

메밀 유전자원 재배시기별 생육특성 및 플라보노이드 함량 비교

현도윤¹, Muhammad Rauf², 이수경¹, 고호철³, 오세종⁴, 이명철⁴, 최유미^{1*}

¹농촌진흥청 국립농업과학원 농업유전자원센터, 농업연구사, ²농촌진흥청 국립농업과학원 농업유전자원센터, 박사후연구원, ³농촌진흥청 기획조정관실, 농업연구사, ⁴농촌진흥청 국립농업과학원 농업유전자원센터, 농업연구관

Comparison of Growth Characteristics and Flavonoids Content by Different Cultivation Seasons in Buckwheat Germplasm

Do Yoon Hyun¹, Muhammad Rauf², Sukyeung Lee¹, Ho Cheol Ko³, Sejong Oh⁴,
Myung-Chul Lee⁴ and Yu-Mi Choi^{1*}

¹Researcher and ²Post-doc, National Agrobiodiversity Center, NAS, RDA, Jeonju 54874, Korea

³Researcher, Planning and Coordination Bureau, RDA, Jeonju 54875, Korea

⁴Senior Researcher, National Agrobiodiversity Center, NAS, RDA, Jeonju 54874, Korea

Abstract - In Korea, common and Tartary buckwheat are cultivated mainly in spring and fall, however the available buckwheat varieties are still very limited. In this study, we have evaluated buckwheat germplasm for agronomic traits and compared flavonoids contents in different cultivation period and collection area. In common buckwheat, the number of days from sowing to flowering was 40 and 31 days and from sowing to maturity took 90 and 69 days in spring and fall cultivation, respectively. The number of nodes and branches were higher in spring cultivation while the hundred seed weight was higher in fall cultivation. The average flavonoids contents in common buckwheat were 0.20 mg/g dry weight (DW) and 0.40 mg/g DW in spring and fall cultivation, respectively. The highest flavonoids content was detected in Jeonnam accessions with 0.29 mg/g DW and 0.43 mg/g DW during spring and fall cultivation, respectively. The flavonoids contents were varied from 1.5 to 2.5 times according to the collection area. These results suggest that the agronomic traits and flavonoids contents were vary depending on the cultivation environment and germplasm collection area. Therefore, it is necessary to select the material by considering the characteristics of the germplasm for breeding of new varieties.

Key words - Buckwheat, Cultivation season, Flavonoids, Germplasm, Growth characteristic

서 언

메밀은 마디풀과(polygonaceae)의 메밀속에 속하는 일년생 초본으로 야생종을 포함하여 20여 종이 확인되고 있다. 현재 재배되고 있는 메밀 재배종은 메밀(*Fagopyrum esculentum* Moench, 단메밀)과 타타리메밀(*Fagopyrum tataricum* Gaertn., 쓴메밀) 등 두종이 주류를 이루고 있으며, 우리나라에서는 메밀이 주로 재배되어 왔다. 전세계적으로 유럽, 미국, 캐나다, 브라질, 남아프리카 및 호주와 동아시아의 일본과 중국 중북부에서 메밀이 주로 재배되고 있다(Bonafaccia *et al.*, 2003). 타타리메밀

은 산악지역인 중국 남서부에서 재배 및 이용되고 있으며, 북부 인도, 부탄, 네팔에서는 두 종류 모두 알려져 있지만 타타리메밀은 좀더 열악한 기후 조건에서 자라고 있다(Bonafaccia *et al.*, 2003; Park *et al.*, 2005). 메밀은 동아시아나 유럽의 산간 지역이나 온대지역에서 유용한 식량작물로 재배되며 사료, 약용, 녹비 등 다용도로 이용할 수 있는 작물이다(Li and Zhang, 2001; Zeller, 2001).

메밀의 잎, 줄기, 꽃 등에 다량 함유되어 있는 rutin은 플라보노이드의 일종으로 항산화, 고혈압, 항암, 항균, 고지혈증 등에 효능이 있는 기능성 성분으로 인정받고 있다(Moon *et al.*, 1999; Park *et al.*, 2005). 메밀은 또한 비타민, 단백질, 식이섬유, 산화방지물질 등 기능성, 영양학적으로 우수한 식품 소재이다(Fabjan

*교신저자: cym0421@korea.kr

Tel. +82-63-238-4911

et al., 2003; Li and Zhang, 2001). 메밀 종실의 단백질 함량은 12~18.9% 범위로 보고되었으며, 주요 저장 단백질인 13S 글로불린의 아미노산 조성은 FAO가 권장하는 수치와 거의 일치한다(Radovic *et al.*, 1999; Rout *et al.*, 1997; Steadman *et al.*, 2001). 메밀 종실에는 prolamin의 함량이 매우 낮기 때문에 메밀 가루는 소화장애 환자를 위한 식이요법 또는 식품첨가물로 유용하게 쓰이며(Li and Zhang, 2001) 메밀 잎과 꽃은 quercetin, catechin, 그리고 잠재적인 항산화물질인 polyphenol을 다량 함유하고 있다(Luthar, 1992; Watanabe, 1998). Oomah *et al.* (1996)은 생육지역에 따라 달라지는 flavone과 항산화물질의 함량이 메밀의 rutin과 flavonoid 함량의 차이를 가져오는 중요한 요소일 수 있다고 발표했다. 타타리메밀은 또한 높은 플라보노이드, 특히 rutin 함량으로 고혈압과 같은 심혈관계 치료를 위한 약리효과가 주목받고 있으며 타타리메밀씨를 이용한 연구와 생리활성 분석도 수행되었다(Chang *et al.*, 2010; Nikitchuk, 2000).

대략 5,000 자원의 메밀 유전자원이 동아시아와 남아시아에서 수집되었고 이는 전세계 수집자원의 52%에 해당한다(Chauhan *et al.*, 2010). 세계의 타타리메밀 유전자원 중 90%는 아시아가 원산지이며 수집 또는 도입된 메밀 유전자원의 특성조사와 평가는 다양한 목적으로 이루어지고 있고 이는 이용성을 증대시키고 있다. 세계 각국의 메밀 유전자원 평가를 통해 수량성과 수량에 기여하는 형질들에서 많은 변이가 관찰되었다(Baniya *et al.*, 1995; Choi *et al.*, 1992; Rana and Sharma, 2000; Ujihara, 1983). 유전자원들은 개화일수(30-65일), 성숙일수(60-140일), 간장(50-225 cm), 주경절수(9-28개), 1차분지(1-20개), 엽길이(2.5-13.5 cm), 엽폭(2.2-12.95 cm), 1000립중(3-35 g), 개체당 종자량(1.75-124.15 g) 등 조사형질 대부분에서 다양한 범위를 나타내었다. 주요 기능성 성분인 rutin의 경우, 메밀 27 품종의 잎과 종자에서 rutin 함량의 품종간 차이와 유전력 등이 조사되었고(Kitabayashi *et al.*, 1995), 서로 다른 생태 환경의 영향뿐만 아니라 서로 다른 유전형 간에도 rutin 함량의 변이에 유의한 차이가 있음이 관찰되었다(Yan *et al.*, 2004). 인도에서 200자원의 타타리메밀 성숙종자의 rutin 함량을 조사한 결과 0.6%에서 2.0% (d. w)까지 상대적으로 많은 변이를 보였다(Chauhan *et al.*, 2010).

본 연구는 농촌진흥청 농업유전자원센터에 보존중인 메밀 유전자원을 대상으로 봄재배와 가을재배의 재배시기별 특성평가를 진행하고 수량에 관련된 형질과 플라보노이드 함량을 수집 지역별로 비교하여 메밀 신품종 육종을 위한 소재와 기초정보를 제공하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

메밀 유전자원 재배 및 특성평가

농촌진흥청 농업유전자원센터에 보존중인 메밀과 타타리메밀 총 183자원을 시험재료로 공시하여 전주 소재 농업유전자원센터 포장(35.83 N 127.06 E, 전주)에서 봄과 여름에 파종하고 특성평가를 진행하였다. 메밀 종자 파종 전 화학비료(N: P: K = 21: 17: 17)를 10a 당 20 kg 살포하고 로티리를 이용하여 고르게 경운하였다. 봄 재배와 가을 재배를 위해 각각 2017년 4월 14일과 8월 17일에 자원당 30립을 재식거리 20 cm x 40 cm로 파종하였고 자원 당 1 m의 거리를 두고 격리망을 설치하여 서로 다른 자원간 수분을 방지하였다. 파종 후 자원 당 50% 이상의 개체에서 개화하였을 때 벌과 파리를 방사하여 수분하였고 자원의 80% 이상이 성숙했을 때 수확하였다. 특성평가는 농촌진흥청 연구조사분석기준(RDA, 2012)에 준하여 개화기, 성숙기는 생육 중 달관조사, 주경절수, 총분지수는 수확기에 10개체를 대상으로 조사하였고 백립중은 수확, 건조 후 조사하였다. 대조구는 다원메밀, 양절메밀, 양절2호, 대관3-4호를 공시하였다.

수집 지역별 수량관련 형질 특성 비교

메밀 국내 수집자원 중 강원도 11자원, 경상남도 20자원, 경상북도 39자원, 전라남도 13자원, 전라북도 31자원, 충청북도 12자원 등 6개 도의 자원을 대상으로 봄, 가을 재배시기별 주경절수, 총분지수, 백립중을 비교하였다. 각 특성에 대해 수집지역 별로 분산분석(ANOVA)을 수행한 후, 다중 비교를 위해 LSD test를 진행하였다. 수집지역별 차이 정도를 확인하기 위해 통계 프로그램인 Statistix ver. 8.1 (McGraw-Hill, 2008)을 이용하여 PCA와 UPGMA 분석을 수행하였다. 각 도별 5자원을 선발하여 봄과 가을 재배시기별 수확한 종자를 35°C 건조기에서 3일간 건조 후 마쇄하여 HPLC 분석에 이용하였다.

HPLC 분석

건조된 종자 100립을 분쇄기(BL123, Tefal, Korea)를 이용하여 마쇄한 후 분말시료 100 mg을 칭량하여 2.0 ml tube에 넣고 phosphoric acid 용액 10%를 함유한 methanol 1.0 ml를 넣은 후 5분 동안 진동혼합(vortex)하고 3시간 동안 37°C 배양기에 치상 후 매 1시간마다 5분간 진동혼합한 후 원심분리(12,000 RPM, 5분, 4°C)하였다. 원심분리 후 상등액을 수거하여 syringe filter (PTFE, 0.45 µm, hydrophobic; Advantec, Tokyo, Japan)로 여

Table 1. HPLC analysis conditions for flavonoids in buckwheat seeds

HPLC	Agilent Technologies 1200 series
Column	Capcell PAK C18 column (4.6 × 250 mm, 5 μm; Shiseido, Tokyo, Japan)
Wavelength	350 nm
Injection volume	10 μl
Oven temperature	40°C
Mobile phase	Solvent A (MeOH: water: acetic acid [5: 92.5: 2.5, (v/v/v)]) Solvent B (MeOH: water: acetic acid [95: 2.5: 2.5, (v/v/v)])
Flow rate	1.0 ml/min
Gradient condition	0.0 min, solvent B 10% 27.0 min, solvent B 36% 32.0 min, solvent B 60% 35.0 min, solvent B 60% 35.1 min, solvent B 10% 40.0 min, solvent B 10%

Table 2. Number of days to flowering and maturity of buckwheat germplasm cultivated in two different seasons in 2017

Cultivation Season	Sowing date	Flowering time	No. of days to flowering	Maturity time	No. of days to maturity
Spring	04.14	05.22~06.12	39.1±4.2	07.03~07.18	90.9±7.7
Fall	08.17	09.02~09.29	31.7±3.4	10.03~11.07	69.1±12.7

과한 후 HPLC용 vial에 넣어 보관하였다. 플라보노이드 검출을 위한 HPLC 분석조건은 Table 1과 같다. 플라보노이드는 대응하는 7개 표준물질의 HPLC 피크 면적과 각 성분의 면적을 다음 식을 이용하여 정량하였으며, 각 샘플 당 3반복으로 분석한 후 평균±표준편차로 나타내었다.

$$\frac{\text{Sample Area}}{\text{STD Area}} \times \frac{0.1 \text{ mg}}{1 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ ml}}{0.1 \text{ g}}$$

$$= X \text{ mg/g dry weight (DW)}$$

결과 및 고찰

메밀 유전자원 재배시기 별 특성 비교

농촌진흥청 농업유전자원센터에 보존중인 메밀 유전자원을 2018년 봄과 여름 2회 파종하여 재배시기에 따른 생육특성을 조사하였다. 봄 재배의 경우 메밀의 개화기는 5월 하순이 대부분이었으며, 타타리메밀은 6월 상순에서 중순까지 개화하여 메밀

보다 10일 정도 늦은 개화기를 보였다. 메밀은 파종일(4월 14일)부터 약 40일, 타타리메밀은 50일 정도 소요되었으며 종실의 80%가 검은색을 띠는 성숙기는 메밀의 경우 파종일로부터 90일이 지난 7월 중순이 제일 많았다(Table 2). 가을 재배의 경우 메밀의 개화기는 대부분 파종 후 31일 후인 9월 중순으로 봄 재배보다 10일 정도 빨랐으며, 타타리메밀은 9월 하순으로 메밀보다는 늦었으나 봄 재배보다는 빠른 경향을 보였다. 가을 재배의 성숙기는 10월 하순~11월 초순으로 파종 후 평균 69일이 소요되었으며, 성숙기 역시 봄 재배보다 20일 이상이 빨랐다(Table 2). 대조품종은 봄 재배에서 개화기는 5월 하순으로 유전자원과 비슷하였으나 성숙기는 양절메밀과 다원메밀이 7월 초순으로 10일 정도 빠른 경향을 보였다. 가을 재배에서는 유전자원의 개화기, 성숙기와 비슷하였다. 개화기, 성숙기까지 소요일수는 봄 재배가 가을 재배보다 길었으며, 이는 메밀 품종의 봄 재배시 개화까지 평균 43일에서 45일, 가을 재배시 23일에서 28일까지로 보고한 Jung *et al.* (2015)의 결과와 유사했다. 일반적으로 개화기까지의 일수는 평균 기온이 높을수록 감소하며, 온도와 함께 개화에 영향을 끼치는 일장의 경우 꽃눈 형성을 위한 적정할 일

장은 10시간이라고 보고된 바 있다(Zhou *et al.*, 1995). 따라서 평균 기온이 높고 단일에 가까운 조건을 고려하면 가을 재배시 개화기가 봄 재배보다 빠르다고 할 수 있다.

수량성과 관계된 주경절수와 총분지수는 봄 재배와 가을 재배에서 많은 차이를 나타내었으며, 봄 재배시 영양생장이 왕성하여 가을 재배보다 많은 주경절수와 총분지수가 조사되었다. 봄 재배에서는 주경절수 14~17개 구간의 자원이 109자원으로 전체 자원의 60%를 차지했으며, 18개 이상인 자원도 29개가 조사되는 등 평균 15.6개로 조사되었다. 가을 재배에서는 주경절

수 10~13개 구간의 자원이 157개로 가장 많았으며 18개 이상인 자원은 없었고 평균은 11.7개였다(Fig. 1). 총분지수도 봄 재배에서 14~17개 구간의 자원이 119개로 전체의 65%였으며 18개 이상이 30개인 반면 가을 재배에서는 10~13개 구간이 가장 많은 124자원이 분포했고 18개 이상인 자원은 없었다(Fig. 1). Jung *et al.* (2015)도 봄 재배에서 보다 많은 분지수와 주경절수를 관찰하였다. 이들은 봄 재배에서 가을 재배보다 건물중이 2.5배 이상 높았다고 보고했는데, 이 결과 역시 봄 재배시 영양생장이 왕성함을 의미하며 분지수와 주경절수의 차이가 건물중 차이에 영향을 주었다고 볼 수 있다. 그러나 백립중에서는 봄 재배시 2.0~2.9 g 구간의 자원이 166개로 대부분을 차지하며 평균 2.51 g을 나타낸 반면, 가을 재배시는 70%의 자원이 3 g 이상 이었고, 17자원은 4 g을 넘는 등 평균 3.38 g으로 가을 재배에서 더 무겁게 조사되었다(Fig. 1). Jung *et al.* (2015)도 ‘양절메밀’을 대상으로 봄과 가을 재배시 천립중을 비교한 결과 각각 평균 25.2 g과 30.3 g으로 가을 재배시 더 무거운 경향을 나타내었다. 이들 결과는 분지수, 주경절수와 종자 무게 간 부(-)의 상관관계를 보여주는 것으로 영양생장 기간이 길고 왕성할수록 종자 무게는 감소함을 유추할 수 있었다. 그러나 Rana and Sharma (2000)는 44개의 메밀 유전자원을 인도에서 재배하였을 때 개화일수, 성숙일수, 분지수, 주경절수와 백립중 간 정(+)의 상관관계를 보여주었는데, 이는 재배 환경과 수집 자원의 유전적 배경에 따른 차이로 사료된다.

수집 지역별 특성 비교

메밀 유전자원을 국내 수집지별로 나누어 특성을 조사한 결과 봄 재배시 개화기까지의 평균 일수는 38에서 40일로 나타났으며, 성숙까지의 일수는 강원 수집자원이 89일로 가장 짧았고 경남 수집자원이 92일로 가장 길었다. 가을 재배에서는 개화기까지 모든 자원이 평균 31일이 소요되었고, 성숙기까지는 경북 수집자원이 66일로 가장 짧았고 충북 수집자원이 71로 가장 길었다. 재배시기별 개화기는 큰 차이가 없었으며, 성숙기는 수집 지역에 따라 최대 5일까지 차이가 나타났다. 주경절수와 총분지수는 봄, 가을 재배 모두에서 전남 수집자원이 가장 많은 것으로 조사되었다. 주경절수는 봄 재배시 전남 수집자원이 평균 18.7개로 강원, 경남, 경북, 전북, 충북 수집자원과 유의성 있는 차이를 나타내었고 가을 재배에서도 경남을 제외한 모든 지역과 유의성 있는 차이를 보였다(Table 3). 강원 수집자원은 봄, 가을 재배에서 각각 13.7개와 10.5개로 가장 낮게 조사되었고, 충북 수집자원이 14.3개와 11.3개로 역시 낮은 주경절수를 보였다.

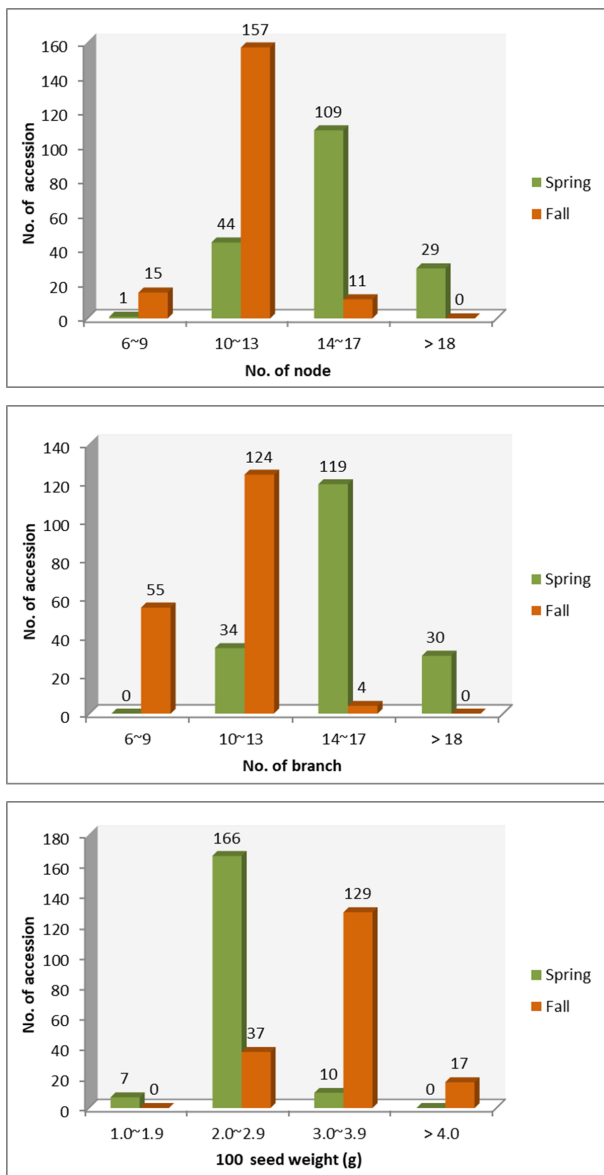


Fig. 1. Number of node and branch and 100 seed weight for buckwheat germplasm cultivated in two seasons in 2017.

Table 3. Average number of node and branch and 100 seed weight of buckwheat germplasm cultivated in two different seasons by collection area

Collection area	no. of node (ea)		no. of branch (ea)		100 seed weight (g)	
	Spring	Fall	Spring	Fall	Spring	Fall
Gangwon	13.7±4.1d ²	10.5±3.0c	14.0±4.1c	9.5±2.7d	2.63±0.7a	3.66±1.0a
Gyeongnam	16.4±4.2bc	12.1±2.9ab	16.4±4.3b	11.2±2.8b	2.59±0.6ab	3.55±0.9ab
Gyeongbuk	15.3±3.0bc	11.5±2.0bc	15.8±3.1b	10.5±1.9c	2.51±0.4abc	3.35±0.6bc
Jeonnam	18.7±5.5a	13.2±3.7a	18.9±5.6a	12.2±3.5a	2.40±0.7c	3.14±0.9c
Jeonbuk	15.7±3.7bc	11.7±2.3b	16.1±3.5b	10.7±2.2bc	2.47±0.5bc	3.25±0.7c
Chungbuk	14.3±4.0cd	11.3±3.1bc	15.1±4.2bc	10.3±2.9cd	2.60±0.7ab	3.62±1.0a

²Different letters within a column are statistically significant ($p < 0.05$, LSD).

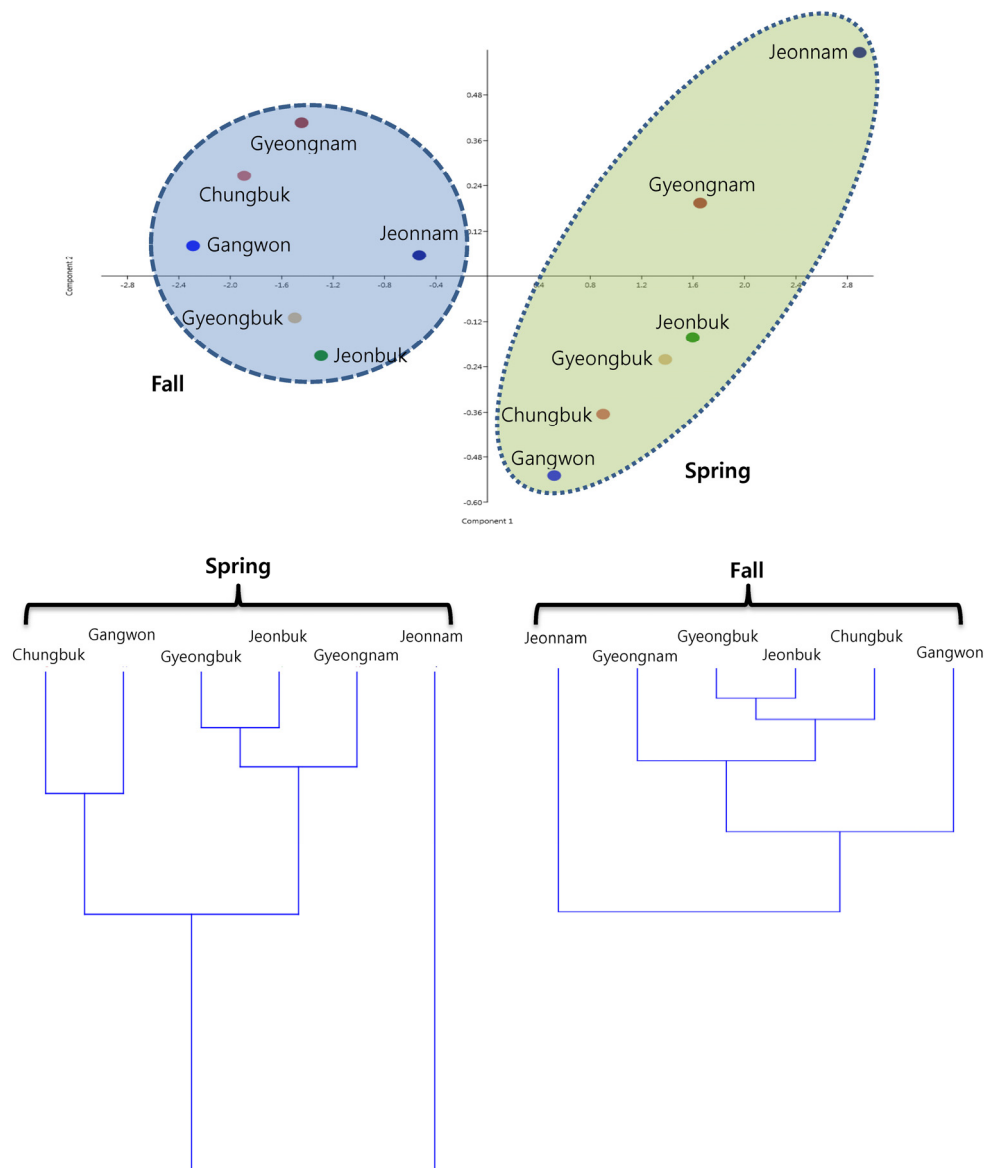


Fig. 2. PCA (top) and UPGMA (bottom) results for two cultivation seasons by collection area using three agronomic traits.

총분지수에서도 봄, 가을 재배에서 18.9개와 12.2개로 전남 수집자원이 가장 높았으며, 다른 지역과 유의성 있는 차이를 보였고, 주경절수와 마찬가지로 강원, 충북 수집자원은 제일 낮은 총분지수를 나타내었다(Table 3). 백립중은 강원 수집자원이 봄, 가을 재배에서 각각 2.63 g과 3.66 g으로 가장 높게 조사되었으며, 충북 수집자원이 2.60 g과 3.62 g으로 두 번째로 높았다. 가장 많은 주경절수와 총분지수를 보인 전남 수집자원은 반대로 가장 낮은 백립중을 나타내었으며, 봄, 가을 각각 2.40 g과 3.14 g이었다. 강원, 충북과 전남 수집자원 간에는 봄, 가을 재배에서 모두 유의성 있는 차이가 나타났다(Table 3). 이 결과들은 메밀 유전자원의 재배 시기 및 수집 지역에 따라 생육 특성 및 종자 생산이 달라짐을 의미한다.

이들 형질을 이용한 PCA 및 UPGMA 결과에서도 봄, 가을 재배 모두에서 전남 수집자원과 강원, 충북 수집자원이 가장 차이가 많이 나는 것을 확인할 수 있었다. PCA 분석에서 봄과 가을 재배가 2개의 축으로 분리되었으며 봄 재배의 자원간 분산 정도가 가을 재배보다 큰 것을 알 수 있었다(Fig. 2). 특히 전남과 강원, 충북 수집자원의 분산의 차이가 확연한 경향을 확인하였다. UPGMA 분석에서도 수집지역 간 형질에 따른 유연관계가 PCA 분석과 비슷한 경향을 보였으며 봄 재배시 가을 재배보다 수집자원 간 거리가 2배 정도의 차이를 보였다(Fig. 2). PCA와 UPGMA 결과의 재배 시기별 자원간 분산 정도와 거리 차는 봄 재배에서 형질의 변이 차이가 가을 재배보다 큰 것을 의미하며, 봄 재배가 형질간 차이에 더 많은 영향을 끼친다는 것을 시사한다.

총 플라보노이드 함량 비교

재배 시기 및 수집 지역간 메밀 유전자원의 플라보노이드 함량을 비교하기 위하여 총 7종류(chlorogenic acid, orientin, isorientin, vitexin, isovitexin, rutin, quercetin)의 플라보노이드를 분석하였다(Fig. 3). 각 수집지역 별 5자원의 플라보노이드 함량을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 봄 재배에서 0.20 mg/g DW, 가을 재배에서 0.40 mg/g DW의 플라보노이드 함량이 검출되어 봄 재배보다 가을 재배에서 2배 정도 높은 플라보노이드 함량을 확인하였다. 지역별로는 봄 재배에서 전남 수집자원의 총 함량이 0.29 mg/g DW으로 가장 높았으며, 전북 수집자원이 가장 낮은 0.16 mg/g DW을 보였다. 가을 재배에서는 강원, 경남, 전남 수집자원에서 0.43 mg/g DW으로 가장 높게 나타났고, 충북 수집자원이 0.34 mg/g DW로 가장 낮았다. 재배 시기 별 플라보노이드 함량의 차이는 수집지역에 따라 1.5배에서 2.5배까지 차이가 났으며, 봄 재배에서 가장 높은 함량을 보인 전남

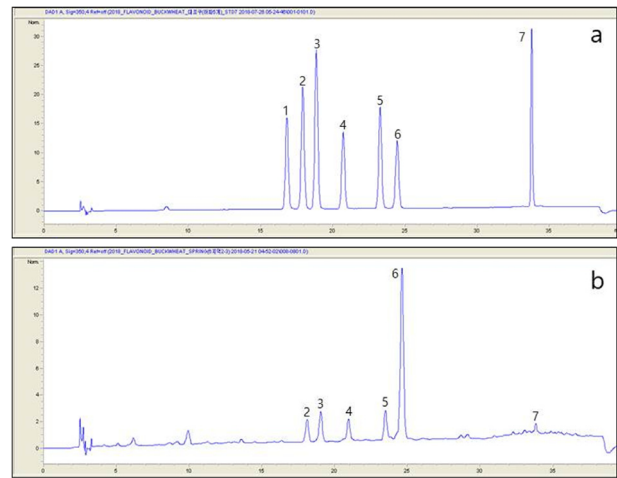


Fig. 3. HPLC profiles of flavonoids isolated from buckwheat: a, seven standards of flavonoids; b, buckwheat accession from Gyeongnam. Peak number: 1, chlorogenic acid; 2, orientin; 3, isorientin; 4, vitexin; 5, isovitexin; 6, rutin; 7, quercetin.

수집자원은 가을 재배와의 차이가 1.5배로 가장 적었고 경남 수집자원은 봄과 가을 재배간 2.5배의 가장 큰 플라보노이드 함량 차이를 보였다(Table 4). 백립중과 관련하여 흥미로운 점은 가장 낮은 백립중을 나타낸 전남 수집자원은 봄과 가을 재배 모두에서 가장 높은 플라보노이드 함량을 보였으며, 백립중이 가장 높은 지역 중 하나인 충북 수집자원에서는 봄과 가을 모두 가장 낮은 플라보노이드가 검출되었다. 백립중이 가장 높았던 강원 자원은 충북 자원과는 반대로 봄과 가을 모두에서 전남 자원을 제외하고 가장 높은 플라보노이드 함량을 보였다. 종자 백립중과 플라보노이드의 관계는 좀더 면밀한 검토 및 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

성숙 종자에서 발견되는 플라보노이드 중 대부분을 차지하는 rutin 함량은 가을 재배에서 봄 재배보다 최소 1.2배(Gangwon-1)에서 최대 3.8배(Gyeongnam-1) 이상 높게 나타났다(Table 4). 전체 조사 자원 중 전남 수집의 Jeonnam-2 자원은 유일하게 가을 재배에서 rutin 함량이 감소하였다. 메밀에서 발견되는 주요 플라보노이드는 rutin, quercetin, C-glycosylflavones (orientin, isorientin, vitexin, isovitexin)이 있으며, 봄 재배 메밀에서는 소량이지만 이들 플라보노이드가 모두 검출되었으나 가을 재배 메밀에서는 rutin과 quercetin만 검출되었다. Dietryxh-Szostak and Oleszek (1999)는 메밀 종실에서 rutin과 isovitexin 두 개의 플라보노이드만 발견하였고 껍질에서는 6개의 모든 플라보노이드를 발견하였다. 껍질이 제거된 종실의 플라보노이드 함량은 18.8 mg/100 g이었고, rutin이 95%를 차지하였다. 껍

Table 4. Rutin and total flavonoid contents (mg/g DW) of seeds in five accessions selected from each collection area by two cultivation seasons

Accession	Rutin-Spring	Rutin-Fall	Total ^z -Spring	Total-Fall
Gangwon-1	0.33±0.02	0.41±0.00	0.35±0.02	0.41±0.00
Gangwon-2	0.22±0.02	0.53±0.03	0.22±0.02	0.54±0.03
Gangwon-3	0.22±0.01	0.43±0.02	0.22±0.01	0.44±0.02
Gangwon-4	0.21±0.00	0.42±0.02	0.21±0.00	0.42±0.02
Gangwon-5	0.18±0.01	0.32±0.02	0.18±0.01	0.32±0.02
Ave.	0.23±0.10	0.42±0.17	0.24±0.10	0.43±0.17
Gyeongnam-1	0.14±0.01	0.53±0.02	0.14±0.01	0.54±0.02
Gyeongnam-2	0.16±0.00	0.44±0.00	0.16±0.00	0.45±0.00
Gyeongnam-3	0.14±0.00	0.46±0.00	0.18±0.00	0.47±0.00
Gyeongnam-4	0.21±0.00	0.38±0.04	0.23±0.00	0.39±0.04
Gyeongnam-5	0.12±0.02	0.30±0.04	0.12±0.02	0.30±0.04
Ave.	0.15±0.06	0.42±0.17	0.17±0.07	0.43±0.18
Gyeongbuk-1	0.14±0.00	0.39±0.02	0.14±0.00	0.39±0.02
Gyeongbuk-2	0.15±0.00	0.33±0.01	0.21±0.00	0.33±0.01
Gyeongbuk-3	0.25±0.00	0.46±0.00	0.26±0.00	0.46±0.00
Gyeongbuk-4	0.18±0.00	0.41±0.01	0.18±0.00	0.42±0.01
Gyeongbuk-5	0.11±0.01	0.34±0.02	0.13±0.01	0.35±0.02
Ave.	0.17±0.08	0.39±0.15	0.18±0.08	0.39±0.15
Jeonnam-1	0.35±0.02	0.48±0.02	0.35±0.02	0.49±0.02
Jeonnam-2	0.32±0.00	0.27±0.00	0.32±0.00	0.27±0.00
Jeonnam-3	0.15±0.00	0.33±0.00	0.15±0.00	0.34±0.00
Jeonnam-4	0.16±0.00	0.46±0.01	0.18±0.00	0.46±0.01
Jeonnam-5	0.44±0.03	0.60±0.02	0.44±0.03	0.61±0.02
Ave.	0.28±0.15	0.43±0.19	0.29±0.15	0.43±0.19
Jeonbuk-1	0.22±0.01	0.52±0.02	0.22±0.01	0.53±0.02
Jeonbuk-2	0.15±0.01	0.29±0.00	0.15±0.01	0.29±0.00
Jeonbuk-3	0.15±0.01	0.29±0.02	0.15±0.01	0.29±0.02
Jeonbuk-4	0.15±0.01	0.30±0.01	0.15±0.01	0.30±0.01
Jeonbuk-5	0.15±0.00	0.36±0.01	0.15±0.00	0.36±0.01
Ave.	0.16±0.07	0.35±0.15	0.16±0.07	0.35±0.16
Chungbuk-1	0.25±0.01	0.46±0.01	0.31±0.01	0.47±0.01
Chungbuk-2	0.16±0.02	0.37±0.01	0.16±0.02	0.38±0.01
Chungbuk-3	0.13±0.00	0.30±0.00	0.19±0.00	0.31±0.00
Chungbuk-4	0.15±0.00	0.19±0.00	0.15±0.00	0.19±0.00
Chungbuk-5	0.12±0.00	0.36±0.00	0.12±0.00	0.37±0.00
Ave.	0.16±0.07	0.34±0.15	0.19±0.09	0.34±0.15
Total Ave.	0.19±0.08	0.39±0.11	0.20±0.08	0.40±0.12

^zTotal of all seven flavonoids; Chlorogenic acid, orientin, isoorientin, vitexin, isovitexin, rutin and quercetin.

질에서는 74 mg/100 g의 함량을 보였고 rutin이 45%를 차지하였다. Kitabayashi *et al.* (1995)은 메밀 품종들에서 12.6에서 35.9 mg/100 g의 rutin 함량을 보고하였다. Kim *et al.* (2008)은 껍질을 포함한 종실에서 0.2 mg/g의 rutin과 극히 미량의 vitexin, isovitexin을 검출하였고, 껍질을 제거한 종실에서는 0.2 mg/g의 rutin만 검출된 결과를 보고하였다. 이들 결과들은 비록 메밀 종실에서 플라보노이드를 측정하더라도 재배 환경과 시료 상태, 재료의 차이에 따라 플라보노이드 함량에 많은 차이가 있음을 보여 준다. Yan *et al.* (2004)은 메밀의 유전형에 따른 rutin 함량의 차이뿐만 아니라 서로 다른 환경에서도 rutin 함량에 유의성 있는 차이가 있음을 관찰하였다. 따라서 봄과 가을 재배 메밀간에도 비록 같은 자원을 사용했더라도 재배 환경이 플라보노이드 축적에 많은 영향을 끼쳤다고 사료된다. 특히, 본 연구에서 비록 극미량이라도 봄 재배 후 수확한 종실에서만 C-glycosylflavones가 검출된 것은 메밀의 재배시기가 플라보노이드 축적에 중요한 요인임을 시사하고 있다. 더불어, 플라보노이드의 대부분을 차지하는 rutin 함량을 고려할 때, 메밀의 가을 재배에서 더 많은 rutin 함량을 갖는 종자를 확보할 수 있음을 확인하였다. 이들 결과를 종합할 때 메밀 품종 육종시 유전자의 재배시기별 특성과 플라보노이드 함량을 고려한 재료선발이 필요할 것으로 생각된다. 재배시기와 수집 지역에 따른 특성평가와 플라보노이드 함량을 비교한 이들 연구결과와 자원들은 향후 국내 수집 메밀 유전자원을 활용한 고기능성 메밀 품종 육성 및 플라보노이드 축적 관련 기작 연구에 유용한 재료가 될 것이다.

적 요

본 연구는 메밀 유전자의 재배시기별 농업특성과 플라보노이드 함량을 수집 지역별로 비교하여 메밀 신품종 육성을 위한 소재와 기초정보를 제공하기 위해 수행되었다. 메밀의 개화기와 성숙기는 봄 재배에서는 파종일로부터 각각 40일과 90일이 소요되었으며, 가을재배에서는 31일과 69일로 가을 재배시 더 빠른 개화기와 성숙기를 보였다. 수량성과 관계된 주경절수와 총분지수 조사결과 봄 재배시 주경절수는 평균 15.6개, 가을 재배시 11.7개였고, 총분지수는 봄 재배에서 15.9개, 가을 재배에서 10.6개로 조사되어 봄 재배시 영양생장이 왕성함을 알 수 있었다. 그러나 백립중은 가을 재배시 평균 3.38 g으로 봄 재배의 2.51 g보다 더 무겁게 조사되었다. 수집지역별 특성을 조사한 결과 주경절수와 총분지수는 봄, 가을 재배 모두에서 전남 수

집자원이 가장 많은 것으로 확인되었으며, 강원 수집자원이 가장 낮게 조사되었다. 백립중은 강원 수집자원이 봄, 가을 재배에서 각각 2.63 g과 3.66 g으로 가장 높았으며 전남 수집자원은 반대로 가장 낮은 백립중인 2.40 g과 3.14 g을 나타내었다. 이 결과들은 메밀 유전자의 재배 시기 및 수집 지역에 따라 생육 특성 및 종자 생산이 달라짐을 의미한다. 메밀 플라보노이드 함량을 조사한 결과 봄 재배에서 0.20 mg/g DW, 가을 재배에서 0.40 mg/g DW의 플라보노이드 함량이 검출되어 봄 재배보다 가을 재배에서 2배 정도 높은 플라보노이드 함량을 확인하였다. 성숙 종자의 대부분을 차지하는 rutin 함량은 가을 재배에서 봄 재배보다 최소 1.2배에서 최대 3.8배 이상 높게 나타났다. 이는 봄과 가을 재배 시 비록 같은 자원을 사용했더라도 재배 환경이 플라보노이드 축적에 많은 영향을 주었으며, 재배 시기가 플라보노이드 축적에 중요한 요인임을 시사한다. 이들 결과를 종합할 때 메밀 품종 육성 시 유전자의 재배시기별 특성과 플라보노이드 함량을 고려한 재료선발이 필요할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 농업과학기술연구 개발사업(과제번호 PJ012478)의 지원에 의해 이루어졌습니다.

References

- Baniya, B.K., D.M.S. Dongol and N.R. Dhungel. 1995. Further characterization and evaluation of Nepalese buckwheat (*Fagopyrum* spp.) landraces. Proceedings of 6th International Symposium on Buckwheat, Shinshu, Japan. pp. 295-304.
- Bonafaccia, G., M. Marocchini and I. Kreft. 2003. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. Food Chemistry 80:9-15.
- Chang, K.J., G.S. Seo, Y.S. Kim, D.S. Huang, J.I. Park, J.J. Park, Y.S. Lim, B.J. Park, C.H. Park and M.H. Lee. 2010. Components and biological effects of fermented extract from tartary buckwheat sprouts. Korean J. Plant Res. 23:131-137 (in Korean).
- Chauhan, R.S., N. Gupta, S.K. Sharma, J.C. Rana, T.R. Sharma and S. Jana. 2010. Genetic and genome resources in buckwheat – present status and future perspectives. The European Journal of Plant Science and Biotechnology 4:33-44.
- Choi, B.H., K.Y. Park and R.K. Park. 1992. Buckwheat genetic resources in Korea: In Proceedings of the Buckwheat Genetic

- Resources in East Asia. IBPGR Workshop, Ibaraki, Japan, 1991. International Crop Series No. 6. IBPGR, Rome. pp. 45-52.
- Dietrych-Szostak, D. and W. Oleszek. 1999. Effect of processing on the flavonoid content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grain. J. Agric. Food Chem. 47:4384-4387.
- Fabjan, N., J. Rode, I.J. Kosir, Z. Wang, Z. Zhang and I. Kreft. 2003. Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercitrin. J. Agric. Food Chem. 51:6452-6455.
- Jung, G.H., S.L. Kim, M.J. Kim, S.K. Kim, J.H. Park, C.G. Kim and S. Heu. 2015. Effect of sowing time on buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) growth and yield in central Korea. J. Crop Sci. Biotech. 18:285-291.
- Kim, S.J., I.S.M. Zaidul, T. Suzuki, Y. Mukasa, N. Hashimoto, S. Takigawa, T. Noda, C. Matsuura-Endo and H. Yamauchi. 2008. Comparison of phenolic compositions between common and tartary buckwheat (*Fagopyrum*) sprouts. Food Chemistry 110:814-820.
- Kitabayashi, H., A. Ujihara, T. Hirose and M. Minami. 1995. On the genotypic differences for rutin content in tartary buckwheat, *Fagopyrum tataricum* Gaertn. Breeding Science 45:189-194.
- Li, S. and Q.H. Zhang. 2001. Advances in the development of functional foods from buckwheat. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 41:451-464.
- Luthar, Z. 1992. Phenol classification and tannin content of buckwheat seeds. Fagopyrum 12:36-42.
- McGraw-Hill, C. 2008. Statistix 8.1 (Analytical Software, Tallahassee, Florida). Maurice/Thomas text (ISBN: 0073402818). Analytical Software, Tallahassee, USA.
- Moon, T.C., J.O. Park, K.W. Chung, K.H. Son, H.P. Kim, S.S. Kang, H.W. Chang and K.C. Chung. 1999. Anti-inflammatory activity of the flavonoid components of *Lonicera japonica*. Yakhak Hoeji 43:117-123 (in Korean).
- Nikitchuk, A.V. 2000. Spreading and using of tartary buckwheat in the world: *In* Collected Scientific Articles of Podilska State Agrarian and Engineering Academy (PSAEA), Kamyanets, Podilsky 8:125-127.
- Oomah, B.D., C.G. Campbell and G. Mazza. 1996. Effects of cultivar and environment on phenolic acids in buckwheat. Euphytica 90:73-76.
- Park, B.J., J.I. Park, K.J. Chang and C.H. Park. 2005. Comparison in rutin content of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*). Korean J. Plant Res. 18:246-250 (in Korean).
- Park, B.J., S.M. Kwon, J.I. Park, K.J. Chang and C.H. Park. 2005. Phenolic compounds in common and tartary buckwheat. Korean J. Crop. Sci. 50:175-180 (in Korean).
- Radovic, S.R., V.R. Maksimovic and E.I. Varkonji-Gasic. 1999. Characterization of buckwheat seed storage proteins. J. Agric. Food Chem. 44:972-974.
- Rana, J.C. and B.D. Sharma. 2000. Variation, genetic divergence and interrelationship analysis in buckwheat. Fagopyrum 17:9-14.
- RDA. 2012. Standard protocol of research method and analysis. Rural Development Administration, Suwon, pp. 396-400.
- Rout, M.K., N.K. Chrungoo and K.S. Rao. 1997. Amino acid sequence of the basic subunit of 13S globulin of buckwheat. Phytochemistry 45:865-867.
- Steadman, K.J., M.S. Burgoon, B.A. Lewis, S.E. Edwardson and R.L. Obendorf. 2001. Buckwheat seed milling fraction: description, macronutrient composition and dietary fibre. Journal of Cereal Science 33:271-278.
- Ujihara, A. 1983. Studies on the ecological features and the potentials as breeding materials of Asian common buckwheat varieties (*Fagopyrum esculentum* M.). Ph.D. thesis, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Japan.
- Watanabe, M. 1998. Catechins as antioxidants from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) groats. J. Agric. Food Chem. 46:839-845.
- Yan, C., F. Baili, H. Yin-gang, G. Jinfeng and G. Xiaoli. 2004. Analysis on the variation of rutin content in different buckwheat genotypes. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat, Prague, pp. 688-691.
- Zeller, F. 2001. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench): Utilization, genetics, breeding. Bodenkultur 52:259-276.
- Zhou, N., X.L. Hao, G.Z. Li, W.D. Yang, R.F. Lin and M.D. Zhou. 1995. Study on some problems concerning the light duration reaction of buckwheat – Third report of the light reaction difference of buckwheat varieties. Proceedings of 6th International Symposium on Buckwheat, Shinshu, Japan. pp. 551-562.

(Received 8 August 2018 ; Revised 28 September 2018 ; Accepted 24 October 2018)