

국내 자생 상동나무 표현형 특성조사 및 우량 개체 선발

정대희¹, 권해연², 김영기^{3,4*}

¹국립산림과학원 산림약용자원연구소, 박사연구원, ²임업연구관, ³임업연구사, ⁴국립순천대학교 산림자원·조경학부, 조교수

Phenotypical Characteristics Investigation and Selection of Superior Individuals from Natural Habitats of *Sageretia thea* in South Korea

Dae Hui Jeong¹, Hae Yun Kwon² and Young Ki Kim^{3,4*}

¹Post-doc, ²Senior Researcher and ³Researcher, Forest Medicinal Resources Research Center, National Institute of Forest Science, Yeongju 36040, Korea

⁴Assistant Professor, Department of Forest Resources, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

Abstract - In this study, the growth, physical characteristics of fruit and soil chemistry were investigated by grouping *S. thea* populations. The soil for each group was sandy loam or sandy loam, and it was analyzed to be slightly acidic to neutral, with a pH ranging from 5.6 to 7.0. Additionally, the leaf size was highest in the G7 group, and overall fruit growth was highest in the G1 group, confirming differences between the groups. The sweetness ranged from 16.8° Brix to 12.3° Brix, indicating a higher sweetness compared to *Vaccinium oldhamii*, blueberry, and blackberry. The correlation analysis between soil chemistry and *S. thea* growth characteristics revealed a significant negative correlation between calcium (Ca) and fruit growth characteristics. Furthermore, a significant positive correlation was observed between sodium (Na) and fruit acidity, as well as between cation exchange capacity (CEC) and fruit hardness.

Key words – Fruit, Growth characteristics, *Sageretia thea*, Selected individual, Sweetness

서 언

최근 국민의 삶의 질 향상과 더불어 COVID-19 등 대규모 전염병이 발생하면서 개인의 건강 및 면역증진을 위해 천연물 유래 건강기능식품 관심이 높아지고 있다(Lee and Kim, 2021). 천연물 유래 건강기능식품은 합성화학물에 비해 높은 안전성과 뛰어난 효과를 보이며, 상대적으로 낮은 개발비가 소요된다는 장점이 있다. 한편, 1993년 발표된 생물다양성 협약에 따라 자생식물의 주권 확보에 대한 중요성이 대두되면서, 자국의 식물자원을 대상으로 다양한 분야에서 산업화를 위한 연구가 증가하는 추세이다(Eo *et al.*, 2021; Song *et al.*, 2015a). 이러한 사회적 흐름에 따라, 자국에 분포하는 식물자원을 대상으로 전통 지식을 통한 소재 발굴과 활용성 증진을 위한 효능평가 연구가 수행되고 있다(David *et al.*, 2015; Kang *et al.*, 2019; Zheng

et al., 2007).

식물자원의 산업적 활용을 위해서는 각 분야에서 목표하는 형질이 극대화된 품종개발이 필요하다. 이를 위해 개체 간 교배를 통해 원하는 형질을 획득하는 교잡육종(Charlesworth, 2006), 화학약품이나 x-선 및 감마선, 이온빔을 이용한 돌연변이육종(Kang, 2023; Kang *et al.*, 2020), 형질 발현 유전자 분석을 통한 분자육종(Joung *et al.*, 2022), 특정 유전자의 가감을 통해 원하는 특성을 획득하는 유전자 편집기술(Zhan *et al.*, 2021) 등 다양한 육종 기술이 활용되고 있다. 효율적인 품종 육성을 위해 자연 집단으로부터 변이의 정도를 파악하고, 목표형질이 우수한 다양한 유전자원을 선발·수집하는 것이 무엇보다 중요하다.

상동나무[*Sageretia thea* (Osbeck) M. C. Johnst.]는 갈매나무과(Rhamnaceae), 상동나무속(Genus *Sageretia*)의 식물로 중국, 일본, 인도 및 베트남 등에 분포하며(Yilin and Schirarend, 2007), 우리나라에는 제주도와 남해안의 해안가 및 산지에 분포

*교신저자: E-mail youngki.kim@scun.ac.kr

Tel. +82-61-750-3225

하고 있다(Lee, 2003; Lee, 2006). 전통의약적으로 옴과 옷독을 치유하는데 사용한다고 알려져 있으며, 우리나라를 비롯한 중국, 일본 등에서는 분재 재료와 같은 관상용으로도 활용하고 있다(Chung *et al.*, 2016; Chung *et al.*, 2017).

최근 상동나무에 관한 연구는 주로 증식방법 구명, 자생지 식생조사, 기능성 평가 분야에서 이루어졌다. 상동나무의 증식 및 식생과 관련 논문은 우량 종묘 생산을 위한 시비 처리 규격화 연구(Eo *et al.*, 2021), 종자발아 특성 및 식생조사 연구(Song *et al.*, 2014; 2015b), 삼목 시기, 용토, 생장조절제에 따른 발근 특성 연구(Son *et al.*, 2022b) 등이 보고되었다. 상동나무의 기능성 평가 관련 연구는 가지 추출물의 대장암 및 폐암 세포 사멸 효과(Kim *et al.*, 2019b; Kim *et al.*, 2020), 열매 추출물의 항산화 및 면역반응조절 효과(Eo *et al.*, 2020; Ko *et al.*, 2017) 등 부위별로 뛰어난 약리효능이 밝혀지고 있다. 특히, 식품의약품안전처에 의하면 상동나무 부위중 열매는 ‘식품의 기준 및 규격’에 의거 식품원료로 인정되어, 건강기능식품 개발 등 산업적 활용 가능성이 높다고 판단된다(MFDS, 2024). 그러나, 국내에서는 일부 지역에 국한해 열매를 이용해 담금주로 활용하거나 생식으로 식용할 뿐, 재배기술 확립 및 신품종 개발 등 산업적 활용을 위한 연구가 부족한 실정이다(Song *et al.*, 2014).

따라서 본 연구에서는 새로운 소득 작물로 기대되는 상동나무를 대상으로 집단별 토양이화학적성과 열매의 생육 특성을 조사하고, 각 특성 간의 상관관계를 분석하여 재배기술 개발에

활용할 수 있는 기초데이터를 수집하고, 열매형질이 뛰어난 우량 개체를 선발하고자 하였다.

재료 및 방법

시험재료

2023년 5월 전라남도와 제주도의 자생지 33개소 총 153개체의 상동나무를 대상으로 시 또는 군 단위로 구분한 10개 집단(G1: 신안군, G2: 진도군, G3: 해남군, G4: 완도군, G5: 보길도, G6: 청산도, G7: 고흥군, G8: 여수시, G9: 제주시, G10: 서귀포시)의 열매와 잎을 채집하여 실험의 재료로 활용하였다(Fig. 1, Table 1).

토양이화학적 분석

토양이화학적성은 각 자생지에서 표토를 제거한 근권의 토양을 100 g씩 3반복으로 채취하여 건조 후 2 mm로 체별 후 분석하였다. 토성은 미국 농무성(USDA)의 입도 분류, 토양 내 유기물 함량은 Walkley-Black법(Walkley and Black, 1934), 전질소는 Kjeldahl 황상분 해중류법(Konen *et al.*, 2002)을 이용하였으며, 토양과 증류수 비율을 1 : 5 (v/v)가 되도록 혼합하여 1시간 후에 상등액의 전기전도도와 pH를 측정하였다. 유효인산은 Lancaster 침출법으로 분광광도계를 이용하여 분석하였으며(RDA, 1988), 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 pH가 7.0인 1N의 ammo-

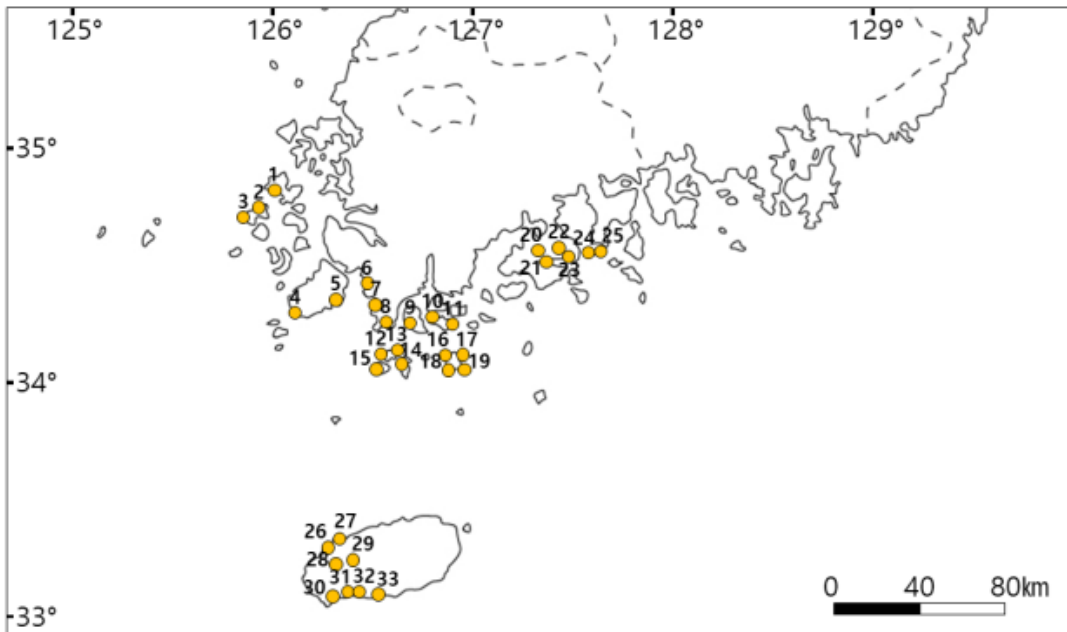


Fig. 1. The map of collected *S. thea* from different habitats in Korea.

Table 1. Geographical information of locations where *S. thea* was collected.

NO	Group	Administrative district			Coordinate	
		State	City	Town	North latitude	East longitude
1		Jeollanam-do	Sinan-gun	Baeksan-ri	34° 52' 44.8"	126° 01' 38.3"
2	G1	"	"	Goseo-ri 1	34° 46' 33.0"	126° 54' 59.6"
3		"	"	Goseo-ri 2	34° 45' 03.6"	126° 54' 46.1"
4	G2	"	Jindo-gun	Simdong-ri	34° 23' 46.5"	126° 08' 35.4"
5		"	"	Dohang-ri	34° 24' 06.3"	126° 19' 48.4"
6		"	Haenam-gun	Hakga-ri	34° 24' 21.7"	126° 29' 24.7"
7	G3	"	"	Tongho-ri	34° 19' 09.1"	127° 33' 17.7"
8		"	"	Eoran-ri	34° 22' 41.2"	126° 30' 33.1"
9		"	Wando-gun	Mangseok-ri	34° 18' 16.7"	127° 44' 59.0"
10	G4	"	"	Sin-ri	34° 19' 28.8"	127° 48' 02.3"
11		"	"	Woryang-ri	34° 19' 14.6"	126° 52' 13.3"
12		"	"	Docheong-ri	34° 11' 22.3"	127° 34' 32.9"
13	G5	"	"	Ipo-ri	34° 10' 27.4"	127° 35' 47.6"
14		"	"	Chungdo-ri	34° 12' 48.2"	127° 36' 16.9"
15		"	"	Jungdong-ri	34° 10' 32.4"	127° 36' 38.7"
16		"	"	Guksan-ri	34° 12' 3.8"	127° 54' 14.4"
17	G6	"	"	Ji-ri	34° 12' 48.7"	127° 52' 44.3"
18		"	"	Dangnak-ri	34° 10' 5.8"	127° 51' 29.4"
19		"	"	Gwondeok-ri	34° 9' 46.1"	127° 53' 59.8"
20		"	Goheung-gun	Songsan-ri 1	34° 36' 22.1"	127° 23' 6.0"
21	G7	"	"	Songsan-ri 2	34° 36' 18.3"	127° 23' 32.8"
22		"	"	Jangnam-ri 1	34° 36' 9.5"	127° 24' 56.4"
23		"	"	Jangnam-ri 2	34° 36' 57.2"	127° 24' 57.4"
24	G8	"	Yeosu-si	Nangdo-ri 1	34° 36' 47.8"	128° 32' 16.8"
25		"	"	Nangdo-ri 2	34° 36' 48.3"	128° 33' 59.3"
26		Jeju-do	Jeju-si	Geumneung-ri 1	33° 22' 15.8"	126° 14' 24.7"
27	G9	"	"	Geumneung-ri 2	33° 22' 15.7"	126° 14' 21.8"
28		"	"	Jeoji-ri	33° 19' 31.9"	126° 17' 6.3"
29		"	Seogwipo-si	Cheongsu-ri	33° 18' 52"	126° 16' 19.7"
30		"	"	Sagye-ri 1	33° 15' 31.7"	126° 19' 21.0"
31	G10	"	"	Sagye-ri 2	33° 13' 27.4"	126° 18' 48.4"
32		"	"	Hwasun-ri	33° 15' 50.5"	126° 20' 31.4"
33		"	"	Haye-dong	33° 14' 4.5"	126° 23' 53.1"

nium acetate를 가하여 원지방출분광광도계(ICP-OES, Quantima, GBC scientific equipment Pty. Ltd., Australia)를 이용하여 분석하였다.

생육 특성 측정

집단별 생육 특성의 차이를 확인하기 위해 엽 특성 중 잎 길이 (mm), 잎 너비(mm)를 조사하였고, 열매특성 중 열매길이(mm), 열매너비(mm), 생중량(g) 및 수분함량(%) 등 6가지 항목을 조사하

였다. 잎과 열매의 길이 및 너비는 디지털 캘리퍼스(CD-200 APX, Mitutoyo Co., Japan)를 활용하여 측정하였고, 열매의 무게는 고정밀 분석용 저울(PAG214C, Ohaus co., USA)을 이용하였다. 또한 열매의 수분함량은 105 °C 상압가열건조법을 활용하여 건조 전 열매 무게 20 g의 건조 후 중량을 측정하여 전후의 중량 차이를 퍼센트로 나타냈다.

열매의 물리적 특성 측정

열매의 물리적 특성 중 경도는 물성측정기(CR-3000EX-S, Sun Scientific Co., Japan)를 활용하여 Probe의 직경 2 mm, 측정깊이 4 mm로 설정한 후 개소별로 20반복씩 최대 응력을 측정하였다. 산도는 Digital 과일산도측정기(GMK-835N, G-won hitech, Korea)를 활용하여 증류수와 상동나무 열매즙 비율을 100 : 1로 희석하여 측정하였으며, 당도는 디지털 당도계(PR-101a, Atago Co. LTD., Japan)를 활용하여 상동나무 열매즙의 가용성 고형물 함량을 측정하였다.

우수개체 선발

열매형질 우량개체 선발을 위해 열매길이와 너비, 무게 등 3개 형태적 특성을 이용하여 3D 산점도를 그린 후 상위 10%에 속하는 10개체를 선발하였다. 또한, 열매형질 이외에 품질 우수 개체를 선발하기 위해 물리적 특성 중 당도를 기준으로 상위 10개체를 추가로 선발하였다.

통계분석

각 데이터는 평균치 ± 표준편차(means ± SD)로 나타내었으며, IBM statistics 26 (IBM Corp., New York, USA) 프로그램을 활용하여 일원배치분산분석(One-way ANOVA)과 Duncun's Multiple Range Test (DMRT)를 통해 유의수준 5%($p < 0.05$)로 집단 및 개체 간 차이를 검증하였다. 또한, 잎, 열매, 토양 특성 간 상관관계 분석을 위해 Spearman's 상관분석을 수행하였다.

결과 및 고찰

집단별 토양이화학성

상동나무 자생 집단의 토양이화학성 특성을 분석한 결과는 Table 2과 같다. 자생 집단의 토성은 모래 56.3~85.5%, 미사 5.2~23.5%, 점토 6.3~20.1%로 국내 평균 산림 토성(모래 41.7%, 미사 41.5%, 점토 16.8%)에 비해 모래의 비율이 높고, 미사와 점토는 낮은 토성으로 분석되었다(NGII, 2020). 토성 중

점토의 비율이 높을수록 토양 내 영양물질의 보존에 용이하나 배수의 문제점이 발생하고, 모래의 비율이 높을수록 수분의 투과성 및 공기의 통기성에 유리하나 건조와 영양물질의 보존에 어려움이 있다(Nam *et al.*, 1999). Son *et al.* (2022a)의 연구에 따르면 상동나무 자생지는 비교적 모래와 미사의 비율이 높다고 보고하였는데, 본 연구에서 집단별 토성을 분석한 결과 모래와 미사의 비율이 높고 점토의 비율이 낮은 사양토 또는 사질양토로 확인되었다. 그리고 유기물함량(OM), 전질소함량(Total N) 및 유효인산(Avai. P)은 G9 집단(OM: 23.6%, Total N: 0.8%)과 G2 집단(Avai. P: 298.5 mg/kg)이 다른 8개 집단에 비해 높게에서 다른 집단에 비해 높게 분석되었는데, 이 토양이화학성들은 식물의 세포형성 및 발달에 영향을 미치며(Jung, 2015), 세포의 압력 유지, 수분조절 및 이온흡수 등에 영향을 미치는 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 나트륨(Na) 등과 같은 미량원소(Ouimet and Camiré, 1995; Nadeau and Olivier, 2003)는 G9 집단(Ca: 34.7 cmol⁺/kg)과 G10 집단(K: 0.9 cmol⁺/kg, Mg: 7.0 cmol⁺/kg, Na: 1.2 cmol⁺/kg)에서 비교적 높게 나타났다. 또한 pH는 5.67 ~ 7.02로 약산성 또는 중성토양으로 구분되었으며, 양이온 치환용량(CEC)은 G9 집단(40.9 cmol⁺/kg), 전기전도(EC)는 G2 집단(1.1 dS m⁻¹)에서 높게 확인되었다.

집단별 생육 특성

집단별 상동나무의 생육 특성 조사결과는 Table 3와 같다. 집단 전체의 평균은 잎 길이 33.1 mm, 잎 너비 19.7 mm, 열매 길이 6.48 mm, 열매 너비 7.4 mm 열매 생중량 0.3 g, 열매 수분함량 79.1%를 나타냈다. 생육 특성 중 잎 길이와 너비는 G7 집단(길이 38.21 mm, 너비 23.7 mm)에서 가장 높게 측정되어 전체 평균 대비 약 15%, 20% 높은 값을 보였다. 또한, 열매의 길이는 G5 집단과 G1 집단이 각각 7.2 mm, 7.1 mm로 전체 평균보다 약 11% 높으며, 열매 너비와 생중량은 G1 집단이 각각 8.4 mm, 0.4 g으로 가장 높게 측정되었다. 열매 내 수분함량은 81.8%로 가장 높은 G1 집단과 76.6%로 가장 낮은 G4 집단까지 5%정도의 차이를 확인하였다.

본 연구의 조사 집단은 지리적 위치와 생육환경의 차이가 존재한다. 특히, 위도상 G1 집단(34° 51')과 G10(33° 16') 집단까지 상당한 차이가 존재하며, 1980년부터 2019년까지 전라남도 지역(G1-G8)의 평균온도 13.8°C 및 평균강수량 1403.6 mm, 제주도 지역(G9, G10)은 평균온도 16.0°C 및 평균강수량 1820.7 mm까지 기상환경의 차이가 존재한다(Moon *et al.*, 2020). 식물은 동일 종이어도 빛, 온도 및 습도 등과 같은 주변 생육환경에 의한 결과로

Table 2. Soil chemical properties of *S. thea* by groups.

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
Sand	83.3±11.4	83.3±2.7	85.5±7.5	73.3±21.0	66.6±21.9	75.0±12.1	88.3±3.9	56.3±12.7	77.6±6.2	73.4±8.7
Silt	8.5±7.5	10.0±2.5	7.4±6.0	13.5±12.7	18.7±12.1	12.2±6.6	5.2±3.2	23.5±9.1	12.9±5.9	16.9±6.9
Clay	8.1±4.2	6.6±0.2	6.9±1.6	13.0±8.3	14.5±9.7	12.7±5.5	6.3±1.8	20.1±3.5	9.3±0.6	9.6±1.8
OM (%)	6.2±5.7	15.9±2.6	10.1±5.8	9.2±3.7	12.4±5.5	14.3±4.8	14.2±6.0	10.9±3.6	23.4±8.9	21.5±11.1
Total N (%)	0.2±0.1	0.6±0.1	0.3±0.1	0.3±0.1	0.4±0.1	0.5±0.1	0.5±0.2	0.4±0.1	0.8±0.3	0.8±0.4
Avai. P (mg/kg)	72.6±17.8	298.5±108.5	107.1±22.3	114.3±38.5	231.1±146.6	168.9±31.5	198.1±63.1	199.0±97.2	126.8±13.5	217.5±101.8
K (cmol ⁺ /kg)	0.4±0.2	0.7±0.1	0.5±0.1	0.5±0.1	0.5±0.1	0.8±0.2	0.5±0.1	0.7±0.2	0.5±0.2	0.9±0.4
Ca (cmol ⁺ /kg)	3.2±2.7	16.4±1.7	14.3±9.5	10.7±4.3	8.3±1.7	11.8±2.7	10.4±4.6	13.8±2.1	34.7±15.2	21.8±5.7
Mg (cmol ⁺ /kg)	1.4±1.1	4.2±1.2	2.4±0.5	3.1±1.1	3.7±1.6	5.9±1.8	2.8±0.8	2.7±0.1	3.2±1.6	7.0±4.5
Na (cmol ⁺ /kg)	0.3±0.2	0.3±0.1	0.3±0.1	0.3±0.2	0.7±0.5	0.6±0.3	0.14±0.03	0.3±0.03	0.3±0.1	1.2±0.8
pH [1:5, H ₂ O]	5.6±0.3	6.2±0.4	6.2±0.6	6.2±0.3	5.9±0.6	6.1±0.2	5.6±0.4	6.1±0.1	7.0±1.0	6.7±0.5
CEC ^z	14.2±8.5	27.7±3.1	21.6±8.7	21.7±5.1	24.7±6.1	28.1±7.0	27.0±4.6	23.0±6.0	40.9±9.8	37.5±14.5
EC ^y	0.4±0.3	1.1±0.2	0.8±0.1	0.7±0.3	1.0±0.6	1.0±0.2	0.6±0.1	0.7±0.1	1.0±0.1	1.0±0.4

^zCation exchange capacity; ^yElectric conductivity.

Table 3. Leaf and fruit characteristics of *S. thea* by groups.

Group	Leaf			Fruit		
	length (mm)	width (mm)	length (mm)	width (mm)	weight (g)	moisture regain (%)
G1	33.6±5.9bc ^z	19.3±3.3bcd	7.1±0.9ab	8.4±1.1a	0.41±0.13a	81.8
G2	34.5±6.1b	20.2±3.7bc	6.8±0.8abc	8.0±1.0ab	0.33±0.1bc	79.6
G3	34.0±4.6b	20.2±2.9bc	6.2±1.0cd	7.3±1.1c	0.28±0.08cde	80.2
G4	32.9±4.9bcd	19.5±2.7bcd	6.5±1.1bc	7.4±1.1bc	0.31±0.09bcd	76.6
G5	29.9±4.8cd	18.3±3.3bcd	7.2±0.7a	8.1±0.9ac	0.35±0.06b	79.2
G6	33.5±5.8bc	20.9±3.4b	6.5±1.1bc	7.3±1.0c	0.30±0.08cd	77.2
G7	38.2±4.7a	23.7±14.1a	5.6±0.8d	6.3±0.8d	0.23±0.06e	79.0
G8	31.4±6.1bcd	17.5±3.7d	6.2±0.8cd	7.1±0.8c	0.28±0.06cde	76.4
G9	29.6±5.6d	17.8±3.2cd	6.1±0.9cd	7.1±1.0c	0.26±0.06de	81.2
G10	32.9±4.8bcd	19.3±3.1bcd	6.2±1.1cd	7.0±1.1c	0.26±0.07de	79.4
average	33.1±2.3	19.7±1.6	6.4±0.4	7.4±0.5	0.30±0.05	79.1±1.7

^zValues followed by different letters within a column indicate significant difference ($P < 0.05$) between areas for that parameter using DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ($n \geq 50$, mean \pm SD).

형질의 변이가 나타나며(Tredennick *et al.*, 2018; Winn, 1996), 특히 Meier and Leuschner (2008)은 온도와 강우량이 잎의 증·발산율과 함께 크기를 결정하는 중요한 간접 인자라고 보고하였다. 즉 자생지의 생육환경은 식물의 생장이나 형질상 변이에 깊이 관여하며, 본 연구에서 조사한 생장량 또한 환경적 요인에 의해 집단 간의 차이가 나타난 것으로 판단된다.

그리고 상동나무의 생육 특성 간의 연관성을 확인하기 위해 상관관계를 분석하였는데, 잎 길이는 너비($r = 0.830, p < 0.003$), 열매 길이는 너비($r = 0.988, p < 0.001$), 생중량($r = 0.665, p < 0.036$), 수분율($r = 0.685, p < 0.029$)과 유의적인 정의 상관관계를 나타냈을 뿐 서로 간의 연관성을 확인할 수 없었다(Table 4). 즉 잎의 길이와 너비 그리고 열매의 생육 특성 간 비례적으로 생장한다는 것이다. 일반적으로 식물의 생육 특성, 특히 잎과 열매 간 생장량의 상관관계는 광합성의 효율이나 개체별 잎의 캐노피(canopy) 형성 밀도와 같은 조건 등으로 다양한 분류군에서 보고되고 있다(Falster and Westoby, 2003; Hashemi and Khadivi, 2020; Trad *et al.*, 2013). 그러나 본 연구에서는 단순히 잎과 열매의 크기 특성을 활용한 것으로 향후 효율적인 재배 기술의 확립을 위해서는 잎의 광합성 효율이나 이를 통한 동화산물의 축적량, 그리고 생육환경 등과 같은 상동나무의 생장에 간접하는 다양한 요소의 추가 조사 및 상관관계 분석 연구가 필요할 것으로 사료된다.

집단별 열매의 물리적 특성

열매의 품질을 결정짓는 요인은 관능적 관찰이 용이한 크기나 중량, 모양과 같은 특성도 있지만 맛을 결정짓는 당도나 산도

와 같이 물리적 특성 또한 품질을 결정짓는 중요한 요인으로 작용한다(Massaglia *et al.*, 2019). 또한 열매채소인 토마토나 과일인 블루베리, 포도 등은 당도나 산도를 비롯한 경도, 색도 또한 품질을 결정하는 요인으로 작용한다(Cui *et al.*, 2017; Chang *et al.*, 2009). 따라서 상동나무 열매를 대상으로 당도와 산도, 경도 등 3가지 물리적 특성을 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 2과 같다. 경도는 열매의 파손 경계지점 측정 깊이인 4 mm를 기준으로 수행하였으며, 평균 0.68 N부터 1.43 N까지의 경도를 나타냈다(Fig. 2A). G9, G10 집단이 1.43 N으로 평균인 1.07 N에 비해 약 33% 높은 경도, G3 집단이 0.68 N으로 평균에 비해 약 36% 낮은 경도를 나타냈다.

산도는 열매즙을 100배 희석하여 디지털 과일산도측정기를 활용하여 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 2B와 같다. 평균 0.97%에서 0.53%까지의 산도를 나타냈으며, G6 집단에서 0.97%로 평균 산도 0.75%보다 약 29% 높게 분석되었고, G7 집단에서 0.53%로 평균에 비해 약 29% 낮은 산도를 나타냈다. 그리고 각 집단별 산도 차이의 유의성을 확인하였다.

당도는 굴절당도계를 활용하여 측정하였으며, 결과는 Fig. 2C와 같다. 당도는 집단별 평균 12.3° Brix에서 16.8° Brix로 나타났으며, 상동나무의 열매와 유사한 정금나무(10.4 ~ 12.7° Brix), 블루베리(7.0 ~ 12.0° Brix) 및 블랙베리(8.9° Brix)보다 높은 당도를 확인하였다(Song *et al.*, 2015a; Cho *et al.*, 2010; Wang and Xu, 2007). 그리고 G7 집단과 G4 집단이 각각 16.8° Brix, 16.6° Brix로 평균 14.4° Brix보다 약 17% 높은 당도로 분석되었으며, G1 집단은 12.3° Brix로 평균에 비해 약 14% 낮은 당도를 나타냈다.

Table 4. Correlation analysis between leaf and fruit characteristics of *S. thea*.

	LL	LW	FL	FW	FE	FM
LL ^z	1.000					
LW ^y	0.830** (0.003)	1.000				
FL ^x	-0.212 (0.556)	0.103 (0.777)	1.000			
FW ^w	-0.285 (0.425)	0.055 (0.881)	0.988** (0.001)	1.000		
FE ^v	0.024 (0.947)	0.244 (0.497)	0.665* (0.036)	0.634* (0.049)	1.000	
FM ^u	-0.248 (0.489)	-0.127 (0.726)	0.685* (0.029)	0.709* (0.022)	0.543 (0.105)	1.000

^zLeaf length; ^yLeaf width; ^xFruit length; ^wFruit width; ^vFruit weight; ^uFruit moisture regain.

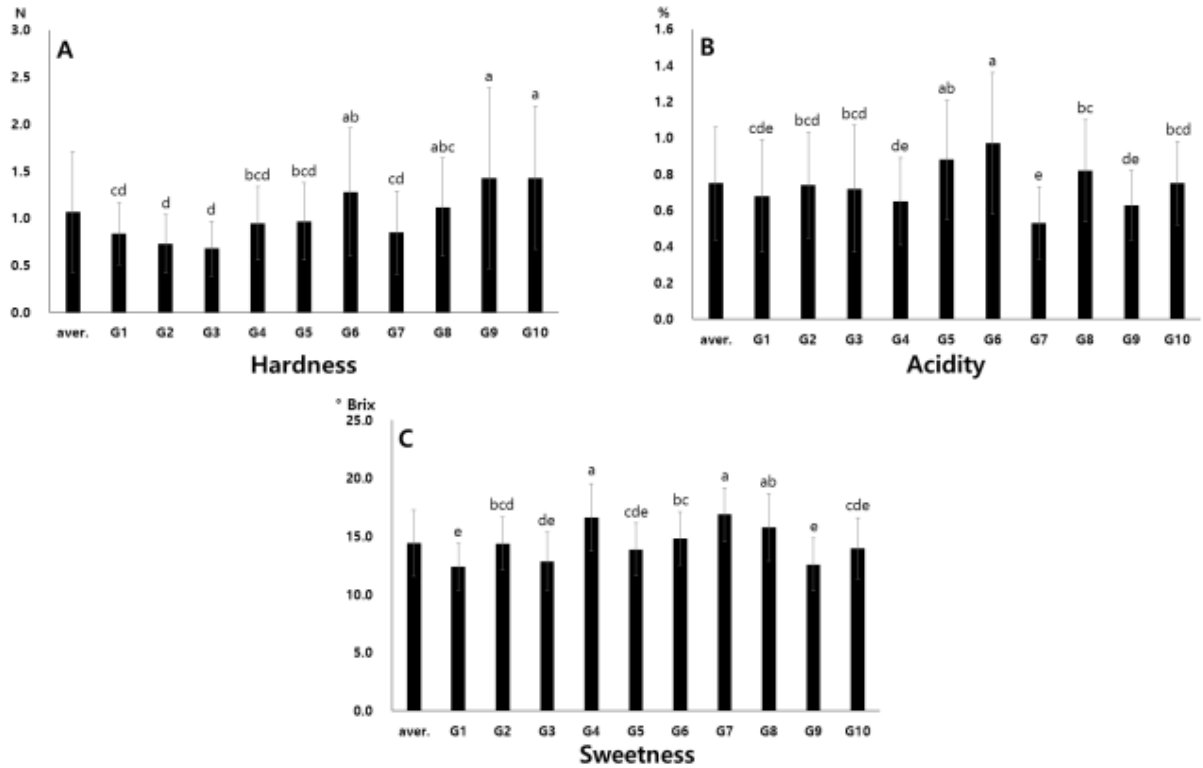


Fig. 2. The physical properties of *S. thea* fruit by groups (A. Hardness; B. Acidity; C. Sweetness. Data are presented as the means \pm SD ($n \geq 10$). *Values followed by different letters within a column indicate significant difference between substrates for that parameter using Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

토양이화학성 및 생육·물리적 특성 간의 상관관계

토양이화학성과 상동나무의 생육·물리적 특성 간 상관관계를 확인하기 위해 Spearman's rank 상관관계를 분석하였다 (Table 5). 토양의 특성 중 칼슘(Ca)은 열매길이($r = -0.644, p < 0.044$), 너비($r = -0.661, p < 0.038$), 생중량($r = -0.665, p < 0.036$)과 유의적인 음의 상관관계를 보였고, 나트륨(Na)는 산도($r = 0.760, p < 0.011$), 양이온치환용량(CEC)는 경도($r = 0.709, p < 0.022$)와 유의적인 양의 상관관계를 나타냈다. 이러한 결과는 상동나무 자생지의 토양이화학성 중 Ca의 함량이 낮을수록 열매의 크기가 양호하며, Na와 CEC가 높을수록 산도와 경도가 높다는 것을 의미한다. Ca는 각종 이온의 선택적 투과성, 열매의 호흡, 에틸렌 발생 및 세포막 파괴 억제 등 열매의 생리장해를 경감시키지만 과다할 시 길항 관계에 있는 마그네슘(Mg)을 결핍시킬 수 있다(Choi *et al.*, 2010; Lim, 2005). Mg는 식물체에서 인산과 탄수화물대사에 작용해 과수의 성장성 향상 및 낙과 감소 등의 효과가 있으며, 결핍 시 열매의 성숙 시기 앞의 황화증상으로 인한 광합성률 감소 및 이에 따른 생육 및 당도 감소 등과 같은 문제점이 발생하는데(Chang, 2009; Lee

et al., 2010; Park *et al.*, 2019), 이러한 일련의 현상에 의해 Ca와 열매 생육특성 간 음의 상관관계가 도출되었다고 판단된다. 한편 Na와 CEC는 각각 산도와 경도 간 양의 상관관계를 나타냈다. 토양 속 Na는 식물의 생육에 있어 필수 영양소는 아니며, 오히려 토양 속 Na의 농도가 올라가면 식물체 겉뿌리 내피(endodermis)에서 낙엽산(abscisic acid)이 활성화되어 스트레스 호르몬으로 작용해 생육의 지연 또는 억제를 야기시킨다(Duan *et al.*, 2013). 또한 근권의 삼투압이 높아져 수분 및 영양소 흡수율이 저하되는데, 이러한 영향은 지상부의 생육 부진을 야기시킨다(Yang *et al.*, 2022). 대부분의 과실류는 성숙이 진행됨에 따라 산도가 감소하는데 지상부 생육 부진은 과실의 결실 감소와 성숙을 지연시키며(Cha *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2019a), 자연 분해되지 않은 산도로 인해 Na와의 양의 상관관계로 분석되었다고 사료된다.

열매형질 우량개체 선발

대다수의 과실수 품종은 열매의 크기나 당도와 같은 개량형질을 목표로 하고 있는데, 이는 실제로 소비하는 주체의 선호도

Table 5. Correlation analysis between soil chemical properties and growth characteristics of *S. thea*.

	OM	Total N	Avai. P	K	Ca	Mg	Na	CEC	EC	pH
LL	-0.152 ^z (0.676) ^y	-0.103 (0.777)	0.030 ^z (0.934)	0.104 (0.774)	-0.115 (0.751)	-0.176 (0.627)	-0.517 (0.126)	-0.236 (0.511)	-0.358 (0.310)	-0.152 (0.676)
LW	-0.067 (0.854)	-0.049 (0.894)	-0.018 (0.960)	0.172 (0.634)	-0.237 (0.510)	0.055 (0.881)	-0.466 (0.174)	-0.061 (0.868)	-0.298 (0.403)	0.049 (0.894)
FL	-0.468 (0.172)	-0.486 (0.154)	0.055 (0.881)	-0.178 (0.622)	-0.644* (0.044)	0.024 (0.947)	0.415 (0.233)	-0.407 (0.243)	-0.462 (0.179)	0.176 (0.626)
FW	-0.552 (0.098)	-0.576 (0.082)	-0.139 (0.701)	-0.350 (0.322)	-0.661* (0.038)	-0.152 (0.676)	0.231 (0.521)	-0.515 (0.128)	-0.418 (0.229)	0.127 (0.726)
FE	-0.549 (0.100)	-0.579 (0.079)	-0.091 (0.802)	-0.284 (0.427)	-0.665* (0.036)	-0.122 (0.737)	0.303 (0.395)	-0.512 (0.130)	-0.445 (0.197)	0.085 (0.815)
SW	0.103 (0.777)	0.030 (0.934)	0.345 (0.328)	0.517 (0.085)	-0.018 (0.960)	0.176 (0.627)	-0.116 (0.751)	0.079 (0.829)	-0.164 (0.651)	-0.273 (0.446)
HA	0.588 (0.074)	0.539 (0.108)	0.164 (0.651)	0.350 (0.322)	0.382 (0.276)	0.539 (0.108)	0.553 (0.097)	0.709* (0.022)	0.358 (0.310)	0.188 (0.603)
AC	-0.055 (0.881)	-0.030 (0.934)	0.370 (0.293)	0.448 (0.194)	-0.115 (0.751)	0.455 (0.187)	0.760* (0.011)	0.103 (0.777)	-0.115 (0.751)	0.188 (0.603)

^zCorrelation coefficient (r) written are significantly correlated between the variables compared.

^yNegative values denote negative correlation and positive values denote positive correlation. Values in brackets means P value (**P<0.01, *P<0.05).

와 관계가 있으며, 기존의 상품보다 크고, 당도가 높은 특성을 지닌 품종일수록 그 가치가 높아진다(Chang *et al.*, 2009; Cho *et al.*, 2008). 따라서 향후 신규 품종개발을 위해 상동나무 10집단 총 153개체의 생육 특성 중 열매 길이와 너비, 무게를 활용하여 3D 산점도를 통해 상위 10%에 속하는 생육 우수 10개체와 물리적 특성 중 당도를 기준으로 품질 우수 10개체를 선발하였다(Fig. 3, Appendix 1). 우선 생육 우수 개체의 선발 특성 중 열매 무게는 0.43 ~ 0.52 g으로 전체 평균인 0.3 g 대비 약 143 ~ 173%의 선발효과를 가진다. 또한 각 개체를 살펴보면, G1 집단 4개체, G2 집단과 G6 집단 각각 2개체, G3 집단과 G5 집단에서 각각 1개체씩 총 10개체로 확인되었으며, 이 중 G1 집단의 고서리 2지역 3번 개체는 열매 길이 8.4 mm, 너비 9.4 mm, 생중량 0.56 g으로 가장 우수한 선발특성을 나타냈다. 그리고 품질 우수 10개체는 당도가 18.8 ~ 20.6° Brix로 전체 평균 14.4° Brix 대비 130~143%의 선발효과를 가지며, 각 개체를 살펴보면, G4 집단 4개체, G7 집단 3개체, G8 집단 2개체, G10 집단 1개체 총 10개체로 확인되었다. 이 중 G7 집단 장남리 2지역 1번 개체와 G4 집단 망석리 2번 개체는 각각 20.6° Brix, 20.4° Brix로 가장 우수한 선발특성을 나타냈다.

선발 개체를 정리해보면, 생육 우수 개체는 G1, G2, G3, G5

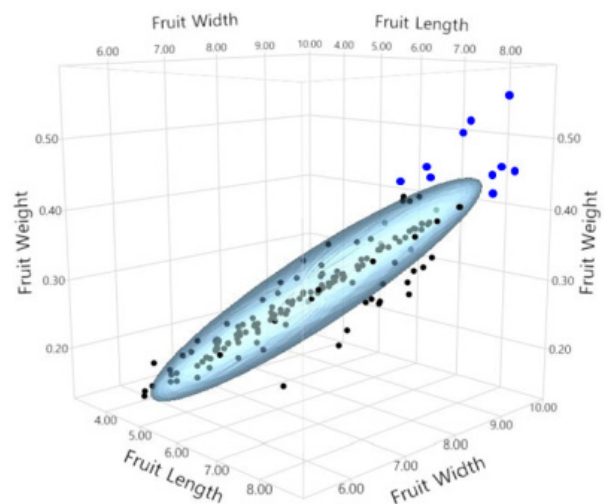


Fig. 3. Scatter plot analysis for each *S. thea* using rowing indices and sweetness characteristics.

및 G6집단, 품질 우수 개체는 G4, G7, G8 및 G10집단에 분포하고 있으며, 집단 간의 차이를 확인하였는데 생육 우수 개체의 경우 상기 토양이화학성과 생육특성 간의 상관관계를 통해 확인한 토양 내 Ca농도에 따른 Mg의 길항 관계 및 이에 따른 열매의 생육에 미치는 영향에 의해 다른 집단보다 상대적으로 낮은 Ca

농도를 나타낸 G1, G2, G3, G5 및 G6집단에서 열매의 생육이 높은 개체들이 선발된 것으로 판단된다. 그리고 열매의 당도 측정은 성숙과정에서 다양한 유전자의 발현과 생리적 변화에 의해 진행되며(Nookaraju *et al.*, 2010), 이는 기상 및 토양 특성과 같은 조건의 간섭이 수반된다(Moon *et al.*, 2017). 당도를 기준으로 선발한 품질 우수 개체의 경우 본 연구에서는 기상환경의 측정이 수행되지 않아 기상환경과의 상관관계는 확인할 수 없었으며, 토양특성과의 상관관계 또한, 유의성을 나타내는 특성을 확인할 수 없었다. 따라서 향후 상동나무 자생지의 기상환경 조사를 통한 종합적인 상관관계 연구가 수행된다면, 명확한 생육·물리적 특성을 구명할 수 있을 것이라 판단되며, 상기 연구의 결과를 통해 다방면에서 활용성이 높은 신규 품종 개발 및 효율적인 재배기술의 개발이 수행되기를 기대한다.

적 요

상동나무는 약용과 식용, 관상용 등 활용성이 높은 식물이나 재배기술 및 신품종 육성과 관련된 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 상동나무 자생 집단을 대상으로 토양이화학성, 생육 특성 및 과실의 물리적 특성을 조사하였다. 집단별 토성은 사양토 또는 사질양토로 pH 5.6-7.0의 약산성에서 중성 토양으로 분석되었다. 생육특성 중 잎의 크기는 G7 집단, 과실의 전체적인 생육은 G1 집단에서 가장 높게 조사되어 집단별 차이를 확인하였다. 물리적 특성 중 경도는 G9, G10 집단이 1.43 N으로 가장 높게 분석되었고, G3 집단이 0.68 N으로 가장 낮게 나타났다. 산도는 G6 집단에서 0.97%로 가장 높게 분석되었고, G7 집단에서 0.53%로 가장 낮은 산도를 나타냈다. 당도는 16.8° Brix, 에서 12.3° Brix까지 분석되어 상동나무 과실과 유사한 베리류인 정금나무나 블루베리, 블랙베리보다 높은 당도를 나타냈으며, G7 집단과 G4 집단이 각각 16.8° Brix, 16.6° Brix로 가장 높았고, G1 집단이 12.3° Brix로 가장 낮게 분석되었다. 토양이화학성과 상동나무의 생육·물리 특성 간 상관관계 분석을 통해 칼슘과 열매의 길이, 너비, 생중량 간 유의적인 음의 상관관계를, 나트륨과 산도, 양이온치환용량과 열매의 경도 간 유의적인 양의 상관관계를 확인할 수 있었다. 상기 자생지 토양이화학성과 생육 및 물리적 특성은 상동나무의 재배 기술 개발에 기초자료로 활용될 것으로 판단한다. 또한 연구 내용을 바탕으로 신규 품종개발을 위한 생육 우수 개체를 선발하였으며, 선발 개체를 이용한 육종을 통해 식용 및 약용분야에 활용성 높은 신품종 개발이 가능할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립산림과학원 연구개발사업(과제번호: FP0802-2023-01-2023)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- Cha, H.S., A.R. Youn, P.J. Park, H.R. Choi and B.S. Kim. 2007. Physicochemical characteristics of *Rubus coreanus* miquel during maturation. Korean J. Food. Sci. Technol. 39(4): 476-479 (in Korean).
- Chang, M.S., S.D. Cho, D.M. Kim and G.H. Kim. 2009. Analysis of consumer preferences with regard to sensory quality attributes of Korean grapes. Korean J. Food. Preserv. 16(2):204-210 (in Korean).
- Chang, T.H. 2009. Effect of magnesium deficiency on chlorosis and fruit quality of grapevine. Korean J. Environ. Agric. 28(4):347-355 (in Korean).
- Charlesworth, D. 2006. Evolution of plant breeding systems. Curr. Biol. 16(17):R726-R735.
- Cho, S.D., D.M. Kim and G.H. Kim. 2008. Survey on consumer perceptions of the sensory quality attributes of apple. Korean J. Food Preserv. 15(6):810-815 (in Korean).
- Cho, W.J., B.S. Song, J.Y. Lee, J.K. Kim, J.H. Kim, Y.H. Yoon, J.I. Choi, G.S. Kim and J.W. Lee. 2010. Composition analysis of various blueberries produced in Korea and manufacture of blueberry jam by response surface methodology. J. Korean Soc. Food Sci. Nut. 39(2):319-323 (in Korean).
- Choi, H.S., Y. Kim, W.S. Kim, Y. Lee, K.J. Choi and S.K. Jung. 2010. Effect of applications of soluble Ca and IBA on soil and leaf Ca concentration in 'Fuyu' sweet persimmon (*Diospyros kaki* L.) orchard. Korean J. Organic. agric. 18(3):337-386 (in Korean).
- Chung, J.M., H.J. Kim, G.W. Park, H.R. Jeong, K. Choi and C.H. Shin. 2016. Ethnobotanical study on the traditional knowledge of vascular plant resources in South Korea. Korean J. Plant. Res. 29(1):62-89 (in Korean).
- Chung, J.M., S.H. Cho, Y.S. Kim, K.S. Kong, H.J. Kim, C.H. Lee and H.J. Lee. 2017. Ethnobotany in Korea: The traditional knowledge and use of indigenous plants. Korea

- National Arboretum. Pocheon, Korea. p. 1048 (in Korean).
- Cui, J.S., A.R. Yoo, M.K. Yang and S.I. Cho. 2017. Prediction of weight loss of low temperature storage tomato (Tiwai 250) by non-destructive firmness measurement. *Korean J. Food Preserv.* 24(2):181-186 (in Korean).
- David, B., J.L. Wolfender and A.D. Daniel. 2015. The pharmaceutical industry and natural products: historical status and new trends. *Phytochem. Rev.* 14:299-315.
- Duan, L., D. Dietrich, C.H. Ng, P.M.Y. Chan, R. Bhalerao, M.J. Bennett and J.R. Dinneny. 2013. Endodermal ABA signaling promotes lateral root quiescence during salt stress in *Arabidopsis* seedlings. *Plant Cell* 25(1):324-341.
- Eo, H.J., D.S. Kim, Y.G. Kang, K.Y. Kim, Y.K. Park and G.H. Park. 2020. Antioxidant and immunoregulatory effects of Korean Rhamnaceae. *J. Plant Biotechnol.* 47(3):254-259 (in Korean).
- Eo, H.J., Y.H. Son, S.H. Park, G.H. Park, K.C. Lee and H.S. Son. 2021. Growth and physiological characteristics of containerized seedlings of *Sageretia thea* at different fertilization treatments. *J. Korean Soc. For. Sci.* 110(2):189-197 (in Korean).
- Falster, D.S. and M. Westoby. 2003. Leaf size and angle vary widely across species: what consequences for light interception?. *New Phytol.* 158:509-525.
- Hashemi, S. and A. Khadivi. 2020. Morphological and pomological characteristics of white mulberry (*Morus alba* L.) accessions. *Sci. Hortic.* 259:108827.
- Joung, S.H., D.J. Im, Y.Y. Hui and J.D. Lee. 2022. Construction of genetic linkage map in grape 'Tano red' (*Vitis labrusca* × *V. vinifera*) × 'Ruby seedless' (*V. vinifera*) F1 population using SNP markers. *Korean J. Breed. Sci.* 54(4): 260-275 (in Korean).
- Jung, Y.M. 2015. The function of nutrient. In the prevention and minerals for Korea agriculture in the future. Gomundang Printing Inc., Daegu, Korea. pp. 101-117.
- Kang, B.K., S.Y. Yang and Kim Y.H. 2019. Research trend of antiviral natural products for companion animal. *Kor. J. Pharmacogn.* 50(1):1-10 (in Korean).
- Kang, S.Y. 2023. Characteristics and research status of mutation breeding using accelerator beams. *J. Breed. Sci.* 55(2): 110-117 (in Korean).
- Kang, S.Y., S.H. Kim, J.H. Ryu and J.B. Kim. 2020. Brief history, main achievements and prospect of mutation breeding in Korea. *Korean J. Breed Sci. Special Issue*:49-57 (in Korean).
- Kim, C.S., S.H. Lee and S.K. Chung. 2019a. Physicochemical characteristics and antioxidant capacities of peach fruits in the development stages. *Korean J. Food Preserv.* 26(2): 174-178 (in Korean).
- Kim, H.N., G.H. Park, J.D. Kim, H.J. Eo and J.B. Jeong. 2019b. Effect of the extracts from the leaves and branches of *Sageretia thea* on β -catenin proteasomal degradation in human colorectal and lung cancer cells. *Korean J. Plant Res.* 32(2):153-159 (in Korean).
- Kim, J.D., S.B. Park, H.J. Eo, G.H. Park and J.B. Jeong. 2020. Induction of apoptosis by *Sageretia thea* branch extracts through activation of NF- κ B signaling pathway in human colorectal cancer cells. *Korean J. Plant Res.* 33(5):428-435 (in Korean).
- Ko, G.A., S.Y. Hoh, J.Y. Ryu and S.M. Kim. 2017. Comparison of proximate compositions, antioxidant, and antiproliferative activities between blueberry and *Sageretia thea* (Osbeck) M. C. Johnst fruit produced in Jeju Island. *J. Appl. Biol. Chem.* 60(2):161-171 (in Korean).
- Konen, M.E., P.M. Jacobs, C.L. Burras, B.J. Talaga and J.A. Mason. 2002. Equations for predicting soil organic carbon using loss-on-ignition for north central U.S. Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1878-1881.
- Lee, H.S. and J.H. Kim. 2021. Analysis of food consumption behavior due to COVID-19: focusing on MZ generation. *J. Digit. Converg.* 19(3):47-54 (in Korean).
- Lee, P.O., J.S. Lee and J.M. Choi. 2010. Impact of application rates of pre-planting liming fertilizers on changes in soil chemical properties and growth of 'Melody Yellow' pansy in plug production. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28(5): 735-742 (in Korean).
- Lee, T.B. 2003. Coloured Flora of Korea. Vol. 1. Hayangmunsa, Seoul, Korea. pp. 713-720.
- Lee, Y.N. 2006. New Flora of Korea. Vol. 1. Kyohak Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 810-832.
- Lim, S.U. 2005. Plant growth and nutrients, *In Fertilizer*. Ilsin. Seoul, Korea. pp. 38-45.
- Massaglia, S, D. Borra, C. Peani, F. Sottile and V.M. Merlino. 2019. Consumer preference heterogeneity evaluation in fruit and vegetable purchasing decisions using the best-worst approach. *Foods* 8:266.
- Meier, I.C. and C. Leuschner. 2008. Leaf size and leaf area index in *Fagus sylvatica* forest: competing effects of precipitation, temperature, and nitrogen availability. *Ecosystems* 11:655-669.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). 2024. Ministry of Food and Drug Safety homepage (<http://mfds.go.kr>).

- Moon, J.G., C.S. Shim, O.J. Jung, J.W. Hong, J.H. Han and Y.I. Song. 2020. Characteristics in regional climate change over South Korea for regional climate policy measures: Based on long-term observations. *J. Climate Change Res.* 11(6):755-770 (in Korean).
- Moon, Y.S., W.K. Kang, O.J. Jung, S.M. Kim and D.B. Kim. 2017. Meteorological and climatic characteristics for improving quality of cultivation of aronia in the Danyang area. *J. Korean Earth Sci. Soc.* 38(7):481-495 (in Korean).
- Nadeau, I. and A. Olivier. 2003. The biology and forest cultivation of American ginseng (*Panax quinquefolius* L.) in Canada. *Can. J. Plant Sci.* 83:877-891.
- Nam, H.H., D.W. Choi, K.U. Kim, O.H. Kwon and B.S. Choi. 1999. Growth analysis of *Angelica gigas* Nakai affected by cultivation methods. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 7(2): 218-228 (in Korean).
- National Geographic Information Institute (NGII). 2020. The national atlas Korea II. National Geographic Information Institute, Suwon, Korea. pp. 52-73.
- Nookaraju, A., C.P. Upadhyaya, S.K. Pandey, K.E. Young, S.J. Hong, S.K. Park and S.W. Park. 2010. Molecular approaches for enhancing sweetness in fruits and vegetables. *Sci. Hortic.* 127:1-15.
- Ouimet, R. and C. Camiré. 1995. Foliar deficiencies of sugar maple stands associated with soil cation imbalances in the Quebec Appalachians. *Can. J. Soil Sci.* 75:169-175.
- Park, J.R., E.G. Kim, S.H. Lee, I.K. Chung and K.M. Kim. 2019. Comparison of the migration and absorption of calcium and magnesium in apple leaves sprayed with plant nutrients prepared by wet nano-grinding technology. *Life Sci. J.* 29(7):769-773 (in Korean).
- Rural Development Administration (RDA). 1988. Methods of soil chemical analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology. Suwon, Korea.
- Son, Y.H., H.G. Son, G.H. Park, D.H. Lee, H.J. Cho, S.Y. Lee and H.J. Kim. 2022a. Growing environment characteristics and vegetational structure of *Sageretia thea*, medicinal plant. *Korean J. Plant Res.* 35(5):594-606 (in Korean).
- Son, Y.H., S.H. Park, H.J. Son, J.A. Kim, H.J. Cho, S.Y. Lee and H.J. Kim. 2022b. Rooting characteristics of *Sageretia thea* by cutting time, rooting medium and plant growth regulators. *Korean J. Plant Res.* 35(5):667-674 (in Korean).
- Song, J.H., E.J. Cheong, H.S. Kim, M.S. Kim and S.H. Kim. 2015a. Variation of morphological characteristics and anthocyanin contents from fruit of *Vaccinium oldhamii* in Korea. *J. Korean For. Soc.* 104(2):193-197 (in Korean).
- Song, S.C., C.K. Song and J.S. Kim. 2015b. Characteristics of seed-germination and fruit for *Sageretia thea* in Jeju region. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 23(1):8-12 (in Korean).
- Song, S.C., C.K. Song and J.S. Kim. 2014. Vegetation and habitat environment of *Sageretia thea* in Jeju island. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 22(4):301-305 (in Korean).
- Trad, M., B. Gaaliche, C.M.G.C. Renard and M. Mars. 2013. Inter- and intra-tree variability in quality of figs. Influence of altitude, leaf area and fruit position in the canopy. *Sci. Hortic.* 162:49-54.
- Tredennick, A.T., B.J. Teller, P.B. Adler, G. Hooker and S.P. Ellner. 2018. Size-by-environment interactions: a neglected dimension of species' responses to environmental variation. *Ecol. Lett.* 21:1757-1770.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37(1):29-37.
- Wang, W.D. and S.Y. Xu. 2007. Degradation kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate. *J. Food Eng.* 82(3):271-275.
- Winn, A.A. 1996. Adaptation to fine-grained environmental variation: an analysis of within-individual leaf variation in an annual plant. *Evolution* 50(3):1111-1118.
- Yang, Y., Y. Yao, J. Zhang, X. Zhang, L. Hu, D. Ding, E.P. Bakpa and J. Xie. 2022. Trehalose alleviated salt stress in tomato by regulating ROS metabolism, photosynthesis, osmolyte synthesis, and trehalose metabolic pathways. *Front. Plant Sci.* 13:772948.
- Yilin, C. and C. Schirarend. 2007. Rhamnaceae. In Wu, Z., P.H. Raven and D.Y. Hong. (eds.), *Flora of China*. Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis. USA. pp. 115-168.
- Zhan, X., Y. Lu, J.K. Zhu and J.R. Botella. 2021. Genome editing for plant research and crop improvement. *J. Integr. Plant Biol.* 63(1):3-33.
- Zheng, J., J. He, B. Hi, Y. Li and X. Zhang. 2007. Antihyperglycemic activity of *Prunella vulgaris* L. in streptozotocin-induced diabetic mice. *Asia. Pac. J. Clin. Nutr.* 16(1): 427-431.

(Received 6 February 2024 ; Revised 4 March 2024 ; Accepted 5 March 2024)