

국내 팥 품종의 일조시간과 기온 차이에 따른 수량성 및 항산화 특성

오선민^{1,§} · 장지선^{2,§,†} · 박권서³ · 강영식² · 이점식⁴ · 송석보⁵ · 윤덕상³ · 김재윤⁶

Yield and Antioxidant Properties of Korean Adzuki Bean (*Vigna angularis* L.) Cultivars Under Different Air Temperatures and Sunshine Hours

Seon-Min Oh^{1,§}, Jisun Jang^{2,§,†}, Kwonsoe Park³, Youngsik Kang², Jeom-Sig Lee⁴, Suk-Bo Song⁵, Tugsang Yun³, and Jae Yoon Kim⁶

ABSTRACT This study investigated the antioxidant and yield properties of eight adzuki bean (*Vigna angularis* L.) cultivars grown under different mean temperatures and sunshine hours in 2020 and 2021. Compared to 2021, which had a normal mean temperature, 2020 showed a lower mean temperature during the pod-extension and grain-filling periods. In addition, due to frequent rainfall during the vegetative period in 2020, there were fewer hours of sunshine in 2020 than in 2021. The adzuki bean yield was approximately 13% lower in 2020 than in 2021 due to the decreased number of pods per plant and 100-seeds weight. ‘Hongda’ and ‘Hongjin’ cultivars showed more stable yields than the ‘Arari’ variety, which is the most commonly cultivated variety in Korea. Moreover, the ‘Hongda’ and ‘Hongjin’ cultivars had higher yields than the ‘Arari’ variety in both years. Compared to 2021, in 2020, when the weather conditions were unfavorable, both antioxidant levels and activity were higher. ‘Hongda’ had higher antioxidant levels and activity than the other cultivars over the 2 years. These results suggest that the antioxidant levels and activity were good in 2020, with an approximately 13% decrease in yield compared to 2021, which was a normal year with respect to mean temperature and sunshine hours.

Keywords : adzuki bean, antioxidant, cultivar, sunshine hours, temperature

팥(*Vigna angularis* L.)은 전 세계 생산량의 대부분을 중국, 일본, 한국 등 동아시아 3개국에서 재배되고 있으며, 단백질 을 공급하는 중요한 두과작물이다(Rho *et al.*, 2003; Sacks, 1977). 우리나라에서 팥 재배면적은 2020년 4,931 ha로 콩 다음으로 많이 재배되고 있다(MAFRARK, 2021).

팥의 영양성분은 단백질이 약 20%, 지방이 약 1%, 탄수

화물이 약 60%로 콩과 비교해 지방함량은 낮지만 탄수화물 함량은 높다(Song *et al.*, 2011). 팥은 주로 팥죽과 팥밥 등으로 이용되며, 이외에도 떡이나, 제과 및 제빵의 앙금 등의 속 재료로 사용되고 있다(Kim *et al.*, 2003). 팥의 이용 확대를 위해 다양한 품종개발 및 건강 기능성에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 국내 팥 개발품종은 2020년

[§]These authors contributed equally to this work.

¹농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 박사후연구원 (PhD. Researcher, Department of Central Area Crop Science, NICS, RDA, Suwon 16613, Korea)

²충청남도농업기술원 농업연구사 (Junior Research Scientist, Chungcheongnam-do Agricultural Research & Extension Services, Yesan 32418, Korea)

³충청남도농업기술원 농업연구관 (Senior Research Scientist, Chungcheongnam-do Agricultural Research & Extension Services, Yesan 32418, Korea)

⁴농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 농업연구관 (Senior Research Scientist, Department of Central Area Crop Science, NICS, RDA, Suwon 16613, Korea)

⁵농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 농업연구관 (Senior Research Scientist, Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Miryang 50424, Korea)

⁶국립공주대학교 식물자원학과 교수 (Professor, Kongju National University, Yesan 32439, Korea)

[†]Corresponding author: Jisun Jang; (Phone) +82-41-635-6058; (E-mail) jisun6708@korea.kr

<Received 6 June, 2022; Revised 9 August, 2022; Accepted 11 August, 2022>

기준 아라리, 홍미인 등 총 21개 품종으로 종피색이 적색, 검은색, 녹색, 흰색 등 매우 다양하다(RDA & NICS, 2022). 더불어 건강 기능성에 대해 팔에는 비타민 B1을 포함한 칼륨, 마그네슘 등의 무기질 및 아미노산이 풍부하게 함유되어 있다(Hsieh *et al.*, 1992). 따라서 쌀과 혼반 할 경우, 팔의 비타민 B1과 라이신은 쌀밥에 부족하기 쉬운 비타민과 필수아미노산을 공급해 준다. 팔의 생리활성 효과에 대해 항당뇨(Facchini & Saylor, 2003), 항비만(Kitano-Okada *et al.*, 2012) 및 혈압상승 억제(Sato *et al.*, 2008) 등이 보고되었으며, 그 이외에 다양한 기능성 성분의 효능에 관한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 팔의 항산화 성분은 페놀산(phenolic acids)이나, 플라보노이드 배당체(flavonoid aglycone) 및 색소 성분인 안토시아닌 전구체(proanthocyanins) 등이 알려져 있다(Amarowicz *et al.*, 2008). 이러한 성분들은 품종 간(Sung *et al.*, 2020), 추출 및 가열처리 방법 간(Lee *et al.*, 2014), 토양수분과 재식거리 등 재배방법 간(Chun *et al.*, 2017; Woo *et al.*, 2016)에 따라 항산화 함량이나 활성에서 차이가 있다고 보고된 바 있다.

최근 다양한 팔의 생리활성 및 항산화 활성 등이 알려지면서 건강을 생각하는 소비자의 팔에 대한 수요는 증가할 것이다. 따라서 팔의 재배 확대를 위해 지역 및 가공 용도에 적합한 품종선발이나, 재배기술 보완 등이 수행되어야 할 것이다. 팔은 콩과 비교해 수량은 낮으나, 기후 및 토양에 적응성이 양호하여 작부체계에 유용하게 이용될 수 있다고 하였다(Rho *et al.*, 2003). 팔의 전 생육에 알맞은 주간과 야간 평균기온은 20°C로 알려져 있다(RDA, 2018). 개화기 때 가장 알맞은 기온은 24°C이며, 16°C 이하에서는 꽃눈 분화가 영향을 받아 꽃과 꼬투리가 줄어든다고 하였다. 그 이외에 국내에서 팔의 생육과 기상 조건인 온도, 일사량 및 일조시수 등에 대한 선행연구는 미흡한 수준이다. 반면 벼의 생육과 기상 조건과의 선행연구를 검토한 결과 Lee *et al.* (2013)은 쌀 수량과 품질은 온도 중에서 특히, 등숙기 평균기온에 의해 크게 영향을 받았고(Yun & Lee, 2000; Choi *et al.*, 2011), 일교차가 없는 항온등숙 조건(낮과 밤의 온도 22°C/22°C)에서는 아밀로스 함량은 낮았고, 단백질함량은 높았다. 반면 일조시간이 부족하면 현미천립중이 낮아진다고 하였다(Choi *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 1996). 따라서 평균기온과 일조시간은 동화산물 생산량을 증가시키고, 일교차는 등숙 초기에 동화산물 축적량을 증가시킨다고 리뷰 하였다. 본 연구는 최근에 개발한 8개 팔 품종을 공시하여 평년 기상 조건인 2021년 대비 잦은 강우로 인해 평균기온이 낮았고, 일조시간이 적었던 2020년의 수량성 및 항산화 특성을 비교분석 하여 이에 대한 기초자료를 제공하고자 수

행하였다.

재료 및 방법

기상자료 분석

기상자료는 본 시험이 이루어진 충청남도농업기술원 시험포장과 가장 가까운 기상청 천안기상대(약 27km)의 기상자료를 이용하여 2020년과 2021년의 일별 기온, 일교차, 일조시간 및 강수량 자료를 활용하여 분석하였다.

시험재료 재배

팔 재배는 농촌진흥청 표준재배법(RDA, 2018)에 따라 충청남도농업기술원에서 아라리, 검수슬 등 8개 품종을 공시하였다. 파종은 흑색 폴리에틸렌(Polyethylene, PE) 필름으로 멀칭한 후 2020년도는 7월 2일에, 2021년도는 7월 6일에 하였다. 파종량은 5~7 kg/10a로 이는 포기당 2~3립 정도이며, m²당 40~70개체가 유지되도록 하였고, 재식거리는 60×10 cm이었다. 시비량은 10a당 복합비료(N-P₂O₅-K₂O (kg/10a) : 8-14-12) 50 kg을 전량 기비로 시용하였다. 팔의 생육특성 및 수량 조사는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2012)에 준하여 개화기, 경장, 도복, 수량구성요소 및 수량을 2개년 간 같은 방법으로 조사하였다. 수확은 3회에 걸쳐 실시하였으며, 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

종실의 이화학 특성 분석

팔 종실의 일반성분은 AOAC법(2000)에 따라 수분, 조회분, 조단백 및 조지방을 각각 상압가열 건조법, 직접회화법, Micro-kjeldahl법 및 Soxhlet법을 이용하여 분석하였다(Oh *et al.*, 2021). 팔의 아밀로스 함량은 I₂KI를 이용한 비색법을 통해 측정하였다(Juliano, 1985). 팔의 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 명도를 나타내는 L값(brightness), 적색도를 나타내는 a값(redness), 황색도를 나타내는 b값(yellowness)으로 나타내었다.

팔 추출물 제조

분쇄한 팔 5 g을 80% 에탄올 50 mL에 현탁시켜 밀봉 후 30°C의 항온수조에서 24시간 추출하였으며, 원심분리 및 감압여과를 거쳐 팔 추출물을 얻었다. 수득된 추출물을 4°C에서 보관하면서 팔의 항산화 특성을 분석에 사용하였다.

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량은 Park *et al.* (2016)의

방법에 따라 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent를 이용한 비색법으로 측정하였다. 추출물 10 µL에 2% Na₂CO₃ 용액 200 µL를 가한 후 3분간 반응시킨 뒤 50% Folin-Ciocalteu phenol reagent 10 µL를 첨가하여 27분 동안 반응시켰다. 반응액의 흡광도를 750 nm에서 측정하였으며 Gallic acid를 표준물질로 하여 총 폴리페놀 함량을 mg gallic acid equivalent (GAE)/g dried sample로 나타내었다.

플라보노이드 함량은 다음의 방법으로 측정하였다. 추출물 25 µL에 증류수 100 µL과 5% NaNO₂ 용액 7.5 µL를 첨가한 뒤 5분간 반응시켰다. 그 후, 10% AlCl₃·6H₂O 15 µL를 넣고 6분간 다시 반응시켰으며, 이어서 1 M NaOH 용액 50 µL를 첨가하고 11분 뒤 510 nm에서 흡광도 측정하였다. Catechin을 표준물질로 하여 플라보노이드 함량을 계산하였으며 이를 mg catechin equivalent (CE)/g dried sample로 나타내었다.

항산화 활성 분석

팥 추출물의 항산화활성 분석은 DPPH 및 ABTS 유리라디칼 소거능으로 측정하였다(Park *et al.*, 2016). ABTS 라디칼 소거능은 7 mM ABTS와 2.4 mM Potassium persulfate를 혼합하고 암실에서 12시간 반응시켜 ABTS 라디칼 생성을 수행하였다. ABTS 용액은 735 nm에서 흡광도값이 1.4-1.5가 되도록 증류수로 희석하여 사용하였다. 시료 20 µL에 ABTS 용액 200 µL를 가한 후 30분 후에 735 nm에서 흡광도를 측정하였으며 표준물질로는 Vitamin C를 사용하여 분석 결과를 mg vitamin C equivalent (VCE)/g dried sample로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능은 추출물 20 µL에 0.2 mM DPPH 용액 200 µL를 첨가하여 혼합하여 준 뒤 상온에서 30분 반응 후 525 nm에서 흡광도를 측정하여 구하였다. Vitamin C를 표준물질로 사용하였으며 분석 결과를 mg vitamin C equivalent (VCE)/g dried sample로 나타내었다.

통계분석

통계분석은 SPSS (v13.0)을 이용하여 2020년 및 2021년에 동일한 8개 품종에 대하여 쌍을 이룬(paired-samples) T-test로 유의성 검정은 p<0.05, p<0.01 수준에서 실시하였다. T-검정을 위한 8개 팥 품종의 수량과 수량구성요소, 일반성분 및 항산화 활성은 난괴법 3반복으로 수행한 성적의 평균한 값을 이용하였다.

결과 및 고찰

연차 간 기상 조건 비교

팥의 생육단계는 일반적으로 유묘기, 신장기, 개화기, 협신장기 및 등숙기 등 5개 생육단계로 구분한다(RDA, 2018). 한 개 품종이라면 5개 생육단계로 정확하게 구분할 수 있으나, 공시한 8개 품종 간 개화기 차이 등 생육단계 차이로 인해 5개 생육단계로 분류하기는 현실적으로 어려웠다. 그래서 생육단계는 유묘기와 신장기를 합쳐서 영양생장기로, 개화기는 그대로, 협신장기와 등숙기를 합쳐서 협신장 및 등숙기 등 3단계로 분류하였다. 다만 개화기는 꽃이 핀 기간만을 한정하였기 때문에 영양생장기에 일부 생식생장인 꽃눈형성 기간이 포함되어 있다.

천안기상대의 기상자료를 이용하여 2020년과 2021년도의 기온, 일교차, 일조시간 및 강수량을 분석한 결과는 Tables 1 및 2와 같다. 평균기온은 2021년 대비 2020년의 영양생장기와 협신장 및 등숙기는 각각 3.5°C와 2.2°C 낮았으나, 반면 개화기는 3.3°C 높았다. 최고기온과 최저기온도 연차간 차이가 평균기온과 비슷한 경향이였다. 최고기온과 최저기온의 차이인 일교차는 2021년 대비 2020년은 영양생장기에 4°C 낮았으나, 그 이외는 비슷하였다. 특히 일조시간은 2021년 대비 2020년은 영양생장기에 189시간(31일 동안) 적었다. 이는 2020년에 잦은 강우로 인해 일조시간이 현저히 적은 것에 기인한 것으로 분석되었다(Table 2). 영양생장기의 하루 중 일조시간은 2020년은 2시간도 채 안 되는 1.8시간이었고, 2021년은 평년 수준인 7.9시간이었다. 즉 2020년의 기상은 영양생장기에 대부분 흐리거나, 잦은 강우 조건이었다. 이상의 연차간 기상 조건을 요약하면, 평년 수준인 2021년 대비 2020년은 잦은 강우로 인해 영양생장기 일조시간이 약 4배 적었고, 영양생장기와 협신장 및 등숙기에 평균기온이 각각 3.5°C와 2.2°C 낮았다(Tables 1과 2).

연차 간 생육 및 수량성 비교

평년 기상 조건인 2021년 대비 평균기온이 2~3°C 낮았고 일조시간이 4배 적었던 2020년의 개화기, 성숙기 및 생육 특성은 Table 3과 같다. 연차간 성숙기, 경장 및 도복은 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 성숙기는 2021년 대비 2020년은 평균 22일 늦었으나, 개화기는 오히려 수치상으로 2일 빠른 경향이였다. 이는 연차간 파종기가 2020년에는 7월 2일에, 2021년에는 7월 6일로 파종기 차이에 기인한 결과로 생각된다. 이론적으로 파종기가 같았다면, 개화기는 오히려 2021년 대비 2020년은 평균 2일 정도 늦었을 것으로 추론된다. 팥의 개화기 때 가장 적합한 온도는 24°C이고, 전

Table 1. Comparison of air temperature during adzuki bean growth period between 2020 and 2021.

Growth stage	Period (month. day)	Air temperature (°C)								
		Mean			Maximum			Minimum		
		2020	2021	Difference ¹	2020	2021	Difference	2020	2021	Difference
Vegetative	Jul. 11 ~ Aug. 10	23.5	27.0	-3.5	26.7	32.2	-5.6	20.9	22.4	-1.5
Flowering	Aug. 11 ~ Aug. 31	26.6	23.3	3.3	31.2	27.6	3.6	23.0	19.9	3.1
Pod and grain filling	Sep. 1 ~ Oct. 10	18.6	20.8	-2.2	24.0	25.9	-1.9	14.0	16.7	-2.7

¹The difference is 2020 minus 2021.

Table 2. Comparison of daily range and sunshine hours during adzuki bean growth period between 2020 and 2021.

Growth stage	Period (month. day)	Daily range (°C)			Sunshine hours (hr)			Rainfall amount (mm)		
		2020	2021	Difference	2020	2021	Difference	2020	2021	Difference
		Vegetative	Jul. 11 ~ Aug. 10	5.8	9.8	-4.0	55	244	-189	681
Flowering	Aug. 11 ~ Aug. 31	8.2	7.7	0.5	112	71	41	153	187	-34
Pod and grain filling	Sep. 1 ~ Oct. 10	10.1	9.2	0.8	237	211	26	186	285	-99

Table 3. Comparison of heading date and growth characteristics in eight adzuki bean cultivars between 2020 and 2021.

Cultivar	Seed coat color	Flowering date		Maturity date		Stem height (cm)		Lodging (1-9)	
		2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
		Arari	Red	8.18	8.22	10.14	9.21	63	42
Geomguseul	Black	8.22	8.23	10.18	9.28	70	65	3	1
Yeonduchae	Green	8.12	8.16	10.13	9.28	75	61	5	3
Haeoreum	Red	8.13	8.16	10.12	9.24	65	57	3	3
Hongda	Red	8.13	8.15	10.14	9.19	76	47	3	3
Hongeon	Red	8.10	8.04	10.10	9.16	59	48	3	1
Hongjin	Red	8.18	8.22	10.14	9.21	70	41	3	3
Huinguseul	White	8.27	8.30	10.27	10.07	63	52	3	3
Average	-	8.17	8.19	10.15	9.23	68	52	3.3	2.5
Difference	-	-0.02 ^{ns}		22.0 ^{**}		16 ^{**}		-0.8 [*]	

*,** Significant at 5% and 1% levels, respectively, ns : not significant by paired-samples T-test.

생육에 알맞은 주간과 야간 평균 온도는 20°C로 알려져 있다(RDA, 2018). 연차간 평균기온은 2021년 대비 2020년은 영양생장기와 협신장 및 등숙기에 낮았으나, 개화기에는 높았다(Table 1). 개화기 때 평균기온이 높았던 것 또한 출수기를 당기는 데 기인하였을 것으로 생각된다. 2021년 대비 2020년에 경장이 길었던 것은 영양생장기에 저온 및 일조시간 부족으로 인해 웃자람에 기인한 것으로 추론되며, 이로 인해 도복이 더 많이 발생하였다. 반면 식물체가 땅에 닿을 만큼의 포장 도복은 발생하지 않았다.

연차간 수량구성요소 및 수량은 Table 4와 같다. 팔 수량은 2021년 3.11 MT/ha 대비 2020년은 2.72 MT/ha로 약 13% 감소하였다. 연차간 수량구성요소의 차이를 분석한 결과, 2020년에 개체당 협수가 12개 적었고, 100립중이 1.0 g 감소하였다. 반면 협당 립수는 2.9개 많았던 것에 기인한 결과였다. 이러한 원인은 2021년 대비 2020년에 영양생장기에 평균기온이 낮았고, 일조시간이 짧아 협 생성에 불리한 기상 조건이었고, 더불어 협신장 및 등숙기에 평균기온이 낮아 100립중 증가에 불리한 기상 조건이었던 것에 기인한 결

Table 4. Comparison of yield and yield components in eight adzuki bean cultivars between 2020 and 2021.

Cultivar	No. of pods per plant		No. of seeds per pod		100 seeds weight (g)		Yield (MT/ha)			Yield index (%)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	CV(%)	2020	2021
Arari	17	32	7.6	5.0	15.5	15.9	2.28	2.77	13.7	100	100
Geomguseul	23	35	7.8	5.1	12.9	13.6	2.65	3.35	16.5	116	121
Yeonduchae	23	39	8.5	5.7	9.8	11.9	2.36	3.57	28.9	104	129
Haeoreum	22	29	8.1	5.5	17.0	17.1	3.87	2.56	28.9	170	92
Hongda	25	30	9.2	6.0	10.9	12.9	2.77	3.16	9.2	122	114
Hongeon	21	35	8.4	4.9	13.3	15.8	2.45	3.07	16.0	108	111
Hongjin	24	36	8.2	5.3	16.4	16.0	2.83	2.95	2.9	124	106
Huinguseul	21	37	9.2	6.1	15.4	15.9	2.56	3.43	20.5	112	124
Average	22	34	8.4	5.4	13.9	14.9	2.72	3.11	-	119	112
Difference	-12**		2.9**		-1.0*		-0.39**			7.2 ^{ns}	

*, ** Significant at 5% and 1% levels, respectively, ns : not significant by paired-samples T-test.

과로 생각된다. 벼의 경우 등숙기에 평균기온과 일조시간은 1,000립중이나, 등숙비율 증가 등 동화산물 생산량을 증가시킨다는 보고가 있다(Choi *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 1996; Lee *et al.*, 2013). 전국적으로 아라리 품종이 가장 많이 재배되고 있으며, 소비자들은 대부분의 팥은 적색으로 인식하고 있다(Song *et al.*, 2019). 반면 최근에 팥의 건강 기능성 식품뿐만 아니라 다양한 색을 이용한 장식이나, 천연색소 및 팥앙금에 기존의 적색 앙금뿐만 아니라 흰색 앙금 또는 녹색 앙금 등 이용 확대를 위해 검은색, 녹색, 흰색 등 다양한 팥 품종들을 개발하고 있다(RDA & NICS, 2022). 따라서 본 시험은 적색 종피인 아라리 품종을 대비로 최근에 개발된 품종 중에서 종피색이 적색인 해오름, 홍다, 홍언, 홍진 등 4개 품종을, 검은색인 검구슬 1개, 녹색인 연두채 1개, 흰색인 흰구슬 1개 등 7개 품종을 공시하였다(Table 4). 공시한 7개 품종 모두 팥 수량이 아라리 품종보다 높았던 것은 공시품종 선정 시에 수량이 높았던 품종들을 우선 고려한 것에 기인한 결과로 사료된다. 기존 품종을 새로운 품종으로 대체하기 위해서는 우선 수량이 높은 것이 중요한 고려 요인이며, 더불어 연차간 수량 안정성 또한 중요하게 고려되고 있다. 따라서 공시품종의 연차간 수량의 변이계수(Coefficient of Variation, CV)를 분석한 결과, 적색 팥 중에서는 대비품종인 아라리 13.7%보다 홍다 9.2%, 홍진 2.9%로 변이계수가 작아 연차간 수량 안정성이 높은 품종이었다. 반면 해오름의 경우 변이계수가 28.9%로 연차간 수량의 변이가 가장 큰 품종이었다. 그 이외의 품종들의 변이계수는 검구슬 16.5%로 아라리와 비슷하였으나, 반면 녹색인 연두채와 흰색인 흰구슬은 각각 28.9% 및 20.5%로 두 품종 모두 연차간 수량의 변이 컸다.

연차 간 일반성분 및 종피색의 색차 비교

공시한 팥 품종들의 연차간 수분, 조회분, 조지방, 조단백질, 아밀로스 함량 등은 Table 5와 같다. 이들 성분 함량의 범위는 조회분 3~4%, 조지방 1%, 조단백질 19~22%, 아밀로스 14~16%로 선행연구에서 보고된 바와 같이 유사한 범위였다(Song *et al.*, 2011; Oh *et al.*, 2021). 연차 간에 수분함량, 조회분 함량, 조지방 함량은 통계적으로 차이가 없었다. 반면 조단백질 함량과 아밀로스 함량은 2021년 대비 평균기온이 낮았고, 일조시간이 적었던 2020년에서 통계적으로 유의하게 낮았다. Lee *et al.* (2013)은 벼의 경우 평균기온이 높았고, 일조시간이 많았던 연도에는 그렇지 않은 연도에 비해 1,000립중이 증가하였고, 일반성분 중에서 아밀로스함량은 증가하였으나, 반면 조단백질 함량은 감소하였다고 했다. 본 시험에서는 평년 기상 조건이었던 2021년은 기상환경이 불량했던 2020년 대비 100립중은 증가하였고, 일반성분 중에서 아밀로스 함량과 조단백질 함량 모두 증가하였다. 이러한 품목 간 조단백질 함량의 차이에 대해서는 향후 추가적인 검토가 필요할 것으로 사료 된다.

연차간 8개 팥 품종들의 다양한 종피색에 대하여 색차를 비교한 결과는 Table 6과 같다. 종피색은 적색 5개 품종, 검은색인 검구슬 1개 품종, 녹색인 연두채 1개 품종, 흰색인 흰구슬 1개 품종이었다. 명도를 나타내는 L값, 적색도를 나타내는 a값, 황색도를 나타내는 b값 모두 2021년 대비 평균기온이 낮았고 일조시간이 적었던 2020년이 통계적으로 유의하게 낮았다. 따라서 2020년의 팥 품종들의 종피색은 대체로 색이 어둡고 진한 경향이었다. 품종 간 색차를 분석한 결과 명도(L값)와 황색도(b값)는 흰색 종피인 흰구슬이 가

Table 5. Comparison of proximate composition in eight adzuki bean cultivars between 2020 and 2021.

Cultivar	Moisture (%)		Ash (%)		Protein (%)		Lipid (%)		Amylose (%)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Arari	11.49	12.16	4.16	3.69	20.58	21.36	0.50	0.50	15.23	14.50
Geomguseul	13.00	12.24	3.43	3.52	18.60	20.85	1.01	0.62	14.87	15.28
Yeonduchae	9.86	11.84	3.83	3.81	21.40	21.44	0.70	0.67	13.86	14.95
Haeoreum	13.13	12.29	4.07	3.84	20.46	20.98	0.63	0.50	14.40	15.81
Hongda	9.70	11.25	3.82	3.59	20.73	20.53	0.52	0.69	14.17	15.54
Hongeon	11.48	11.94	3.84	3.59	21.10	21.48	0.68	0.79	14.17	15.37
Hongjin	14.06	12.02	3.63	3.85	19.07	21.75	0.62	0.56	13.60	15.82
Huinguseul	13.28	11.74	3.17	3.43	19.04	19.69	0.89	0.78	14.09	14.96
Average	11.97	11.94	3.74	3.67	20.12	21.01	0.69	0.64	14.30	15.28
Difference	0.03 ^{ns}		0.08 ^{ns}		-0.89 [*]		0.05 ^{ns}		-0.98 ^{**}	

*,** Significant at 5% and 1% levels, respectively, ns : not significant by paired-samples T-test.

Table 6. Comparison of chromaticity in eight adzuki bean cultivars between 2020 and 2021.

Cultivar	Seed coat color	L value		a value		b value	
		2020	2021	2020	2021	2020	2021
Arari	Red	38.50	38.42	8.24	7.77	2.46	2.58
Geomguseul	Black	37.50	37.24	0.11	0.13	-0.19	0.01
Yeonduchae	Green	54.20	52.96	0.71	1.75	15.74	16.01
Haeoreum	Red	40.74	38.78	10.91	7.39	5.13	2.87
Hongda	Red	39.78	39.13	9.99	7.44	4.11	2.62
Hongeon	Red	42.40	40.89	12.06	10.66	5.72	4.46
Hongjin	Red	40.65	39.81	11.25	9.04	4.71	3.61
Huinguseul	White	60.47	60.00	6.48	6.22	20.29	19.15
Average	-	44.29	43.40	7.47	6.30	7.25	6.92
Difference	-	0.89 ^{**}		1.17 [*]		0.33 [*]	

*,** Significant at 5% and 1% levels, respectively by paired-samples T-test.

장 높았고, 검은색인 검구슬이 가장 낮았다. 적색도(a값)는 적색 종피인 홍언이 가장 높았고, 검은색 종피인 검구슬이 가장 낮았다. L, a 및 b값 모두 검정색 종피인 검구슬에서 가장 낮은 값을 보였다. 이러한 결과는 Oh *et al.* (2021)의 선행연구와 유사한 결과였다.

연차 간 항산화 성분 및 활성 비교

연차간 항산화 성분 및 활성을 비교한 결과는 Table 7과 같다. 평년 기상 조건이었던 2021년 대비 평균기온이 낮았고 일조시간이 적었던 2020년은 항산화 성분인 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량 모두 통계적으로 유의하게 높

았다. 더불어 항산화 활성을 평가한 ABTS 및 DPPH 활성도 또한 유의하게 높았다. 작물이 환경 스트레스를 받으면 항산화 물질의 축적을 증가시켜 높은 항산화 활성을 유도하는 것으로 알려져 있다(Keles & Oncel, 2002; Sofu *et al.*, 2005). 본 시험에서 2021년 대비 2020년 평균기온이 낮았고 일조시간이 적었던 기상 조건에서 팥 품종들이 기상의 스트레스를 더 많이 받아 항산화 성분 및 활성이 높았던 것으로 판단된다. Chun *et al.* (2017)은 팥의 논 재배에서 과습 상태가 더 많았던 연도에는 수량은 낮았으나, 반면 항산화 성분 및 활성은 그렇지 않았던 연도보다 높았다고 하였다. 이는 생육 과정에 습해에 의해 스트레스를 받아 식물체

Table 7. Comparison of antioxidant capacity, total phenolics content and total flavonoid contents in eight adzuki bean cultivars between 2020 and 2021.

Item	Total phenolic contents (mg GAE/g dried sample)		Total flavonoid content (mg CE/g dried sample)		ABTS (mg VCE/g dried sample)		DPPH (mg VCE/g dried sample)	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Average (n=8)	2.21	1.38	1.40	0.69	2.35	1.92	1.89	1.36
Difference	0.82**		0.71**		0.43*		0.53*	

*,** Significant at 5% and 1% levels, respectively by paired-samples T-test.

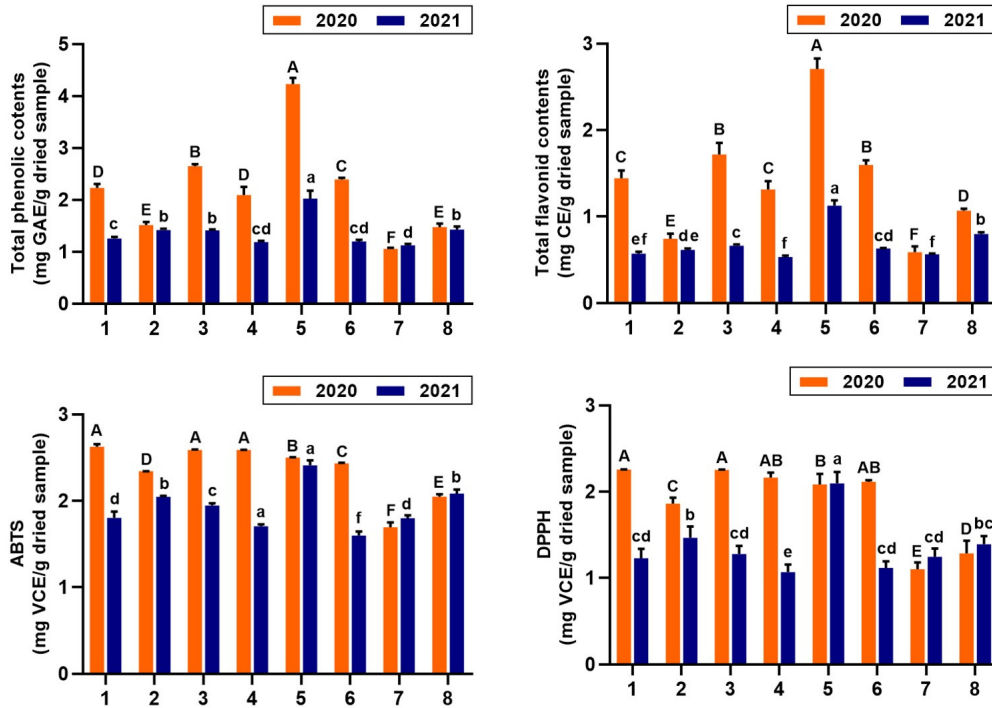


Fig. 1. Comparison of antioxidant capacity, total phenolics content and total flavonoid contents in eight adzuki bean cultivars between 2020 and 2021. 1: Arai; 2: Geomguseul; 3: Yeonduchae; 4: Haeoreum; 5: Hongda; 6: Hongeon; 7: Hongjin; 8: Huinguseul. The same letter within the same colored bar indicates no significant differences ($p < 0.05$).

에 항산화 성분 및 활성이 증가한 것으로 추론하였다. 연차간 항산화 성분 및 활성의 품종 간 차이는 Fig. 1과 같다. 팥에서 항산화 성분 및 활성은 페놀산(phenolic acids), 플라보노이드 배당체(flavonoid aglycone) 및 색소 성분인 안토시아닌 전구체(proanthocyanins) 등이라고 알려져 있다 (Amarowicz *et al.*, 2008). 항산화 성분인 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 공시한 8개 품종 중에서 적색 종피인 홍다 품종에서 2개년 모두 가장 높았으며, 항산화 활성 또한 홍다 품종에서 가장 높았다. 홍다 품종은 100립중이 연차간 10.9~12.9 g으로 소립종이었으며, 대립종으로 알려진 아라리 품종은 15.5~15.9 g이었다. 중간 정도의 항산화 성분과 활성을 보였던 품종은 적색 종피인 아라리, 해

오름, 홍연 품종이었고, 녹색 종피인 연두채 품종도 포함되었다. 반면 항산화 성분과 활성이 낮았던 품종은 검구슬, 홍진 및 흰구슬이었다. Sung *et al.* (2020)은 2010년 이후에 육성된 8개 품종 중에서 적색 종피인 홍연 품종이 2019년 밀양에서 항산화 성분과 활성이 가장 높았고, 녹색 종피인 연두채 품종은 중간 정도였으며, 흰색 종피인 흰나래 품종이 가장 낮았다고 했다. 본 시험 결과와 중간 정도의 항산화 활성인 연두채 품종과 흰색 종피를 가진 품종이 항산화 성분과 활성이 가장 낮았던 것은 유사한 결과였다. 반면 본 시험에서 2개년 모두 항산화 함량과 활성이 가장 높았던 홍다 품종이 Sung *et al.* (2020)의 공시품종에 포함되지 않아서 비교할 수 없었다. 향후 항산화 성분과 활성이 우수

한 소립종 홍다 품종의 이용 확대를 위해 지역 간 차이 등 환경의 영향에 대한 추가적인 검토가 필요할 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 최근에 개발한 8개 팔 품종을 공시하여 평년 기상 조건인 2021년 대비 잦은 강우로 인해 평균기온이 낮았고 일조시간이 적었던 2020년의 수량성 및 향산화 특성을 비교분석 하였다.

1. 세부적인 기상 조건은 2021년 대비 2020년은 영양생장기에 일조시간은 1일 1.8시간으로 약 4배 적었고, 영양생장기와 협신장 및 등숙기에 평균기온은 각각 3.5°C와 2.2°C 낮았다.
2. 생육 특성은 2021년 대비 평균기온이 낮았고, 일조시간이 적었던 2020년에 성숙기는 지연되었고, 경장은 길었다.
3. 수량 특성은 2021년 대비 평균기온이 낮았고, 일조시간이 적었던 2020년에 협당 립수의 증가에도 불구하고, 개체당 협수 및 100립중의 감소로 수량이 약 13% 낮았다.
4. 연차간 수량의 안정성은 홍다와 홍진 품종이 대비품종인 아라리 보다 높았다.
5. 향산화 성분 및 활성은 2021년 대비 평균기온이 낮았고 일조시간이 적었던 2020년에 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량 모두 높았고, ABTS 및 DPPH 활성 또한 유의하게 모두 높았다.
6. 향산화 성분 및 활성이 가장 높았던 품종은 적색 종피인 홍다 품종이었고, 반면 대비품종인 아라리와 비슷했던 품종은 해오름, 홍언, 연두채 등이었다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 팔의 지역특화 선순환 시스템 지원을 위한 품질관리 기술 개발 연구과제(과제번호: PJ015159032022)의 지원으로 수행된 것임.

인용문헌(REFERENCES)

Amarowicz, R., L. Estrella, T. Hernandez, and A. Troszynska. 2008. Antioxidant activity of extract of adzuki bean and its fractions. *J. Food Lipids*. 15(1) : 119-136.

AOAC. 2000. Official Method of Analysis of AOAC Int. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.

Choi, K. J., T. S. Park, C. K. Lee, J. T. Kim, J. H. Kim, K. Y. Ha, W. H. Yang, C. K. Lee, K. S. Kwak, H. K. Park, J. K. Nam, J. I. Kim, G. J. Han, Y. S. Cho, Y. H. Park, S. W. Han, J. R. Kim, S. Y. Lee, H. G. Choi, S. H. Cho, H. G. Park, D. J. Ahn, W. K. Joung, S. I. Han, S. Y. Kim, K. C. Jang, S. H. Oh, W. D. Seo, J. E. Ra, J. Y. Kim, and H. W. Kang. 2011. Effect of temperature during grain filling stage on grain quality and taste of cooked rice in mid-late maturing rice varieties. *Korean J. Crop Sci.* 56(4) : 404-412.

Chun, H. C., K. Y. Jung, Y. D. Choi, S. H. Lee, S. B. Song, J. Y. Ko, J. M. Choi, and Y. W. Jang. 2017. Differences in yields, antioxidant compounds, and antioxidant activity of ethanolic extracts among 11 adzuki bean cultivars (*Vigna angularis* L.) cultivated on a somewhat poorly drained paddy field. *Korean J. Crop Sci.* 62(3) : 203-213.

Facchini, F. S. and K. L. Saylor. 2003. A low-iron-available, polyphenol -enriched, carbohydrate-restricted diet to slow progression of diabetic nephropathy. *Diabetes* 52(50) : 1204-1209.

Hsieh, H. M., Y. Pomeranz, and B. G. Swanson. 1992. Composition, cooking time, and maturation of adzuki (*Vigna angularis*) and common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Cereal Chem.* 69(3) : 244-248.

Juliano, B. O. 1985. Polysaccharide, proteins, and lipids of rice. In *Rice Chemistry and Technology*. The American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, MN, USA. 59-120.

Keles, Y. and I. Öncel. 2002. Response of antioxidative defense system to temperature and water stress combinations in wheat seedlings. *Plant Sci.* 163(4) : 783-790.

Kim, C. K., B. H. Oh, J. M. Na, and D. H. Shin. 2003. Comparison of physicochemical properties of korean and chinese red bean starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35(4) : 551-555.

Kitano-Okada, T., A. Ito, A. Koide, Y. Nakamura, K. H. Han K. Shimada, K. Sasaki, K. Ohba, S. Sibayama, and M. Fukushima. 2012. Anti-obesity role of adzuki bean extract containing polyphenols: in vivo and in vitro effects. *J. Sci. Food Agric.* 92(13) : 2644-2651.

Lee, J. I., J. K. Kim, J. C. Shin, E. H. Kim, M. H. Lee, and Y. J. Oh. 1996. Effects of ripening temperature on quality appearance and chemical quality characteristics of rice grain. *RDA. J. Agri. Sci.* 38(1) : 1-9.

Lee, J. S., J. H. Lee, M. R. Yoon, J. Kwak, Y. J. Mo, A. Chun, and C. K. Kim. 2013. Palatability and physicochemical properties in 2001 yield increased by 10% than normal level in 2000. *Korean J. Crop Sci.* 58(3) : 292-300.

Lee, R. K., M. S. Kim, Y. S. Lee, M. H. Lee, J. H. Lee, and H. Y. Sohn. 2014. A comparison of the components and biological activities in raw and boiled red beans (*Phaseolus radiatus* L.). *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* 42(2) : 162-169.

MAFRARK. 2021. Agriculture, Food and Rural Affairs Statistics Yearbook.

Oh, S. M., Y. J. Jo, A. Chun, J. Kwak, Y. G. Oh, M. J. Kim, S. B.

- Song, and I. Choi. 2021. Seed and Water Absorption Characteristics of Red Bean Cultivars in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 53(5) : 607-612.
- Park, J. Y., H. Ham, S. I. Han, S. H. Oh, Y. C. Song, J. H. Cho, Y. Hur, Y. Y. Lee, B. W. Lee, and Y. H. Choi. 2016. Comparison of Antioxidant Compound and Antioxidant Activities of Colored Rice Varieties (*Oryza sativa* L.) Cultivated in Southern Plain. *J. Korean. Soc. Food Sci. Nutr.* 45(8) : 1214-1220.
- Rho, C. W., S. Y. Song, S. T. Hong, K. H. Lee, and I. M. Ryu. 2003. Agronomic characters of Korean adzuki beans (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi). *Korean J. Plant Res.* 16(2) : 147-154.
- Rural Development Administration (RDA). 2012. Agricultural science technology standards for investigation of research. Rural Development Administration, Jeonju, Korea.
- Rural Development Administration (RDA). 2018. Standard agricultural manuals for adzuki bean cultivation. Rural Development Administration, Jeonju, Korea.
- Rural Development Administration (RDA), National Institute of Crop Science (NICS). 2022. NICS Homepage. <https://www.nics.go.kr/api/breed.do?m=700001399&categoryCode=FC&pageNo=1&sType=sSvcCodeNm&sText=%ED%8C%A5>. Accessed on 13 March 2022.
- Sacks, F. M. 1977. A literature reviews of Phaseolus angularisthe adzuki bean. *Econ. Bot.* 31(1) : 9-15.
- Sato, S., Y. Mukai, J. Yamate, J. Kato, M. Kurasaki, A. Hatai, and M. Sagai. 2008. Effect of polyphenol-containing azuki bean (*Vigna angularis*) extract on blood pressure elevation and macrophage infiltration in the heart and kidney of spontaneously hypertensive rats. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* 35(1) : 43-49.
- Sofo, 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(2) : 403-412.
- Song, S. B., H. I. Seo, J. Y. Ko, J. S. Lee, J. R. Kang, B. G. Oh, M. C. Seo, Y. N. Yoon, D. Y. Kwak, M. H. Nam, and K. S. Woo. 2011. Quality characteristics of adzuki bean sediment according to variety. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 40(8) : 1121-1127.
- Song, S. B., J. Y. Ko, K. S. Woo, M. E. Choe, J. Chu, T. Ha, S. Han, and D. Y. Kwak. 2019. A Small Redbean Cultivar 'Hongjin' with Lodging Tolerance and High Yield. *Korean J. Breed. Sci.* 51(4) : 523-528.
- Sung, J. S., S. B. Song, J. Y. Kim, Y. J. An, J. E. Park, M. E. Choe, J. H. Chu, T. J. Ha, and S. I. Han. 2020. Variation in physico-chemical characteristics and antioxidant activities of small redbean cultivars. *Korean J. Crop Sci.* 65 : 231-240.
- Woo, K. S., S. B. Song, J. Y. Ko, Y. B. Kim, W. H. Kim, and H. S. Jeong. 2016. Antioxidant properties of adzuki beans, and quality characteristics of sediment according to cultivated methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29(1): 134-143.
- Yun, S. H. and J. T. Lee. 2000. Climate change impacts on optimum ripening periods of rice plant and its countermeasure in rice cultivation. *Korean J. Agric. For. Meteorol.* 3(1) : 55-70.