.
- 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.
- Tian, Q., E.G. Miller, H. Ahmad, L. Tang, and B.S. Patil. 2001. Differential inhibition of human cancer cell proliferation by citrus limonoids. *Nutr. Cancer* 40:180-184.
- Wang, M., Y. Tadmor, Q.L. Wu, C.K. Chin, S.A. Garrison, and J.E. Simon. 2003. Quantification of protodioscin and rutin in asparagus shoots by LC/MS and HPLC methods. *J. Agric. Food Chem.* 51:6132-6136.
- Wilson, D.R., S.M. Sinton, and C.E. Wright. 1999. Influence of time of spear harvest on root system resources during the annual growth cycle of asparagus. *Acta Hortic.* 479:313-319.
- Woolley, D.J., E. Daningsih, and M. Nichols. 2008. Bud population dynamics and productivity of asparagus. *Acta Hortic.* 776:429-433.