

## 배수방법이 조와 기장의 페놀성분 및 라디칼 소거활성에 미치는 영향

정기열 · 고지연 · 이재생 · 정미선 · 오인석 · 우관식<sup>†</sup>

농촌진흥청 국립식량과학원 기능성작물부

### Effects of the Drainage Methods on Phenolic Compounds and Radical Scavenging Activity of Foxtail Millet and Proso Millet

Ki Yuol Jung, Jee Yeon Ko, Jae Saeng Lee, Mi Sun Jeong, In Seok Oh, and Koan Sik Woo<sup>†</sup>

Department of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang, Gyeongnam 627-803, Republic of Korea

**ABSTRACT** This study investigated the changes of antioxidant compounds and antioxidant activity of foxtail millet (FM) and proso millet (PM) by drainage methods in poorly drained sloping paddy field. The experimented soils in this study were very poorly drained (VPDP) and imperfectly drained paddy soil (IDP). Two drainage methods namely under pipe drainage (UPD) and open ditch (ODD) were installed within 1-m position at the lower edge of the upper paddy fields. The soil moisture contents of UPD and ODD on VPDP were 18.52±4.58 and 19.01±4.25%, and IDP were 14.87±4.82 and 18.64±3.85%, respectively. Generally, crop yields, proximate and minerals composition of FM and PM showed significant differences by drainage methods. The total polyphenol, flavonoid and tannin contents, and radical scavenging activity of the ethanolic extracts of FM and PM showed significant differences by drainage methods. The total polyphenol content of FM and PM by drainage methods was 1.69~2.30 and 1.18~1.35 mg GAE/g, total flavonoid content was 0.31~0.76 and 0.27~0.41 mg CE/g, and total tannin content was 0.36~0.54 and 0.21~0.28 mg TAE/g, respectively. The DPPH radical scavenging activity of FM and PM was 39.53~59.81 and 27.91~40.25 mg TE/100 g, and ABTS radical scavenging activity was 113.59~152.10 and 61.38~79.19 mg TE/100 g, respectively. The antioxidant compounds and radical scavenging activity of FM and PM by drainage methods were frequently affected soil water.

**Keywords** : foxtail millet (*Setaria italica* L. Beauv.), proso millet (*Panicum miliaceum* L.), drainage method, polyphenol, radical scavenging activity

**조**(foxtail millet, *Setaria italica* Beauv.)는 1년생 초본으로 이수량이 적고 수분조절 기능이 높아서 한밭에 매우 강할 뿐만 아니라 밀, 보리, 콩 등의 재배가 어려운 척박한 토양에서도 생육이 좋은 작물로 알려져 있다(Cho *et al.*, 2001; Kim & Lim, 1987). 국내에서 생산되고 있는 조는 열매가 잘고 둥글며, 메조와 차조로 구별되며, 아밀로스 함량은 메조 전분이 28%, 차조 전분이 8%로 알려져 있고 수분 및 섬유소 함량은 메조와 차조에서 유사하게 함유되어 있어서 입안에서의 촉감이나 맛이 우수한 편은 아니지만 배변을 쉽게 하여 변비를 예방하고 대장암을 예방하는 효과가 있다(Ha & Lee, 2001). 기장(proso millet, *Panicum miliaceum* L.)은 외떡잎식물 벼목 화본과의 한해살이풀로 수확량이 적고 주식으로 이용하기도 부적합하여 재배가 많지 않다. 주성분은 당질이고 쌀에 비해 소화율은 떨어지나, 단백질, 지방질, 비타민 A 등이 풍부하고 떡을 만들면 소화율이 향상된다(Ha & Lee, 2001). 다른 millet 종류에 비하여 단백질 및 무기성분 함량이 다소 높은 편이며, 개간지, 척박지와 가뭄에 적응성이 매우 높고, 불량환경에도 잘 적응하는 특성을 가지고 있다(Park *et al.*, 1999).

토양에서 배수는 작물의 생육에 많은 영향을 미치며, 배수가 불량한 농경지에서는 토양수분이 많게 되면 토양공극에 수분이 포화되어 작물에 산소공급이 부족하게 되고 토양 환원에 의한 유해 물질의 발생 등으로 미생물의 활동이 제한되어 작물에 스트레스를 주게 된다고 알려져 있다(Hwang *et al.*, 2011; Jung *et al.*, 2011; Plamenac, 1988). 토양 과습에 의한 스트레스에 대한 반응은 작물의 종류와 생육시기에 따라 큰 차이가 있으며, 일반적으로 콩의 경우에는 다른 생

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1269 (E-mail) [wooks@korea.kr](mailto:wooks@korea.kr)

<Received 11 April, 2014; Revised 12 May, 2014; Accepted 18 June, 2014>

육시기에 비해 개화기에서 협 형성기에 수분과 다에 스트레스를 가장 많이 받고 수량감소가 크다고 알려져 있다(Evans *et al.*, 1991; Griffin & Saxton, 1988; Jung *et al.*, 2011; Scott *et al.*, 1989). 수분 스트레스에 대한 반응으로 작물은 일반적으로 활성산소종을 제거하는 peroxidases, superoxide dismutase, catalase 등과 같은 효소적 항산화물질과 phytochemical 같은 비효소적 항산화물질이 축적을 증가시킨다(Oh *et al.*, 2010; Sofo *et al.*, 2005). 많은 식물체에서 수분 스트레스로 인해 a-tocopherol, b-carotene, flavonoid 등과 같은 phytochemical을 유도하는 것으로 알려져 있다(Keles & Öncel, 2002; Munné-Bosch *et al.*, 2001; Tattini *et al.*, 2004; Zobayed *et al.*, 2007).

이에 본 연구에서는 배수등급이 약간불량인 토양과 매우 불량인 토양을 선정하여 배수방법을 명거배수 방법과 암거배수 방법으로 처리하였을 경우 배수방법이 수확된 조와 기장의 항산화성분 및 항산화활성에 미치는 영향을 분석하여 조와 기장의 재배방법과 성분 및 생리활성 연구에 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재배토양 특성 분석 및 시료 채취

본 연구에 사용된 조는 삼다찰(*Setaria italica* Beauvois cv. Samdachal), 기장은 이백찰(*Panicum miliaceum* L. cv. Ibaekchal) 품종이며, 2012년 경남 밀양시 북북면 퇴로리의 논 포장에서 배수방법에 따른 시험을 실시하였다. 시험포장의 토양통은 가곡통이며, 심토는 미사식양질이고 배수등급은 매우불량 토양(very poorly drained paddy soil)과 약간불량 토양(imperfectly drained paddy soil)을 선정하여 실시하였다. 배수방법은 논둑 밑 기저부 1열 암거배수(under drainage) 방법과 30 cm 깊이의 명거배수(open ditch drainage) 방법을 처리하였다. 시료는 2012년 6월 6일에 조는 재식거리 120×10 cm, 기장은 120×20 cm으로 재식본수는 2본으로 하여 파종하였으며, 10월 9일에 수확하여 분석용 시료로 사용하였다. 파종부터 수확까지의 기상을 조사한 결과 평균기온은 24.13±3.82°C이었으며, 이 기간 동안의 강수량은 903.2 mm, 상대습도는 72.42±8.59%, 일조시간은 634.3시간으로 조사되었다. 배수불량 논에서의 배수개선 효과를 분석하기 위하여 배수개선 방법별 포장위치에 따른 토양 수분함량을 층위별토양수분센서(EasyAG<sup>®</sup> 50-5 Wire, Sentek Sensor Technologies, SA, Australia)와 지하수위측정센서(Ecotone<sup>™</sup> WM, Remote Data Systems, NC, USA)를 이용하여 모니터링 하였다. 시료의 수확기에 시료의 채취는 배수지점에서 1, 5, 10, 15 및 20 m 지점에서 시료를 채취하여 분석용 시료로 사용하였다.

### 시료의 일반성분 및 무기성분 함량 분석

시료의 수분함량은 적외선수분함량측정기(AND MX-50 moisture analyzer, Tokyo, Japan)로 측정하였으며, 조단백질 함량은 kjeldahl 방법(2300 Kjeltac Analyzer Unit, FOSS Tecator, Laurel, MD, USA), 조지방 함량은 soxhlet 방법으로 분석하였고 조회분 함량은 600°C 직접회화법으로 분석하였다. 시료의 무기성분은 습식분해법으로 분해하여 ICP (Inductively Coupled Plasma, Optima-3300DV, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)로 칼륨, 칼슘을 분석하였으며, 인산함량은 분해액을 ammonium meta vanadate 용액으로 발색시킨 후 470 nm에서 흡광도를 측정하였다(Woo *et al.*, 2011).

### 추출물 제조 및 항산화성분 함량 분석

시료의 항산화성분 및 항산화활성 분석을 위하여 시료를 Vibrating sample mill (CMT Co. Ltd., Tokyo, Japan)로 분쇄하고 일정량을 취하여 80% 에탄올로 상온에서 24시간동안 3회 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)한 다음 여과하여 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(Dewanto *et al.*, 2002). 추출물 50 µL에 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich) 50 µL를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 시료 g당 µg gallic acid equivalent (GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Dewanto *et al.* (2002)의 방법에 따라 추출물 250 µL에 증류수 1 mL와 5% NaNO<sub>2</sub> 75 µL를 가한 다음, 5분 후 10% AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 150 µL를 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 500 µL를 가하였다. 11분 후, 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 시료 g당 µg catechin equivalent (CE, dry basis)로 나타내었다. 총 탄닌 함량은 Duval과 Shetty(2001)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료 용액 1 mL에 95% ethanol 1 mL과 증류수 1 mL를 가하여 잘 흔들어 주고 5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 1 mL과 1 N Folin-ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich) 0.5 mL를 가한 후 실온에서 60분간 발색시킨 다음 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, tannic acid (Sigma-Aldrich)를 표준물질로 검량선을 작성하여 시료 g당 µg tannic acid equivalent (TAE, dry basis)로 나타내었다.

### 에탄올 추출물의 항산화활성 검정

에탄올 추출물에 대한 항산화활성은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) 및 ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) radical의 소거활성을 측정하였다(Choi *et al.*, 2006). DPPH radical의 소거활성은 0.2 mM DPPH용액(99.9% ethanol에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS radical의 소거활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4-1.5가 되도록 몰 흡광계수( $\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ )를 이용하여 메탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS용액 1 mL에 추출액 50  $\mu\text{L}$ 를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS

radical의 소거활성은 시료 100 g당 mg TE (Trolox equivalent antioxidant capacity)로 표현하였다.

### 통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, mean $\pm$ SD로 표현하였다. 또한 얻어진 결과를 통계프로그램(Statistical Analysis System; version 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 각각의 변수에 대한 특성을 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 배수방법별 토양의 수분 특성 및 조와 기장의 수량성

배수등급이 매우불량의 토양(very poorly drained paddy soil)과 약간불량의 토양(imperfectly drained paddy soil)을

**Table 1.** The soil water characteristics and crop yields of foxtail millet and proso millet with drainage form in very poorly drained and imperfectly drained paddy soil.

Drainage state	Drainage form	Distance between ridge (m)	Moisture contents of soil (%)			Crop yields (kg/10 a)			
			Mean $\pm$ SD	Max.	Min.	Foxtail millet	Proso millet		
Very poorly drained paddy soil	Under drainage	1	17.93 $\pm$ 9.71	33.97	1.90	168.74 <sup>gh1)</sup>	94.79 <sup>j1)</sup>		
		5	23.48 $\pm$ 6.84	33.82	11.19	179.27 <sup>gh</sup>	169.18 <sup>g</sup>		
		10	21.04 $\pm$ 8.49	39.00	9.19	262.31 <sup>d</sup>	175.42 <sup>fg</sup>		
		15	18.89 $\pm$ 7.28	38.33	10.18	290.94 <sup>c</sup>	256.87 <sup>b</sup>		
		20	11.28 $\pm$ 5.37	24.05	4.25	347.18 <sup>b</sup>	307.22 <sup>a</sup>		
		Mean $\pm$ SD				249.69 $\pm$ 75.62	200.70 $\pm$ 10.79		
	Open ditch drainage	1	25.53 $\pm$ 8.49	38.69	12.46	154.79 <sup>i</sup>	82.40 <sup>j</sup>		
		5	20.90 $\pm$ 10.88	37.59	2.77	160.67 <sup>i</sup>	113.33 <sup>i</sup>		
		10	16.93 $\pm$ 6.49	33.36	7.30	205.56 <sup>ef</sup>	172.75 <sup>g</sup>		
		15	16.82 $\pm$ 6.16	34.59	6.46	281.60 <sup>cd</sup>	195.44 <sup>e</sup>		
		20	14.89 $\pm$ 8.43	36.64	2.98	285.18 <sup>cd</sup>	236.17 <sup>cd</sup>		
		Mean $\pm$ SD				217.56 $\pm$ 63.23	160.02 $\pm$ 62.09		
		Imperfectly drained paddy soil	Under drainage	1	8.35 $\pm$ 4.38	22.02	2.53	206.34 <sup>ef</sup>	191.67 <sup>ef</sup>
				5	14.69 $\pm$ 9.26	34.05	2.33	218.50 <sup>e</sup>	207.44 <sup>e</sup>
10	16.85 $\pm$ 8.38			34.51	4.48	272.83 <sup>cd</sup>	230.27 <sup>d</sup>		
15	13.03 $\pm$ 6.99			31.95	3.19	350.91 <sup>b</sup>	230.99 <sup>d</sup>		
20	21.44 $\pm$ 9.95			30.16	3.99	380.65 <sup>a</sup>	252.46 <sup>bc</sup>		
Mean $\pm$ SD					285.85 $\pm$ 77.86	222.56 $\pm$ 23.49			
Open ditch drainage	1		18.55 $\pm$ 9.42	36.62	3.62	188.67 <sup>fg</sup>	146.36 <sup>h</sup>		
	5		23.14 $\pm$ 10.14	42.07	4.87	212.94 <sup>e</sup>	227.98 <sup>d</sup>		
	10		20.45 $\pm$ 10.51	38.76	3.21	268.45 <sup>cd</sup>	228.22 <sup>d</sup>		
	15		18.37 $\pm$ 7.98	33.84	5.40	279.27 <sup>cd</sup>	233.25 <sup>d</sup>		
	20	12.68 $\pm$ 7.21	26.56	3.13	355.92 <sup>b</sup>	242.64 <sup>bcd</sup>			
Mean $\pm$ SD				261.05 $\pm$ 65.08	215.69 $\pm$ 39.21				

<sup>1)</sup>Values with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple ranged tests.

선정하여 배수방법을 암거배수(under drainage) 방법과 명거배수(open ditch drainage) 방법으로 처리하였을 경우 배수방법에 따른 토양의 수분함량과 수확된 조와 기장의 수량을 측정된 결과 Table 1과 같이 나타났다. 전체적으로 시험지 토양의 수분함량은 중간부분(5~15 m)이 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. 배수 매우불량 토양의 경우 암거배수 처리는 18.52±4.58%, 명거배수는 19.01±4.25%로 나타났으며, 배수 약간불량 토양은 각각 14.87±4.82 및 18.64±3.85%로 명거배수 처리 토양이 약간 높았다. 명거배수 처리 1 및 5 m의 배수로 가까이에서 배수 매우불량(25.53 및 20.90%) 및 약간불량 토양(18.55 및 23.14%) 모두 높은 토양 수분함량을 보였다.

배수불량 토양에서 배수개선 효과를 확인하기 위하여 배수방법에 따른 조와 기장의 수량을 측정된 결과 Table 1과 같이 전체적으로 조와 기장은 각각 154.79~380.65 및 82.40~307.22 kg/10 a의 범위로 나타났다. 배수 매우불량 토양의 암거배수 방법을 처리한 조와 기장은 각각 249.69±75.62 및 200.70±82.69 kg/10 a, 명거배수 방법을 처리한 시료는 217.56±63.23 및 160.02±62.09 kg/10 a으로 나타났다. 배수 약간불량 토양의 경우 암거배수 방법을 처리한 시료는 285.85±77.86 및 222.56±23.49 kg/10 a, 명거배수 방법을 처리한 시료는 261.05±65.08 및 215.69±39.21 kg/10 a으로 나타났다. 전체적으로 조와 기장의 수량은 토양의 수분함량에 매우 많은 영향을 받는 것으로 생각되며, 배수 매우불량 토양(각각 233.63±67.86 및 180.36±72.19 kg/10 a)보다 배수 약간불량 토양(273.45±68.90 및 219.13±30.68 kg/10 a)에서 높은 수량을 보였고 두 토양 모두 명거배수 방법보다는 암거배수 방법에서 높은 수량을 보였다. 가장 높은 수량을 보인 구간은 조는 배수 약간불량 토양의 암거배수 처리 20 m 지점에서 380.65 kg/10 a로 나타났고 기장은 배수 매우불량 토양의 암거배수 처리 20 m 지점에서 307.22 kg/10 a로 나타났으며, 가장 작은 수량을 보인 구간은 배수 매우불량 토양의 명거배수 처리 1 m 지점으로 조는 154.79 kg/10 a, 기장은 82.40 kg/10 a로 조사되었다. 토양의 과습에 의한 스트레스는 작물의 종류와 생육시기에 따라 큰 차이가 있으며, 일반적으로 콩의 경우에는 다른 생육시기에 비해 개화기에서 협 형성기에 수분과다에 스트레스를 가장 많이 받고 수량감소가 크다고 알려져 있다(Evans *et al.*, 1991; Griffin & Saxton, Jung *et al.*, 2011; 1988; Scott *et al.*, 1989). 본 연구에서도 토양의 수분함량에 따라 조와 기장의 수량차이가 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

### 배수방법에 따른 조와 기장의 일반성분 및 무기성분 함량

배수방법에 따른 조와 기장의 일반성분 및 무기성분 함량을 분석한 결과 Table 2 및 3과 같이 나타났다. 조의 수분함량은 Table 2와 같이 10.90~11.40 g/100 g의 범위로 나타났으며, 배수 매우불량 토양의 암거배수 및 명거배수 방법을 처리한 시료는 각각 11.18±0.16 및 11.20±0.10 g/100 g, 배수 약간불량 토양의 경우 각각 11.20±0.16 및 11.20±0.10 g/100 g으로 나타났다. 배수 매우불량 토양과 약간불량 토양의 조단백질 함량은 각각 6.58±1.61 및 6.95±2.05 g/100 g으로 나타났고 암거배수 방법을 처리한 시료는 각각 7.46±0.96 및 6.26±2.34 g/100 g, 명거배수 방법을 처리한 시료는 각각 5.70±1.73 및 7.64±1.67 g/100 g으로 나타났다. 배수 매우불량 토양과 약간불량 토양의 조지방 함량은 3.51±0.13 및 3.78±0.46 g/100 g의 범위로 나타났으며, 조회분 함량은 각각 5.11±0.17 및 2.30±0.24 g/100 g으로 배수 매우불량 토양에서 재배한 조가 높은 함량을 보였다. 배수방법에 따른 조의 인산, 칼륨 및 칼슘 함량은 각각 280.23~605.22, 387.53~561.29 및 134.26~242.42 mg/100 g의 범위로 나타나 토양조건, 배수방법 및 시료 채취 지점에 따라 큰 변이를 보이는 것으로 나타났다. 인산의 경우 배수 매우불량 토양의 암거배수 및 명거배수 방법을 처리한 시료는 각각 488.21±109.31 및 436.43±94.03 mg/100 g, 배수 약간불량 토양의 시료는 각각 451.92±67.33 및 351.51±87.88 mg/100 g의 함량을 보였다. 칼륨은 배수 매우불량 토양은 각각 475.06±50.81 및 500.32±10.78 mg/100 g, 배수 약간불량 토양의 시료는 각각 531.55±19.00 및 475.98±27.88 mg/100 g의 함량을 보였다. 칼슘 함량은 배수 매우불량 및 약간불량 토양 시료에서 각각 206.38±17.45 및 199.51±32.61 mg/100 g으로 큰 차이를 보이지 않았다.

기장의 일반성분 및 무기성분은 Table 3과 같이 수분함량은 10.50~11.30 g/100 g의 범위로 나타났으며, 배수 매우불량 토양의 암거배수 및 명거배수 방법을 처리한 시료는 각각 10.84±0.29 및 10.84±0.15 g/100 g, 배수 약간불량 토양의 경우 각각 10.84±0.21 및 11.04±0.31 g/100 g으로 큰 차이가 없었다. 조단백질 함량은 배수 매우불량 토양과 약간불량 토양의 각각 4.53±1.79 및 3.94±0.82 g/100 g으로 나타났고 암거배수 처리에서 각각 4.88±2.13 및 3.34±0.65 g/100 g으로 나타났고 명거배수 처리는 각각 4.17±1.53 및 4.55±0.41 g/100 g으로 나타났다. 배수 매우불량 토양과 약간불량 토양의 조지방 함량은 3.96±0.27 및 3.92±0.14 g/100 g의 범위로 나타났으며, 조회분 함량은 각각 6.01±0.63 및 5.43±0.43 g/100 g으로 배수 매우불량 토양에서 재배한 기장이 약간 높았다. 배수방법에 따른 기장의 인산, 칼륨 및 칼슘 함

**Table 2.** Proximate compositions and minerals compositions of foxtail millet with drainage form in very poorly drained and imperfectly drained paddy soil.

Drainage state	Drainage form	Distance between ridge (m)	Proximate composition (g/100 g)				Minerals composition (mg/kg)		
			Moisture	Protein	Fat	Ash	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Ca
Very poorly drained paddy soil	Under drainage	1	11.20 <sup>ab1)</sup>	7.74 <sup>de</sup>	3.60 <sup>ef</sup>	5.31 <sup>a</sup>	478.96 <sup>ef</sup>	509.23 <sup>de</sup>	193.48 <sup>ij</sup>
		5	10.90 <sup>b</sup>	6.49 <sup>g</sup>	3.60 <sup>ef</sup>	5.33 <sup>a</sup>	567.86 <sup>b</sup>	473.81 <sup>gh</sup>	200.06 <sup>hi</sup>
		10	11.30 <sup>ab</sup>	6.49 <sup>g</sup>	3.36 <sup>gh</sup>	4.82 <sup>e</sup>	465.57 <sup>f</sup>	501.04 <sup>def</sup>	213.30 <sup>def</sup>
		15	11.30 <sup>ab</sup>	8.69 <sup>b</sup>	3.57 <sup>ef</sup>	5.10 <sup>b</sup>	323.41 <sup>j</sup>	387.53 <sup>j</sup>	204.20 <sup>gh</sup>
		20	11.20 <sup>ab</sup>	7.91 <sup>cd</sup>	3.40 <sup>gh</sup>	5.09 <sup>bc</sup>	605.22 <sup>a</sup>	503.69 <sup>def</sup>	195.83 <sup>i</sup>
	Mean±SD	11.18±0.16	7.46±0.96	3.51±0.12	5.13±0.21	488.21±109.31	475.06±50.81	201.38±7.83	
	Open ditch drainage	1	11.10 <sup>ab</sup>	4.03 <sup>j</sup>	3.36 <sup>gh</sup>	5.12 <sup>b</sup>	415.60 <sup>g</sup>	496.70 <sup>ef</sup>	210.17 <sup>efg</sup>
		5	11.10 <sup>ab</sup>	5.87 <sup>h</sup>	3.47 <sup>fg</sup>	4.96 <sup>cd</sup>	281.21 <sup>l</sup>	485.62 <sup>fg</sup>	221.65 <sup>c</sup>
		10	11.30 <sup>ab</sup>	7.26 <sup>f</sup>	3.41 <sup>gh</sup>	5.20 <sup>ab</sup>	504.01 <sup>cd</sup>	502.24 <sup>def</sup>	242.42 <sup>a</sup>
		15	11.20 <sup>ab</sup>	7.50 <sup>ef</sup>	3.62 <sup>de</sup>	4.92 <sup>de</sup>	504.54 <sup>cd</sup>	515.50 <sup>cde</sup>	204.93 <sup>gh</sup>
		20	11.30 <sup>ab</sup>	3.85 <sup>j</sup>	3.74 <sup>cd</sup>	5.29 <sup>a</sup>	476.80 <sup>ef</sup>	501.52 <sup>def</sup>	177.72 <sup>k</sup>
Mean±SD	11.20±0.10	5.70±1.73	3.52±0.16	5.10±0.16	436.43±94.03	500.32±10.78	211.38±23.69		
Imperfectly drained paddy soil	Under drainage	1	11.10 <sup>ab</sup>	4.02 <sup>j</sup>	3.00 <sup>j</sup>	2.60 <sup>f</sup>	489.27 <sup>de</sup>	535.50 <sup>b</sup>	217.11 <sup>cde</sup>
		5	11.40 <sup>a</sup>	3.40 <sup>k</sup>	3.80 <sup>bc</sup>	2.27 <sup>gh</sup>	367.50 <sup>i</sup>	519.11 <sup>bcd</sup>	241.64 <sup>a</sup>
		10	11.00 <sup>ab</sup>	7.74 <sup>de</sup>	3.90 <sup>b</sup>	2.27 <sup>gh</sup>	392.34 <sup>h</sup>	511.88 <sup>cde</sup>	219.07 <sup>cd</sup>
		15	11.20 <sup>ab</sup>	8.03 <sup>c</sup>	4.20 <sup>a</sup>	2.59 <sup>f</sup>	491.48 <sup>de</sup>	561.29 <sup>a</sup>	188.41 <sup>j</sup>
		20	11.30 <sup>ab</sup>	8.09 <sup>c</sup>	4.20 <sup>a</sup>	2.61 <sup>f</sup>	518.98 <sup>c</sup>	529.96 <sup>bc</sup>	172.31 <sup>k</sup>
	Mean±SD	11.20±0.16	6.26±2.34	3.82±0.49	2.47±0.18	451.92±67.33	531.55±19.00	207.71±27.36	
	Open ditch drainage	1	11.20 <sup>ab</sup>	5.16 <sup>i</sup>	4.20 <sup>a</sup>	2.06 <sup>i</sup>	280.23 <sup>l</sup>	513.81 <sup>cde</sup>	171.30 <sup>k</sup>
		5	11.10 <sup>ab</sup>	7.26 <sup>f</sup>	3.80 <sup>bc</sup>	2.33 <sup>g</sup>	294.14 <sup>kl</sup>	459.59 <sup>h</sup>	207.20 <sup>fgh</sup>
		10	11.30 <sup>ab</sup>	7.56 <sup>e</sup>	4.20 <sup>a</sup>	1.90 <sup>j</sup>	300.21 <sup>k</sup>	440.31 <sup>i</sup>	229.74 <sup>b</sup>
		15	11.10 <sup>ab</sup>	9.64 <sup>a</sup>	3.20 <sup>i</sup>	2.17 <sup>hi</sup>	484.49 <sup>e</sup>	487.30 <sup>fg</sup>	134.26 <sup>l</sup>
		20	11.30 <sup>ab</sup>	8.57 <sup>b</sup>	3.30 <sup>hi</sup>	2.23 <sup>gh</sup>	398.46 <sup>h</sup>	478.87 <sup>g</sup>	214.06 <sup>def</sup>
Mean±SD	11.20±0.10	7.64±1.67	3.74±0.48	2.14±0.17	351.51±87.88	475.98±27.88	191.31±38.41		

<sup>1)</sup>Values with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple ranged tests.

량은 각각 361.89~807.16, 284.62~369.94 및 113.18~215.52 mg/100 g의 범위로 나타나 토양조건, 배수방법 및 시료 채취 지점에 따라 큰 변이를 보이는 것으로 나타났다. 인산의 경우 배수 매우불량 토양의 암거배수 및 명거배수 방법을 처리한 시료는 각각 696.28±54.89 및 670.34±87.71 mg/100 g, 배수 약간불량 토양의 시료는 각각 477.36±163.41 및 564.16±159.23 mg/100 g으로 배수 매우불량 토양의 시료가 높은 함량을 보였다. 칼륨 함량은 배수 매우불량 및 약간불량 토양 시료에서 각각 311.01±25.01 및 323.33±21.71 mg/100 g으로 큰 차이를 보이지 않았다. 칼슘은 배수 매우불량 토양의 암거배수 및 명거배수에서 각각 176.17±24.15 및 177.26±43.56 mg/100 g, 배수 약간불량 토양의 시료는

각각 168.88±22.76 및 190.92±13.35 mg/100 g으로 배수 약간불량의 명거배수 처리에서 약간 높았다.

이상의 결과는 재배토양 및 배수방법에 따라 조와 기장의 일반성분과 무기성분의 함량에 영향을 미치는 것으로 생각되며, 이러한 이유는 수분의 영향으로 추측이 되고 이에 대한 보다 자세한 연구가 필요할 것으로 보인다. Lee *et al.* (2010)은 충북 괴산에서 생산된 조와 기장의 수분함량은 각각 13.33 및 12.61%, 조단백질은 각각 8.96 및 11.87%, 회분은 각각 1.25 및 0.83%로 보고하였고 시중유통 조와 기장을 분석한 연구(Woo *et al.*, 2011)에서는 수분은 각각 10.86±2.42 및 12.16±0.78 g/100 g, 조단백질은 각각 9.68±1.38 및 10.75±0.54 g/100 g, 회분은 각각 1.49±0.20 및 1.29±

**Table 3.** Proximate compositions and minerals compositions of proso millet with drainage form in very poorly drained and imperfectly drained paddy soil.

Drainage state	Drainage form	Distance between ridge (m)	Proximate composition (g/100 g)				Minerals composition (mg/kg)			
			Moisture	Protein	Fat	Ash	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Ca	
Very poorly drained paddy soil	Under drainage	1	11.00 <sup>abcd1)</sup>	3.38 <sup>ij</sup>	4.01 <sup>cdef</sup>	6.01 <sup>cd</sup>	703.01 <sup>d</sup>	369.94 <sup>a</sup>	189.20 <sup>de</sup>	
		5	10.60 <sup>de</sup>	4.44 <sup>f</sup>	3.80 <sup>h</sup>	5.45 <sup>fg</sup>	622.29 <sup>g</sup>	305.59 <sup>ef</sup>	190.23 <sup>de</sup>	
		10	10.90 <sup>abcde</sup>	3.29 <sup>j</sup>	4.13 <sup>abc</sup>	5.49 <sup>f</sup>	678.62 <sup>ef</sup>	325.83 <sup>cd</sup>	190.82 <sup>d</sup>	
		15	11.20 <sup>ab</sup>	8.51 <sup>a</sup>	3.85 <sup>gh</sup>	7.52 <sup>a</sup>	702.57 <sup>d</sup>	306.31 <sup>ef</sup>	134.32 <sup>i</sup>	
		20	10.50 <sup>e</sup>	4.80 <sup>d</sup>	4.00 <sup>cdefg</sup>	6.15 <sup>c</sup>	774.90 <sup>bc</sup>	294.26 <sup>fg</sup>	176.29 <sup>f</sup>	
		Mean±SD	10.84±0.29	4.88±2.13	3.96±0.13	6.12±0.84	696.28±54.89	320.39±29.93	176.17±24.15	
	Open ditch drainage	1	10.90 <sup>abcde</sup>	5.91 <sup>b</sup>	4.18 <sup>ab</sup>	5.51 <sup>f</sup>	807.16 <sup>a</sup>	314.99 <sup>de</sup>	151.79 <sup>h</sup>	
		5	10.60 <sup>de</sup>	3.50 <sup>i</sup>	4.21 <sup>a</sup>	5.94 <sup>de</sup>	589.71 <sup>h</sup>	285.10 <sup>g</sup>	215.52 <sup>a</sup>	
		10	10.80 <sup>bcde</sup>	4.52 <sup>f</sup>	3.95 <sup>defgh</sup>	5.74 <sup>e</sup>	695.25 <sup>de</sup>	284.62 <sup>g</sup>	113.18 <sup>j</sup>	
		15	10.90 <sup>abcde</sup>	5.00 <sup>c</sup>	3.53 <sup>i</sup>	5.79 <sup>e</sup>	601.11 <sup>h</sup>	301.25 <sup>f</sup>	208.21 <sup>b</sup>	
		20	11.00 <sup>abcd</sup>	1.93 <sup>m</sup>	3.91 <sup>efgh</sup>	6.54 <sup>b</sup>	658.48 <sup>f</sup>	322.22 <sup>cd</sup>	197.60 <sup>c</sup>	
		Mean±SD	10.84±0.15	4.17±1.53	3.96±0.27	5.90±0.39	670.34±87.71	301.64±17.06	177.26±43.56	
	Imperfectly drained paddy soil	Under drainage	1	11.00 <sup>abcd</sup>	2.56 <sup>l</sup>	3.97 <sup>defg</sup>	5.74 <sup>e</sup>	756.79 <sup>c</sup>	328.24 <sup>c</sup>	183.85 <sup>e</sup>
			5	10.80 <sup>bcde</sup>	3.11 <sup>k</sup>	4.07 <sup>abcd</sup>	4.84 <sup>i</sup>	361.89 <sup>l</sup>	303.66 <sup>ef</sup>	191.97 <sup>cd</sup>
			10	11.10 <sup>abc</sup>	3.94 <sup>h</sup>	4.04 <sup>bcdef</sup>	5.24 <sup>gh</sup>	406.17 <sup>k</sup>	330.41 <sup>c</sup>	168.92 <sup>g</sup>
15			10.60 <sup>de</sup>	2.98 <sup>k</sup>	3.64 <sup>i</sup>	5.39 <sup>fg</sup>	485.89 <sup>j</sup>	305.35 <sup>ef</sup>	166.99 <sup>g</sup>	
20			10.70 <sup>cde</sup>	4.09 <sup>g</sup>	3.81 <sup>h</sup>	5.44 <sup>fg</sup>	376.08 <sup>l</sup>	297.88 <sup>f</sup>	132.66 <sup>i</sup>	
		Mean±SD	10.84±0.21	3.34±0.65	3.91±0.18	5.33±0.33	477.36±163.41	313.11±15.08	168.88±22.76	
Open ditch drainage		1	10.50 <sup>e</sup>	4.16 <sup>g</sup>	3.94 <sup>defgh</sup>	5.32 <sup>fgh</sup>	413.39 <sup>k</sup>	305.59 <sup>ef</sup>	189.14 <sup>de</sup>	
		5	11.10 <sup>abc</sup>	4.15 <sup>g</sup>	3.82 <sup>h</sup>	5.35 <sup>fgh</sup>	637.89 <sup>g</sup>	358.85 <sup>b</sup>	207.79 <sup>b</sup>	
		10	11.20 <sup>ab</sup>	5.13 <sup>c</sup>	4.06 <sup>bcde</sup>	6.48 <sup>b</sup>	789.43 <sup>ab</sup>	355.96 <sup>b</sup>	170.72 <sup>fg</sup>	
		15	11.10 <sup>abc</sup>	4.59 <sup>ef</sup>	3.99 <sup>cdefg</sup>	5.31 <sup>fgh</sup>	414.16 <sup>k</sup>	314.51 <sup>de</sup>	194.88 <sup>cd</sup>	
		20	11.30 <sup>a</sup>	4.70 <sup>de</sup>	3.89 <sup>fgh</sup>	5.15 <sup>h</sup>	565.92 <sup>i</sup>	332.82 <sup>c</sup>	192.05 <sup>cd</sup>	
		Mean±SD	11.04±0.31	4.55±0.41	3.94±0.09	5.52±0.54	564.16±159.23	333.54±23.91	190.92±13.35	

<sup>1)</sup>Values with different superscripts are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple ranged tests.

0.25 g/100 g으로 보고하였으며, 칼륨 및 칼슘 함량은 조는 각각 46.66±27.70 및 8.32±2.31 mg/100 g, 기장은 각각 26.26±4.43 및 6.60±0.96 mg/100 g으로 보고하였는데 본 연구결과와 차이를 보이는 것은 시료의 재배시기, 재배방법, 토양 등의 재배환경과 수확물의 도정 유무 등 연구에 사용한 시료의 차이로 인한 것으로 생각된다.

#### 배수방법에 따른 조와 기장의 항산화성분 함량

배수방법에 따른 조와 기장의 총 polyphenol, flavonoid, tannin 등의 항산화성분 함량을 분석한 결과 Figs. 1~3과 같이 처리 간에 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 식물체에 널리 분포하는 페놀성 화합물은 다양한 구조와 분자량

을 가지며 항산화, 항암 및 항균 등의 생리기능을 가지는 것으로 알려져 있다(Rice-Evans *et al.*, 1997). 조의 총 polyphenol 함량은 Fig. 1(A)와 같이 1.69~2.30 mg GAE/g의 범위로 나타났으며, 배수 매우불량 토양의 암거배수 방법을 처리한 시료는 1.97±0.12 mg GAE/g, 명거배수 방법을 처리한 시료는 1.82±0.14 mg GAE/g으로 나타났다. 배수 약간불량 토양의 경우 암거배수 방법을 처리한 시료는 1.92±0.09 mg GAE/g, 명거배수 방법을 처리한 시료는 2.00±0.18 mg GAE/g으로 나타났다. 기장의 총 polyphenol 함량은 Fig. 1(B)와 같이 1.18~1.35 mg GAE/g의 범위로 나타났으며, 배수 매우불량 토양의 암거배수 및 명거배수 방법을 처리한 시료에서 각각 1.28±0.05 및 1.22±0.04 mg GAE/g으로 나타났고

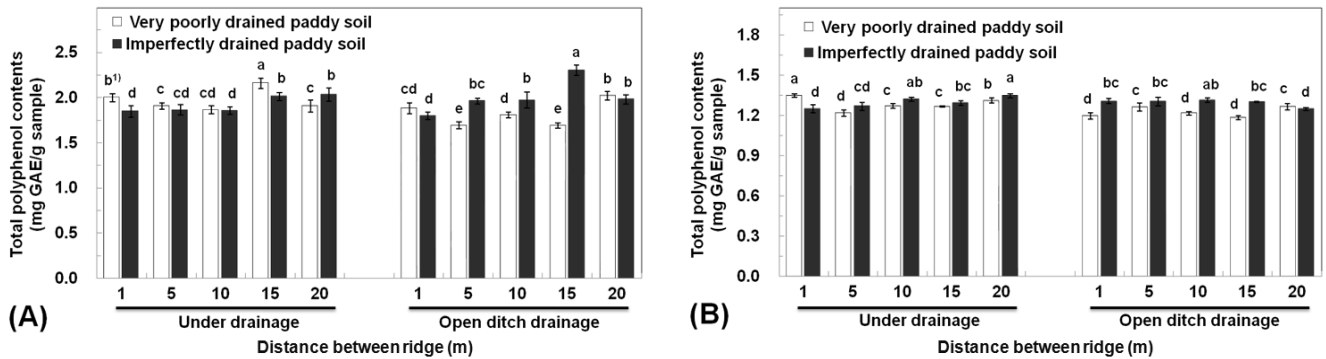


Fig. 1. The total polyphenol contents of foxtail millet (A) and proso millet (B) with drainage form in very poorly drained and imperfectly drained paddy soil. <sup>1)</sup>Values with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple ranged tests.

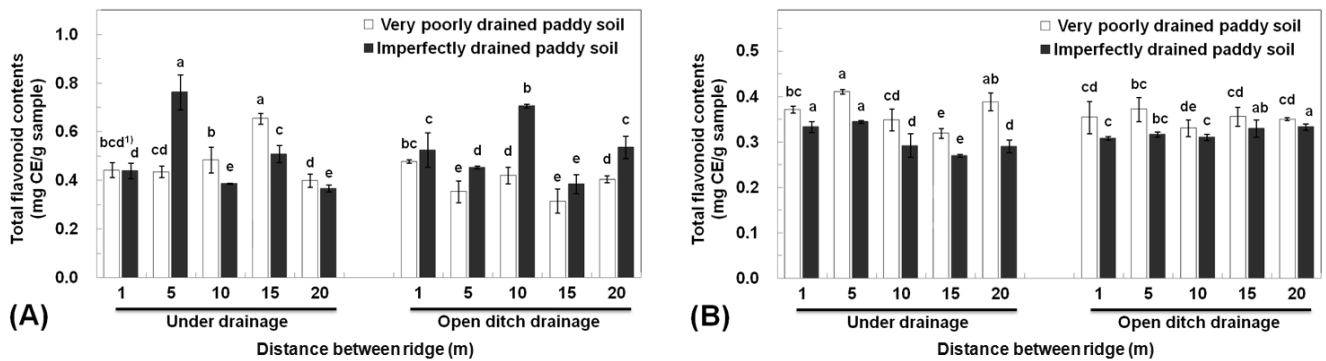


Fig. 2. The total flavonoid contents of foxtail millet (A) and proso millet (B) with drainage form in very poorly drained and imperfectly drained paddy soil. <sup>1)</sup>Values with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple ranged tests.

배수 약간불량 토양의 경우 각각  $1.29 \pm 0.04$  및  $1.29 \pm 0.03$  mg GAE/g으로 나타났다. 가장 높은 함량을 보인 구간은 조는 배수 약간불량 토양의 명거배수 처리 15 m 지점에서 채취한 시료( $2.30 \pm 0.06$  mg GAE/g), 기장은 배수 약간불량 토양의 암거배수 처리 20 m 지점에서 채취한 시료( $1.35 \pm 0.02$  mg GAE/g)로 조사되었다. 가장 낮은 함량을 보인 구간은 조는 배수 매우불량 토양의 명거배수 처리 15 m 지점( $1.69 \pm 0.03$  mg GAE/g), 기장은 배수 매우불량 토양의 명거배수 처리 15 m 지점( $1.18 \pm 0.01$  mg GAE/g)으로 나타났다.

조의 총 flavonoid 함량은 Fig. 2(A)와 같이 0.31~0.76 mg CE/g의 범위로 나타났으며, 배수 매우불량 토양의 암거배수 및 명거배수 방법을 처리한 시료는 각각  $0.48 \pm 0.10$  및  $0.39 \pm 0.06$  mg CE/g으로 나타났고 배수 약간불량 토양은 각각  $0.49 \pm 0.16$  및  $0.52 \pm 0.12$  mg CE/g으로 나타났다. 기장은 Fig. 2(B)와 같이 0.27~0.41 mg CE/g의 범위로 나타났으며, 배수 매우불량 토양의 암거배수 및 명거배수 방법을 처리한 시료에서 각각  $0.37 \pm 0.04$  및  $0.35 \pm 0.01$  mg CE/g으로

나타났고 배수 약간불량 토양은 각각  $0.31 \pm 0.03$  및  $0.32 \pm 0.01$  mg CE/g으로 나타났다. 가장 높은 함량을 보인 구간은 조는 배수 약간불량 토양의 암거배수 처리 5 m 지점( $0.76 \pm 0.07$  mg CE/g), 기장은 배수 매우불량 토양의 암거배수 처리 5 m 지점( $0.41 \pm 0.00$  mg CE/g)로 조사되었다. 가장 낮은 함량을 보인 구간은 조는 배수 매우불량 토양의 명거배수 처리 15 m 지점( $0.31 \pm 0.05$  mg CE/g), 기장은 배수 약간불량 토양의 암거배수 처리 15 m 지점( $0.27 \pm 0.00$  mg CE/g)으로 나타났다.

조의 총 tannin 함량은 Fig. 3(A)와 같이 0.36~0.54 mg TAE/g의 범위로 나타났으며, 배수 매우불량 토양의 암거배수 방법을 처리한 시료는  $0.48 \pm 0.04$  mg TAE/g, 명거배수 방법을 처리한 시료는  $0.44 \pm 0.06$  mg TAE/g으로 나타났다. 배수 약간불량 토양의 경우 암거배수 방법을 처리한 시료는  $0.45 \pm 0.02$  mg TAE/g, 명거배수 방법을 처리한 시료는  $0.48 \pm 0.03$  mg TAE/g으로 나타났다. 기장의 총 tannin 함량은 Fig. 3(B)와 같이 0.21~0.28 mg TAE/g의 범위로 나타났으며, 배

수 매우불량 토양의 암거배수 및 명거배수 방법을 처리한 시료에서 각각 0.25±0.02 및 0.23±0.01 mg TAE/g으로 나타났고 배수 약간불량 토양의 경우 각각 0.23±0.01 및 0.24±0.01 mg TAE/g으로 나타났다. 가장 높은 함량을 보인 구간은 조는 배수 약간불량 토양의 명거배수 처리 10 m 지점에서 채취한 시료(0.54±0.05 mg TAE/g), 기장은 배수 매우불량 토양의 암거배수 처리 1 m 지점에서 채취한 시료(0.28±0.00 mg TAE/g)로 조사되었다. 가장 낮은 함량을 보인 구간은 조는 배수 매우불량 토양의 명거배수 처리 15 m 지점(0.36±0.01 mg TAE/g), 기장은 배수 매우불량 토양의 명거배수 처리 15 m 지점(0.21±0.01 mg TAE/g)으로 나타났다.

이상의 배수방법에 따른 조와 기장의 총 polyphenol, flavonoid, tannin 등의 항산화성분 함량은 토양의 수분 함량에 영향을 받는 것으로 나타났으며, 전체적으로 배수 매우불량 토양에서 재배한 조와 기장이 배수 약간불량 토양에서 재배한 것보다 높은 함량을 보였다. 일반적으로 작물에 대한 수분 스

트레스는 활성산소종을 제거하는 peroxidases, superoxide dismutase, catalase 등과 같은 효소적 항산화물질과 phytochemical 같은 비효소적 항산화물질이 축적을 증가시키고(Oh *et al.*, 2010; Sofu *et al.*, 2005) 많은 식물에서 α-tocopherol, β-carotene, flavonoid 등과 같은 phytochemical을 유도하는 것으로 알려져 있다(Keles & Öncel, 2002; Munné-Bosch *et al.*, 2001; Tattini *et al.*, 2004; Zobayed *et al.*, 2007). 따라서 본 연구에서도 조와 기장의 생육에 수분 과다로 인하여 총 polyphenol, flavonoid, tannin 등 항산화성분의 함량에 영향을 미친 것으로 생각된다. 또한 토양의 배수 조건에 따라 알맞은 배수방법을 선택해야 할 것으로 보이며, 환경조건 등 보다 많은 변수에 대한 다각적인 분석이 필요할 것으로 보인다.

**배수방법에 따른 조와 기장의 radical 소거활성**

배수방법에 따른 조와 기장 에탄올 추출물의 radical 소거

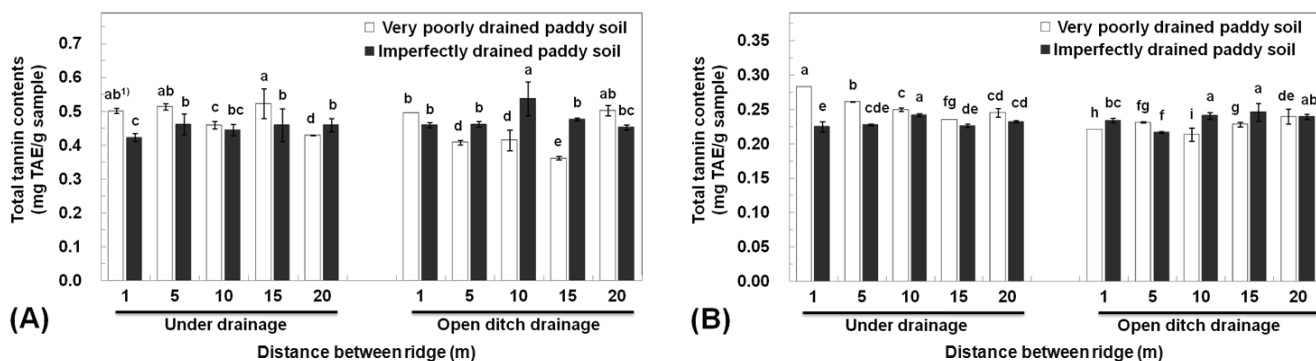


Fig. 3. The total tannin contents of foxtail millet (A) and proso millet (B) with drainage form in very poorly drained and imperfectly drained paddy soil. <sup>1)</sup>Values with different superscripts are significantly different at *p*<0.05 by Duncan's multiple ranged tests.

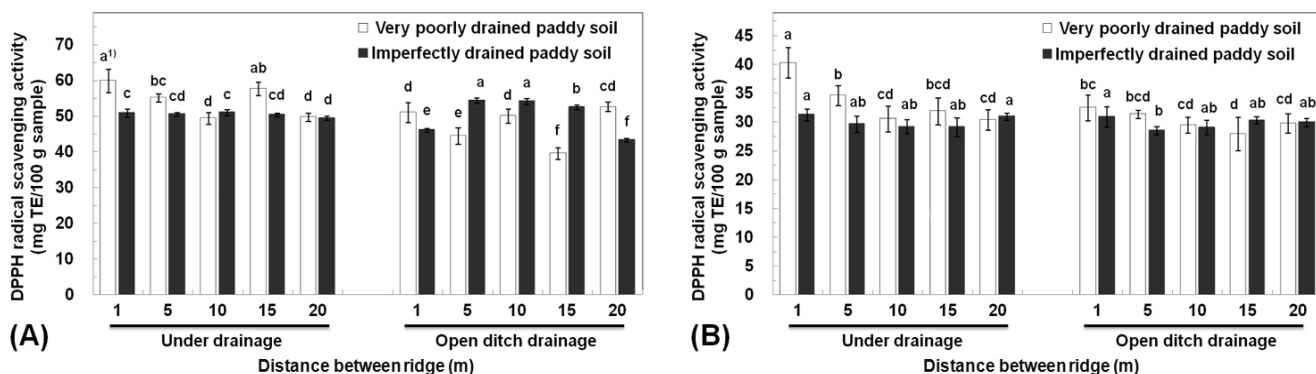


Fig. 4. DPPH radical scavenging activity of foxtail millet (A) and proso millet (B) with drainage form in very poorly drained and imperfectly drained paddy soil. <sup>1)</sup>Values with different superscripts are significantly different at *p*<0.05 by Duncan's multiple ranged tests.



활성은 ascorbic acid, tocopherol, polyhydroxy 방향족화합물, 방향족 아민 등에 의해서 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 항산화물질의 전자공여능을 측정할 때 사용되고 있는 DPPH radical 소거활성법(Nieva *et al.*, 2000)을 표준물질인 Trolox와 비교하여 mg TE/g으로 표현한 결과 Fig. 4와 같이 나타났다. 조 에탄올 추출물의 DPPH radical 소거활성은 Fig. 4(A)와 같이 39.53~59.81 mg TE/100 g의 범위로 처리 간에 유의적인 차이를 보였다. 배수 매우불량 토양의 암거배수 방법을 처리한 시료는 54.30±4.69 mg TE/100 g, 명거배수 방법을 처리한 시료는 47.52±5.43 mg TE/100 g으로 나타났다. 배수 약간불량 토양의 경우 암거배수 방법을 처리한 시료는 50.42±0.59 mg TE/100 g, 명거배수 방법을 처리한 시료는 50.07±5.05 mg TE/100 g으로 나타났다. 기장은 Fig. 4(B)와 같이 27.91~40.25 mg TE/100 g의 범위로 나타났으며, 배수 매우불량 토양의 암거배수 및 명거배수 방법을 처리한 시료에서 각각 33.51±4.13 및 30.17±1.76 mg TE/100 g으로 나타났고 배수 약간불량 토양은 각각 30.00±1.01 및 29.70±0.94 mg TE/100 g으로 나타났다. 조와 기장 에탄올 추출물의 가장 높은 소거활성을 보인 구간은 배수 매우불량 토양의 암거배수 처리 1 m 지점에서 채취한 시료로 각각 59.81±3.24 및 40.25±2.67 mg TE/100 g으로 조사되었고 가장 낮은 활성을 보인 구간은 배수 매우불량 토양의 명거배수 처리 15 m 지점으로 각각 39.53±1.59 및 27.91±2.88 mg TE/100 g으로 나타났다.

현장에서 ABTS radical의 흡광도가 항산화제에 의해 억제되는 것에 기초하여 개발된 ABTS radical 소거활성법(Kim *et al.*, 2009)을 표준물질인 Trolox와 비교하여 mg TE/g으로 표현한 결과 Fig. 5와 같이 나타났다. 조 에탄올 추출물의 ABTS radical 소거활성은 Fig. 5(A)와 113.59~152.10

mg TE/100 g의 범위로 처리 간에 유의적인 차이를 보였다. 배수 매우불량 토양의 암거배수 방법을 처리한 시료는 142.32±6.46 mg TE/100 g, 명거배수 방법을 처리한 시료는 133.62±12.45 mg TE/100 g으로 나타났다. 배수 약간불량 토양의 경우 암거배수 방법을 처리한 시료는 140.80±5.36 mg TE/100 g, 명거배수 방법을 처리한 시료는 141.69±8.59 mg TE/100 g으로 나타났다. 기장은 Fig. 5(B)와 같이 61.38~79.19 mg TE/100 g의 범위로 나타났으며, 배수 매우불량 토양의 암거배수 및 명거배수 방법을 처리한 시료에서 각각 70.85±5.06 및 63.63±1.43 mg TE/100 g으로 나타났고 배수 약간불량 토양은 각각 68.66±1.37 및 67.04±1.79 mg TE/100 g으로 나타났다.

이상의 배수방법에 따른 조와 기장 에탄올 추출물의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 전체적으로 배수방법 및 위치에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났으나 많은 차이를 보이지 않았다. 일반적으로 작물에 대한 수분 스트레스는 항산화물질의 축적을 증가시키며(Keles & Öncel, 2002; Oh *et al.*, 2010; Sofo *et al.*, 2005), 작물의 높은 활성을 유도하는 것으로 알려져 있다. 이러한 천연물의 항산화활성은 인체내에서는 활성 radical에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하고 있으며, radical 소거작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는데 대단히 중요한 역할을 한다(Kim *et al.*, 2001). 따라서 본 연구에서도 조와 기장의 생육에 수분 과다로 인하여 총 polyphenol, flavonoid, tannin 등 항산화성분의 함량에 영향을 미치고 이에 따라 radical 소거활성에 또한 영향을 미친 것으로 생각된다. 또한 토양의 배수 조건에 따라 알맞은 배수방법을 선택해야 할 것으로 보이며, 환경조건 등 보다 많은 변수에 대한 다각적인 분석이 필요할 것으로 보인다.

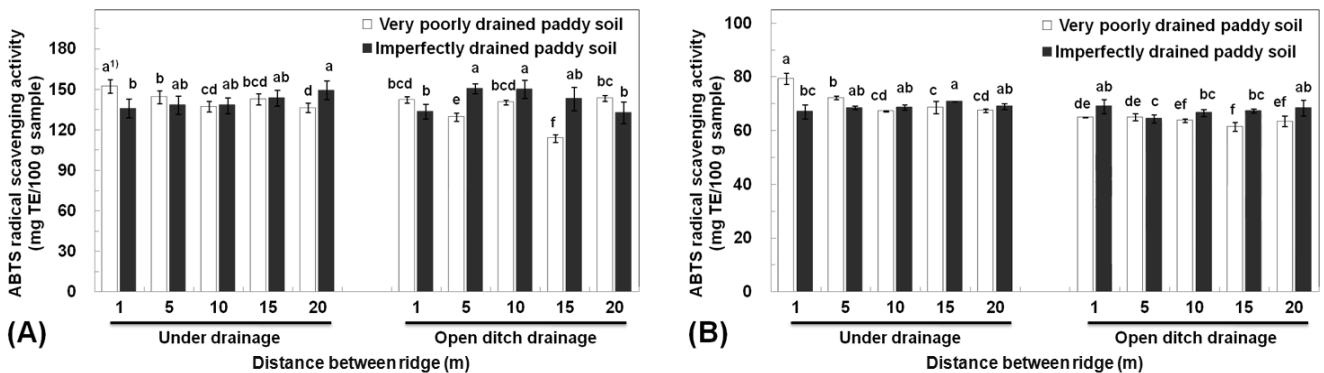


Fig. 5. ABTS radical scavenging activity of foxtail millet (A) and proso millet (B) with drainage form in very poorly drained and imperfectly drained paddy soil. <sup>1)</sup>Values with different superscripts are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple ranged tests.

## 적 요

배수가 매우불량 토양과 약간불량 토양에서 배수방법이 조와 기장의 항산화성분 및 활성에 미치는 영향을 분석하여 조와 기장의 재배방법과 성분 및 생리활성 연구에 기초자료로 활용하고자 본 연구를 수행한 결과 시험 토양의 수분함량은 중간부분(5~15 m)이 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. 배수 매우불량 토양의 경우 암거배수 및 명거배수는 각각  $18.52 \pm 4.58$  및  $19.01 \pm 4.25\%$ , 배수 약간불량 토양은 각각  $14.87 \pm 4.82$  및  $18.64 \pm 3.85\%$ 로 명거배수 처리 토양이 약간 높았다. 조와 기장의 수량은 각각  $154.79 \sim 380.65$  및  $82.40 \sim 307.22$  kg/10 a의 범위로 토양의 수분함량에 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며, 배수방법에 따라 유의적인 차이를 보였다. 수확된 조의 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분 함량은 각각 10.90~11.40, 3.40~9.64, 3.00~4.20 및 1.90~5.33 g/100 g, 기장은 각각 10.50~11.30, 1.93~8.51, 3.53~4.21 및 4.84~7.52 g/100 g, 인산, 칼륨 및 칼슘 함량은 조에서 각각 280.23~605.22, 387.53~561.29 및 134.26~242.42 mg/100 g, 기장은 각각 361.89~807.16, 284.62~369.94 및 113.18~215.52 mg/100 g의 범위로 나타나 토양 조건, 배수방법 및 시료 채취 지점에 따라 큰 변이를 보이는 것으로 나타났다. 배수방법에 따른 조와 기장의 총 polyphenol 함량은 각각 1.69~2.30 및 1.18~1.35 mg GAE/g의 범위로 나타났으며, 총 flavonoid 함량은 각각 0.31~0.76 및 0.27~0.41 mg CE/g, 총 tannin 함량은 각각 0.36~0.54 및 0.21~0.28 mg TAE/g의 범위로 배수방법에 따라 유의적인 차이를 보였다. 조와 기장의 DPPH radical 소거활성은 각각 39.53~59.81 및 27.91~40.25 mg TE/100 g, ABTS radical 소거활성은 각각 113.59~152.10 및 61.38~79.19 mg TE/100 g의 범위로 처리 간에 유의적인 차이를 보였다. 전체적으로 조와 기장의 총 polyphenol, flavonoid, tannin 함량과 radical 소거활성은 토양의 수분함량에 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며, 배수방법에 따라 유의적인 차이를 보였다. 이상의 결과 배수가 불량한 토양에서 조와 기장을 재배할 경우 토양의 조건에 알맞은 배수방법을 선택해야 할 것이고 재배 지역, 작목, 품종, 재배환경 등 보다 많은 변수에 대한 다각적인 분석이 필요할 것으로 생각된다.

## 사 사

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ008179)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 인용문헌(REFERENCES)

- Cho, N. K., C. K. Song, I. S. Kim, Y. I. Cho, and E. K. Oh. 2001. Effect of number of plants per hill on the major characters, forage yield and chemical composition of Jeju Italian millet. *J. Anim. Sci. Technol.* 43 : 967-972.
- Choi, Y., S. M. Lee, J. Chun, H. B. Lee, and J. Lee. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem.* 99 : 381-387.
- Dewanto, V., W. Xianzhong, and R. H. Liu. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agr. Food Chem.* 50 : 4959-4964.
- Duval, B. and K. Shetty. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. *J. Food Biochem.* 25 : 361-377.
- Evans, R. O., R. W. Skaggs, and R. E. Sneed. 1991. Stress day index models to predict corn and soybean relative yield under high water table condition. *T. ASABE.* 34 : 1997-2005.
- Griffin, J. L. and A. M. Saxton. 1988. Response of solid-seeded soybean to flood irrigation. Flood duration. Response of solid-seeded soybean to flood irrigation. II. Flood duration. *Agron. J.* 80 : 885-888.
- Ha, Y. D. and S. P. Lee. 2001. Characteristic of proteins in Italian millet, sorghum and common millet. *Korean J. Postharvest. Sci. Technol.* 8 : 182-192.
- Hwang, J. B., E. S. Yun, K. Y. Jung, C. Y. Park, Y. D. Choi, Y. H. Lee, and M. H. Nam. 2011. Yearly variation of ecological traits of weed flora on soils having different drainage property. *Kor. J. Weed Sci.* 31 : 41-48.
- Jung, K. Y., E. S. Yun, C. Y. Park, J. B. Hwang, Y. D. Choi, and K. D. Park. 2011. Stress day index to predict soybean yield response by subsurface drainage in poorly drained sloping paddy fields *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44 : 702-708.
- Keles, Y. and I. Öncel. 2002. Response of antioxidative defence system to temperature and water stress combinations in wheat seedlings. *Plant Sci.* 163 : 783-790.
- Kim, J. E., S. I. Joo, J. H. Seo, and S. P. Lee. 2009. Antioxidant and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory effect of tartary buckwheat extract obtained by the treatment of different solvents and enzymes. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38 : 989-995.
- Kim, K. J. and K. H. Lim. 1987. Study on the physico-chemical properties of rice grains harvested from different regions. *Korean J. Crop Sci.* 32 : 234-242.
- Kim, S. M., Y. S. Cho, and S. K. Sung. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33 : 626-632.
- Lee, H. K., I. G. Hwang, H. Y. Kim, K. S. Woo, S. H. Lee, S. H. Woo, J. Lee, and H. S. Jeong. 2010. Physicochemical

- characteristic and antioxidant activities of cereals and legumes in Korea. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39 : 1399-1404.
- Munné-Bosch, S., K. Schwarz, and L. Alegre. 2001. Water deficit in combination with high solar radiation leads to midday depression of  $\alpha$ -tocopherol in field-grown lavender (*Lavandula stoechas*) plants. *Aust. J. Plant Physiol.* 28 : 315-321.
- Nieva, M. M., A. R. Sampietro, and M. A. Vattuone. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J. Ethnopharmacol.* 71 : 109-114.
- Oh, M. M., E. E. Carey, and C. B. Rajashekar. 2010. Regulated water deficits improve phytochemical concentration in lettuce. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 135 : 223-229.
- Park, H. S., M. S. Ko, J. T. Kim, K. W. Oh, and S. B. Pae. 1999. Agronomic characteristics of common millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties. *Korean J. Breed.* 31 : 428-433.
- Plamenac, N. 1988. Effects of subsurface drainage on heavy hydromorphic soil in the Nelindvor area, Yugoslavia. *Agr. Water Manage.* 14 : 19-27.
- Rice-Evans, C. A., N. J. Miller, and G. Paganga. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Sci.* 2 : 152-159.
- Scott, H.D., J. DeAngulo, M.B. Deniels, and L.S. Wood. 1989. Flood duration effect on soybean growth and yield. *Agron. J.* 81 : 631-636.
- Sofa, A., A. C. Tuzio, B. Dichio, and C. Xiloyannis. 2005. Influence of water deficit and rewatering on the components of the ascorbate-glutathione cycle in four interspecific *Prunus* hybrids. *Plant Sci.* 169 : 403-412.
- Tattini, M., C. Galardi, P. Pinelli, R. Massai, D. Remorini, and G. Agati. 2004. Differential accumulation of flavonoids and hydroxycinnamates in leaves of *Ligustrum vulgare* under excess light and drought stress. *New Phytol.* 163 : 547-561.
- Woo, K. S., M. C. Seo, J. Y. Ko, S. B. Song, J. S. Lee, J. R. Kang, D. Y. Kwak, B. G. Oh, M. H. Nam, H. S. Jeong, and J. Lee. 2011. Physicochemical characteristics of commercially available cereal crops in Korea. *J. Agr. Sci. Chungbuk Nat'l. Univ.* 27 : 40-47.
- Zobayed, S. M. A., F. Afreen, and T. Kozai. 2007. Phytochemical and physiological changes in the leaves of St. John's wort plants under a water stress condition. *Environ. Exp. Bot.* 59 : 109-116.