한국에서 수집한 재배형 들깨 계통들의 형태적 변이

김동민^{1*} · 사규진^{1*} · 이수경² · 이주경^{1*}

¹강원대학교 농업생명과학대학 생물자원과학부, ²농촌진흥청 국립농업과학원 유전자원센터

Morphological Variation in the Accessions of Cultivated var. *frutescens* of *Perilla* Crops Collected in South Korea

Dong Min Kim^{1*}, Kyu Jin Sa^{1*}, Sookyeong Lee², and Ju Kyong Lee^{1*}

¹Division of Bio-resource Sciences, College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

²National Agrobiodiversity Center, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Jeonju 54874, Republic of Korea

Abstract To better understand the morphological variation in the 189 accessions of cultivated var. *frutescens* of *Perilla* crop preserved at the RDA-Genebank in South Korea, morphological characteristics were investigated using seven traits related to leaf quality. In the principal component analysis (PCA), the first and second principal components accounted for 28.9% and 19.7% of the total variance, respectively. In the first component, leaf color (QL1) and stem color (QL3) contributed positively, whereas the flowering period (QL5) and degree of pubescence (QL6) contributed in a negative manner. In the second component, QL5 and QL6 contributed positively, whereas the fragrance of plants (QL7) contributed negatively. The results of PCA showed that the 189 *Perilla* accessions were clearly divided into three groups based on the 1st axis (X-axis), except for some accessions. However, the *Perilla* accessions collected in South Korea and abroad did not show a clear geographical distribution between the collection areas. Correlation analysis among the seven traits of 189 *Perilla* accessions showed a positive correlation coefficient for the combination of QL1 and QL3, and QL5 and QL6, and a negative correlation for the combination of color of the reverse side of the leaf and QL6, and QL5 and QL7. Therefore, the results of this study will provide useful information for the selection of useful resources for the development of leafy vegetable varieties of the *Perilla* crop and the preservation and management of genetic resources of the *Perilla* crop preserved at the RDA-Genebank in South Korea.

Keywords *Perilla* crop, genetic resources, morphological variation, principal component analysis, geographical distribution

Received on June 6, 2021. Revised on June 8, 2021. Accepted on June 22, 2021.

* Corresponding Author (E-mail: jukyonglee@kangwon.ac.kr, Tel: +82-33-250-6415, Fax: +82-33-255-5558)

† These authors contributed equally.

서 언

들깨 속(*Perilla frutescens* (L.) Britt.)에는 형태적 특성과 이용 등에 따라 2개의 변종인 들깨(*Perilla frutescens* var. *frutescens*, 2n=40)와 차조기(*Perilla frutescens* var. *crispa*, 2n=40) 작물로 구분되고 있다(Makino 1961, Lee & Ohnishi 2001, Nitta 2001, Nitta et al. 2003). 이들 작물은 식물분류학상 쌍떡잎식물 통화식물목 꿀풀과에 속하는 일년생의 자식성 작물로 히말라야 산맥 주위와 동남아시아 그리고 동아시아 지역 등에 폭 넓게 분포하고 있다(Makino 1961, Nitta 2001, Nitta et al. 2003). 들깨와 차조기 작물은 동아시아에서 오랜 재배 역사를 가지고 있는데, 그 중 들깨는 한국, 중국, 일본 등 동아시아 지역을 중심으로 옛날부터

유료작물로 폭 넓게 재배·이용되고 있다. 한편 우리나라에서 들깨 작물은 옛날부터 종실과 잎을 식용으로 이용하여 왔으나, 최근에 삼겹살 등 육류소비 증가와 더불어 상추처럼 쌈 채소로 이용되고 있어 그 재배면적이 점차 증가되고 있다. 반면에 차조기 작물은 우리나라에서 옛날부터 약용작물로 이용되어 왔으나, 오늘날 한방약으로의 이용 감소에 따라 거의 재배되지 않고 농가 주위 또는 도로, 개울 근처 등에서 잡초형으로 서식하고 있다(Lee & Ohnishi 2001). 우리나라와 반대로 일본에서는 차조기 작물의 잎을 절임 또는 채소로 이용하고 있어서 폭 넓게 재배하고 있으나, 들깨 작물은 거의 재배하지 않고 있다(Nitta 2001, Nitta et al. 2003). 들깨와 차조기 작물의 기원지에 대해서는 인도설, 동남아시아설 그리고 중국의 남부설 등이 있지만,

옛날부터 동아시아 지역에서 가장 많이 재배·이용되고 있으며, 또한 이 지역에는 많은 잡초형들의 분포와 높은 유전적 다양성을 지니고 있으므로, 동아시아 지역이 들깨와 차조기 작물의 기원지일 것으로 생각된다(Makino 1961, Li 1969, Nitta 2001, Nitta et al. 2003, Lee & Ohnishi 2001, 2003, Sa et al. 2015, Ma et al. 2019). 그러나 아직까지 동아시아 지역에서 들깨와 차조기 작물의 야생종은 증명되어 있지 않으나, 일본에서 들깨와 차조기 작물의 야생 근연종으로 *Perilla citriodora* (Makino 1914)와 *Perilla hirtella* (Nakai 1917) 등이 보고되어 있다.

오늘날 전 세계적으로 들깨는 우리나라에서 가장 많이 재배·이용되고 있다. 특히 들깨 잎에는 비타민 B, C, 철분 그리고 안토시아닌 색소 등이 많이 함유되어 있어 기능성 건강식품으로 활용 가치가 크며, 또한 들깨 종자에는 기름 함량이 약 40% 이상을 차지하고 있고, 들기름의 지방산 성분 중 80% 이상을 차지하고 있는 linoleic acid (18:2)와 α -linolenic acid (18:3)는 불포화 지방산으로 알레르기 치료, 심장질환, 성인병, 암 예방, 그리고 정신 건강 등에 효과가 있는 것으로 보고되었다(Lee et al. 1986, 1991, Shin et al. 1994, Asif 2011, Hashimoto et al. 2020). 따라서 이러한 장점으로 인하여 국내에서의 들깨 작물의 재배면적이 최근 증가하고 있는 추세에 있으므로 앞으로 소비자의 기대에 부응하기 위한 고품질 및 고기능성 품종개발이 필요한 것으로 생각된다. 최근 우리나라에서는 잎 품질과 종실의 기름 함량을 높이기 위한 많은 들깨 품종들이 개발되고 있다(Lee et al. 2010, 2012, 2018, Kim et al. 2018).

작물의 유전자원 보존과 품종개발을 성공적으로 수행하기 위해서는, 먼저 그 작물에 대한 유전자원의 수집과 보존 그리고 수집된 유전자원들에 대한 유전적 변이성 또는 다양성을 평가하여 이해하는 것이 매우 중요하다. 특히 유전자원 은행에서 보존되고 있는 다양한 유전자원(재래종, 계통, 품종, 작물 종의 야생 및 잡초형, 야생 근연종, 다양한 기원의 유전자원 등)들은 자연적으로 풍부한 다양성을 지니고 있기 때문에 이들 유전자원들은 작물 개량을 위한 유용한 육종소재로 활용될 수 있다(D'hoop et al. 2010, Odong et al. 2011). 그러므로 유전자원 은행에서 수집하여 보존하고 있는 유전자원들에 대한 유전적 변이성에 대한 기초 정보는 수집된 작물들에 대한 유전자원의 보존과 관리 그리고 이들 자원들에 대한 활용에 매우 중요하게 이용될 수 있다(Rao 2004). 최근 농촌진흥청에서는 나고야의정서 대응 및 글로벌 환경 변화에 따른 생명산업의 중요성이 급증하는 추세에 발맞추어 2019년도 신규공동사업 「수요자 맞춤형 육종 자원 대량·신속 발굴 기술개발 사업(2019-23, 5년)」을 추진하

고 있다. 농촌진흥청 유전자원센터에서는 수집·보존하고 있는 유전자원들에 대한 유용자원 발굴과 활용 그리고 장기적 보존을 위한 핵심집단 구축을 위하여 작물 별로 많은 연구를 수행 중에 있으며, 그 중 들깨 작물의 경우도 잎 채소용 및 종실용 품종개발 그리고 핵심집단 구축을 위하여 유전자원센터에서 보존 중인 재래종 들깨 계통들에 대한 특성평가를 수행 중에 있다.

따라서 본 연구는 우리나라 농촌진흥청 유전자원센터에서 보존하고 있는 재래종 들깨 계통들에 대한 유전적 변이성을 이해하기 위하여 년 차별로 수행 중인 재래종 들깨 유전자원들 중에서 2차년도에 특성 평가가 완료된 189계통들에 대하여 형태적 특성에 대한 분석 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

공시재료 및 형태적 특성 조사

본 연구에 이용된 공시재료는 농촌진흥청 유전자원센터(<http://genebank.rda.go.kr>)에서 수집·보존하고 있는 들깨 유전자원으로 대부분 국내에서 수집된 재래종과 외국에서 수집된 계통들이다. 본 연구에서 분석에 이용된 189계통들은 강원도 18계통, 경기도 20계통, 충청북도 8계통, 충청남도 18계통, 경상북도 27계통, 경상남도 20계통, 전라북도 25계통, 전라남도 20계통 그리고 중국, 네팔, 일본 등 외국자원 17계통과 수집정보가 없는 16계통 등 국내 및 국외에서 수집되었다(Table 1, Fig. 1).

들깨 유전자원의 형태적 변이를 이해하기 위해서, 농업유전자원센터에서 분양을 받은 재래종 들깨 계통들은 강원대학교 농업생명과학대학 부속 농장에서 관행재배법에 준하여 재배하였으며, 종자 파종은 5월 중순에 각 계통별로 15립씩 종자를 육묘상자에 파종하여 약 1개월 정도 온실 안에서 키운 다음 각 계통별로 5개체씩 어린 묘를 6월 중순경 포장에 이식하여 재배를 하였다.

형태적 특성조사는 농촌진흥청 농업유전자원센터의 특성평가 기준 표준안에 따라 수행하였으며, 특히 잎채소용 품종개발에 유용한 정보를 제공하고자 주로 개화기 및 잎 품질에 관련된 형질들에 대하여 조사를 하였다. 형태적 특성조사는 엽면색(QL1), 엽이면색(QL2), 줄기색(QL3), 잎모양(QL4), 개화기(QL5), 모용다소(QL6), 식물체형(QL7) 등 총 7가지의 형질들에 대하여 생육시기별로 조사하였다(Tables 2, 3).

통계분석

재래종 들깨 계통들 사이에서의 형태적 변이의 다양성을 이해하기 위하여 국내 및 국외에서 수집한 189계통에 대하여 7개의

Table 1. Collection sites of *Perilla* accessions preserved in the RDA-genebank used for morphological analysis.

IT No.	Village, Town or City	Region	IT No.	Village, Town or City	Region
214508	Cheorwon-gun	Gangwon-do	207961	Cheongyang-gun	Chungcheongnam-do
215256	Cheorwon-gun	Gangwon-do	214492	Daejeon-si	Chungcheongnam-do
215257	Cheorwon-gun	Gangwon-do	207969	Geumsan-gun	Chungcheongnam-do
195051	Chuncheon-si	Gangwon-do	214467	Gongju-si	Chungcheongnam-do
212141	Goseong-gun	Gangwon-do	214493	Gongju-si	Chungcheongnam-do
195498	Hwacheon-gun	Gangwon-do	207962	Hongseong-gun	Chungcheongnam-do
189662	Pyeongchang-gun	Gangwon-do	207964	Hongseong-gun	Chungcheongnam-do
185608	Wonju-si	Gangwon-do	207968	Nonsan-si	Chungcheongnam-do
185609	Wonju-si	Gangwon-do	214466	Sejong-si	Chungcheongnam-do
195496	Yanggu-gun	Gangwon-do	207966	Seocheon-gun	Chungcheongnam-do
185605	Yangyang-gun	Gangwon-do	207967	Seocheon-gun	Chungcheongnam-do
212140	Yangyang-gun	Gangwon-do	185665	Yesan-gun	Chungcheongnam-do
214500	Yangyang-gun	Gangwon-do	185639	Andong-si	Gyeongsangbuk-do
214501	Yangyang-gun	Gangwon-do	210092	Andong-si	Gyeongsangbuk-do
214502	Yangyang-gun	Gangwon-do	214483	Andong-si	Gyeongsangbuk-do
158273	Yeongwol-gun	Gangwon-do	175906	Bonghwa-gun	Gyeongsangbuk-do
158274	Yeongwol-gun	Gangwon-do	175933	Bonghwa-gun	Gyeongsangbuk-do
158275	Yeongwol-gun	Gangwon-do	203728	Bonghwa-gun	Gyeongsangbuk-do
207975	Ganghwa-gun	Gyeonggi-do	207381	Cheongdo-gun	Gyeongsangbuk-do
209211	Ganghwa-gun	Gyeonggi-do	207386	Cheongdo-gun	Gyeongsangbuk-do
209212	Ganghwa-gun	Gyeonggi-do	175845	Cheongsong-gun	Gyeongsangbuk-do
209213	Ganghwa-gun	Gyeonggi-do	117012	Daegu-si	Gyeongsangbuk-do
209214	Ganghwa-gun	Gyeonggi-do	180966	Gimcheon-si	Gyeongsangbuk-do
209215	Ganghwa-gun	Gyeonggi-do	180968	Gimcheon-si	Gyeongsangbuk-do
209216	Ganghwa-gun	Gyeonggi-do	181991	Gimcheon-si	Gyeongsangbuk-do
209219	Ganghwa-gun	Gyeonggi-do	157489	Gyeongju-si	Gyeongsangbuk-do
209222	Ganghwa-gun	Gyeonggi-do	157493	Gyeongju-si	Gyeongsangbuk-do
209335	Ganghwa-gun	Gyeonggi-do	207377	Gyeongju-si	Gyeongsangbuk-do
209336	Ganghwa-gun	Gyeonggi-do	185634	Mungyeong-si	Gyeongsangbuk-do
208916	Ongjin-gun	Gyeonggi-do	185635	Mungyeong-si	Gyeongsangbuk-do
208917	Ongjin-gun	Gyeonggi-do	180960	Sangju-si	Gyeongsangbuk-do
213785	Pyeongtaek-si	Gyeonggi-do	180961	Sangju-si	Gyeongsangbuk-do
214471	Suwon-si	Gyeonggi-do	113074	Seongju-gun	Gyeongsangbuk-do
157555	Suwon-si	Gyeonggi-do	191152	Seongju-gun	Gyeongsangbuk-do
157557	Suwon-si	Gyeonggi-do	157495	Ulsan-gun	Gyeongsangbuk-do
157559	Suwon-si	Gyeonggi-do	185640	Ulsan-gun	Gyeongsangbuk-do
195351	Yeoncheon-gun	Gyeonggi-do	207378	Yeoncheon-si	Gyeongsangbuk-do
185618	Yongin-si	Gyeonggi-do	157498	Yeongyang-gun	Gyeongsangbuk-do
157512	Eumseong-gun	Chungcheongbuk-do	175849	Yeongyang-gun	Gyeongsangbuk-do
214484	Jecheon-si	Chungcheongbuk-do	157516	Geochang-gun	Gyeongsangnam-do
157549	Jincheon-gun	Chungcheongbuk-do	157517	Geochang-gun	Gyeongsangnam-do
208811	Jincheon-gun	Chungcheongbuk-do	181994	Geochang-gun	Gyeongsangnam-do
157515	Okcheon-gun	Chungcheongbuk-do	181996	Geochang-gun	Gyeongsangnam-do
185670	Okcheon-gun	Chungcheongbuk-do	214469	Gimhae-si	Gyeongsangnam-do
214473	Okcheon-gun	Chungcheongbuk-do	212137	Goseong-gun	Gyeongsangnam-do
180973	Yeongdong-gun	Chungcheongbuk-do	214498	Goseong-gun	Gyeongsangnam-do
157578	Asan-si	Chungcheongnam-do	157528	Hadong-gun	Gyeongsangnam-do

Table 1. Continued

IT No.	Village, Town or City	Region	IT No.	Village, Town or City	Region
157579	Asan-si	Chungcheongnam-do	196835	Hadong-gun	Gyeongsangnam-do
185664	Asan-si	Chungcheongnam-do	185631	Hamyang-gun	Gyeongsangnam-do
208794	Asan-si	Chungcheongnam-do	185632	Hamyang-gun	Gyeongsangnam-do
207965	Boryeong-si	Chungcheongnam-do	207956	Jinju-si	Gyeongsangnam-do
157571	Buyeo-gun	Chungcheongnam-do	209918	Jinju-si	Gyeongsangnam-do
185619	Miryang-si	Gyeongsangnam-do	157542	Jangseong-gun	Jeollanam-do
214505	Miryang-si	Gyeongsangnam-do	185653	Jangseong-gun	Jeollanam-do
209916	Sacheon-si	Gyeongsangnam-do	212135	Jangseong-gun	Jeollanam-do
209917	Sacheon-si	Gyeongsangnam-do	207955	Naju-si	Jeollanam-do
209920	Sancheong-gun	Gyeongsangnam-do	213089	Sinan-gun	Jeollanam-do
213791	Tongyeong-si	Gyeongsangnam-do	207970	Suncheon-si	Jeollanam-do
157525	Yangsang-si	Gyeongsangnam-do	207971	Suncheon-si	Jeollanam-do
157593	Gimje-si	Jeollabuk-do	213091	Wando-gun	Jeollanam-do
157594	Gimje-si	Jeollabuk-do	213792	Wando-gun	Jeollanam-do
157595	Gimje-si	Jeollabuk-do	182549	Bhutan	Foreign
157602	Gimje-si	Jeollabuk-do	196391	China	Foreign
157587	Gochang-gun	Jeollabuk-do	201756	Japan	Foreign
157588	Gochang-gun	Jeollabuk-do	201758	Japan	Foreign
157589	Gochang-gun	Jeollabuk-do	201759	Japan	Foreign
180485	Gochang-gun	Jeollabuk-do	201760	Japan	Foreign
181907	Gochang-gun	Jeollabuk-do	201761	Japan	Foreign
204150	Gochang-gun	Jeollabuk-do	201762	Japan	Foreign
208939	Gunsan-si	Jeollabuk-do	201765	Japan	Foreign
208940	Gunsan-si	Jeollabuk-do	201768	Japan	Foreign
105396	Imsil-gun	Jeollabuk-do	201771	Japan	Foreign
185661	Jeongeup-si	Jeollabuk-do	201773	Japan	Foreign
185660	Jeonju-si	Jeollabuk-do	201779	Japan	Foreign
180605	Jinan-gun	Jeollabuk-do	201780	Japan	Foreign
180976	Muju-gun	Jeollabuk-do	200354	Nepal	Foreign
180978	Muju-gun	Jeollabuk-do	200356	Nepal	Foreign
157583	Namwon-si	Jeollabuk-do	213786	United States	Foreign
157584	Namwon-si	Jeollabuk-do	177137	Unknown	Unknown
157585	Namwon-si	Jeollabuk-do	178625	Unknown	Unknown
157586	Namwon-si	Jeollabuk-do	178649	Unknown	Unknown
185656	Namwon-si	Jeollabuk-do	178770	Unknown	Unknown
195158	Namwon-si	Jeollabuk-do	210184	Unknown	Unknown
195159	Namwon-si	Jeollabuk-do	210186	Unknown	Unknown
160582	Boseong-gun	Jeollanam-do	210187	Unknown	Unknown
157545	Damyang-gun	Jeollanam-do	210189	Unknown	Unknown
157546	Damyang-gun	Jeollanam-do	210190	Unknown	Unknown
214490	Goheung-gun	Jeollanam-do	210191	Unknown	Unknown
214491	Goheung-gun	Jeollanam-do	213778	Unknown	Unknown
185654	Gokseong-gun	Jeollanam-do	213787	Unknown	Unknown
157529	Gurye-gun	Jeollanam-do	214474	Unknown	Unknown
117057	Gwangju-si	Jeollanam-do	214478	Unknown	Unknown
157561	Hampyeong-gun	Jeollanam-do	214479	Unknown	Unknown
214465	Hampyeong-gun	Jeollanam-do	214489	Unknown	Unknown
157541	Jangseong-gun	Jeollanam-do			

Table 2. Characters used in the morphological analysis of the 189 accessions of cultivated var. *frutescens* of *Perilla* crop.

Abbreviation	Morphological character	When/How measured	Category
QL1	Color of leaf surface	at flowering stage	light green-1, green-2, deep green-3, light purple-4
QL2	Color of reverse side of leaf	at flowering stage	light green-1, green-2, deep green-3, light purple-4
QL3	Stem color	at flowering stage	light green-1, green-2, deep green-3, light purple-4
QL4	Shape of leaf	at flowering stage	lanceolate-1, cordate-2, oblong-3
QL5	Flowering period	at flowering stage	early-1, medium-2, late-3
QL6	Degree of pubescence	at flowering stage	lightly pubescence-1, normal pubescence-2, heavily pubescence-3
QL7	Fragrance of plant	at vegetative period	var. <i>frutescens</i> -1, var. <i>crispa</i> -2, few fragrance-3

Morphological Character	Number and percentage of individuals in the 189 <i>Perilla</i> accessions for each morphological trait type			
QL1 (color of leaf surface)	1 (37, 19.6%)	2 (107, 56.6%)	3 (43, 22.8%)	4 (2, 1.1%)
QL2 (color of reverse side of leaf)	1 (80, 42.3%)	2 (99, 52.4%)	3 (9, 4.8%)	4 (1, 0.5%)
QL3 (stem color)	1 (36, 19.0%)	2 (107, 56.6%)	3 (44, 23.3%)	4 (2, 1.1%)
QL4 (shape of leaf)	1 (64, 33.9%)	2 (76, 40.2%)	3 (49, 25.9%)	
QL5 (flowering period)	1 (75, 39.7%)	2 (114, 60.3%)		
QL6 (degree of pubescence)	1 (18, 9.5%)	2 (114, 60.3%)	3 (57, 30.2%)	
QL7 (fragrance of plant)	1 (153, 81.0%)	2 (3, 1.6%)	3 (33, 17.5%)	

형질들에 대한 형태적 특성 조사 결과를 이용하여 주성분 분석(principal component analysis, PCA)을 수행하였다(Table 4, Fig. 2). 주성분 분석(PCA)은 들깨 189계통들에서 조사된 7개 형질

Table 4. Cumulative variances of first and second principal components and the loadings of 7 morphological characters on each principal component.

Morphological character	Eigenvectors	
	1	2
QL6 (Degree of pubescence)	-0.158	0.750
QL5 (Flowering period)	-0.156	0.759
QL4 (Shape of leaf)	0.064	0.076
QL2 (Color of reverse side of leaf)	0.139	-0.028
QL7 (Fragrance of plant)	0.270	-0.415
QL3 (Stem color)	0.967	0.189
QL1 (Color of leaf surface)	0.971	0.171
Cumulative variance (%)	28.9	19.7

Fig. 2. Projection of 189 accessions of cultivated var. *frutescens* of *Perilla* crop in the first and second principal components (◆ = accessions of Gangwon-do; ▲ = accessions of Gyeonggi-do; × = accessions of Gyeongsang-do; ■ = accessions of Chungcheong-do; ■ = accessions of Jeolla-do).

들의 data에 대하여 Microsoft Excel 통계 프로그램과 NTSYS-pc V2.1 (Rohlf 1998) 프로그램을 이용하여 분석을 수행하였다. 또한 들깨 189계통들에 대하여 조사된 7개의 형질들 사이에서의 유의성 식별하기 위해 IBM SPSS Statistics V24 통계 프로그램을 이용하여 상관분석을 수행하였다(Table 5).

결과 및 고찰

한국의 재래종 들깨 계통들의 형태적 변이

본 연구는 농촌진흥청 농업유전자원센터에서 보존하고 있는 재래종 들깨 189계통들에 대하여 잎의 품질과 관련된 7개의 농업적 형질을 이용하여 형태적 변이를 조사하였다. 본 연구에서 189계통들에서 측정된 7개의 형질들에 대한 형태적 특성 결과는 Table 3에 나타내었다. 그 결과, 엽면색(QL1)은 연녹색, 녹색, 진녹색 그리고 연자색 등 4개형으로 구분되었으며, 조사된 전체 계통들 중에서 연녹색 37계통(19.6%), 녹색 107계통(56.6%), 진녹색 43계통(22.8%) 그리고 연자색 2계통(1.1%)으로 관찰되었다. 엽이면색(QL2)은 연녹색, 녹색, 진녹색 그리고 연자색 등 4개형으로 구분되었으며, 전체 계통들 중에서 연녹색 80계통(42.3%), 녹색 99계통(52.4%), 진녹색 9계통(4.8%) 그리고 연자색 1계통(0.5%)으로 관찰되었다. 줄기색(QL3)의 경우도 연녹색, 녹색, 진녹색 그리고 연자색 등 4개형으로 구분되었으며, 전체 계통들 중에서 연녹색 36계통(19.0%), 녹색 107계통(56.6%), 진녹색 44계통(23.3%) 그리고 연자색 2계통(1.1%)으로 관찰되었다. 잎모양(QL5)은 피침형, 심장형, 장타원형 등 3개형으로 구분되었으며, 전체 계통들 중에서 피침형 64계통(33.9%), 심장형 76계통(40.2%) 그리고 장타원형 49계통(25.9%)으로 관찰되었다. 개화기(QL5)는 중생종(8월21일~9월5일경)과 만생종(9월 6일 이후 개화) 2개형으로 구분되었으며, 전체 계통들 중에서 중생종이 75계통(39.7%), 만생종이 114계통(60.3%)으로 관찰되었다. 모용다삭(QL6)는 적음, 보통, 많음 등 3개형으로 구분되

Table 5. Correlation coefficients among 7 morphological characters in 189 accessions of cultivated var. *frutescens* of *Perilla* crop.

Traits	QL2	QL3	QL4	QL5	QL6	QL7
QL1	0.060	0.966**	0.048	-0.048	-0.040	0.126
QL2		0.083	0.040	0.065	-0.143*	-0.044
QL3			0.010	-0.036	-0.020	0.119
QL4				0.057	-0.008	0.040
QL5					0.320**	-0.151*
QL6						-0.123

* Significance at $p < 0.05$, ** Significance at $p < 0.01$

었으며, 전체 계통들 중에서 18계통(9.5%)은 모용이 적었고, 114계통(60.3%)은 보통이었으며, 그리고 57계통(30.2%)은 많은 것으로 관찰되었다. 식물체형(QL7)은 들깨형, 차조기형 그리고 기타형 등 3개형으로 구분되었으며, 전체 계통들 중에서 들깨형이 153계통(81.0%), 차조기형이 3계통(1.6%) 그리고 기타형이 33계통(17.5%)으로 관찰되었다. 한편 본 연구에서 기타형의 계통들은 박하형, 들깨와 차조기의 중간 또는 무형 등을 나타내고 있다.

이상의 결과에 의하면 농촌진흥청 유전자원센터에 보존하고 있는 재래종 들깨 계통들은 잎과 줄기색이 녹색인 계통들이 가장 많은 비중을 차지하고 있었으며, 또한 잎의 모양은 심장형이고, 모용이 보통이며 들깨형을 나타내는 계통들이 가장 많은 것으로 관찰되었다. 이러한 특성을 나타내는 계통들이 많은 비율을 차지하는 것은 아마도 옛날부터 우리나라에서 들깨 잎의 이용(절임 또는 장아찌 등)과 관련성이 있는 것으로 생각되었다. 한편 개화기의 경우 본 조사에서 중생종보다 만생종 계통들이 많이 분포하고 있었는데, 이것은 분석에 이용된 자원들의 수집지역이 중북부보다 남부지역이 더 많은 결과에 기인한 것으로 생각되었다. 그리고 본 연구에서 조사한 189계통들 중에서 조생종 계통들은 발견되지 않았는데, 이것은 잎 채소용 품종개발을 위하여 유전자원센터의 기초정보를 활용하여 자원을 선발하는 과정에서 중생종 이상의 자원들만 선발하였기 때문이다.

어떤 작물이 재배되고 있는 지역에서 지리적 분포에 의한 작물 종 내에서의 형태적 변이는 그 작물 종의 분화 및 진화를 연구하는데 있어 매우 유용한 정보를 제공할 수 있다(Gould & Johnston 1972, Wyatt & Antonovics 1981, Hancock 1992, Lee & Ohnishi 2001, Rachel & Michael 2013). 특히 작물 종의 변종 및 재래종들 사이에서의 형태적 변이는 서로 다른 환경들 속에서 오랜 시간 동안 인간에 의한 재배화 과정 즉 선발과 이용 등에 따라 영향을 받을 수 있다(Schwanitz 1966, Hancock 1992, Harlan 1992). 들깨 속(*Perilla species*) 작물의 경우도 동아시아 지역에서 오랜 세월 동안 인간에 의한 재배화 과정을 통하여 많은 생리적 및 형태적 변이를 나타낸 것으로 생각된다. 예를 들면, 들깨의 재배형 계통들은 그들의 잡초형들보다 종자가 크고 부드러우며, 또한 휴면성이 거의 없거나 약한 것으로 보고되었다(Lee & Ohnishi 2001, Sa et al. 2013, 2015, Ha et al. 2021). 반면에 차조기 작물의 경우는 오늘날 주로 일본에서 재배되고 있지만, 우리나라에서 발견되는 잡초형들과 생리적 및 형태적으로 큰 차이를 나타내지 않고 있다. 즉 우리나라 및 일본에서 수집된 차조기의 재배형 및 잡초형 계통들은

종자 크기가 모두 작고 종실이 딱딱하며 강한 휴면성을 지니고 있다(Lee & Ohnishi 2001, Sa et al. 2013, 2015). 따라서 Lee & Ohnishi (2001)는 일본에서 재배되고 있는 차조기의 경우는 반재배형 또는 잡초형을 그대로 재배에 이용하고 있는 것으로, 반면에 재배형 들깨의 경우는 그들의 잡초형보다 크고 부드러운 종자 그리고 휴면성이 거의 없으므로 인간에 의한 재배화 과정으로 진화된 것으로 보고하였다. 오늘날 들깨는 동아시아 지역 중 특히 우리나라에서 가장 많이 재배·이용되고 있다(Lee & Ohnishi 2003, Nitta et al. 2003). 특히 서언(Introduction)에서 이미 언급한 것처럼 우리나라에서 들깨는 오랜 세월 동안 종자의 경우 참깨 종자처럼 식용유와 조미료용으로 이용되고 있으며, 잎의 경우는 절임(또는 장아찌)로 이용되고 있다. 또한 오늘날에는 육류소비 증가와 더불어 들깨 잎을 상추 잎처럼 신선잎 채소로 이용하고 있으므로 우리나라에서 오랜 세월 동안 이와 같은 들깨 종자와 잎의 이용이 재래종 들깨의 형태적 변화에 영향을 준 것으로 생각되었다.

재래종 들깨 계통들에 대한 주성분 분석

본 연구에서 조사된 재래종 들깨 189계통들 사이에서의 형태적 변이를 이해하기 위해서, 7개의 형태적 형질들에 대한 특성조사 결과를 이용하여 주성분 분석(PCA)을 수행하였다(Table 4, Fig. 2). 그 결과, 제 1차 및 제 2차 component는 전체 변이 중 28.9%와 19.7%를 각각 나타내어 전체 48.6%의 변이를 나타내었다(Table 4). 이 결과에 의하면, 제 1차 component에서 엽면색(0.971)과 줄기색(0.967)은 양의 방향으로 크게 기여하였으며, 반면에 모용다소(-0.158)과 개화기(-0.156)는 음의 방향으로 기여했다. 또한 제 2차 component에서 개화기(0.759)와 모용다소(0.750)는 양의 방향으로 크게 기여하였으며, 식물체형(-0.415)은 음의 방향으로 크게 기여하였다. 따라서 분석에 이용한 7개의 형질들 중에서 특히 엽면색(QL1), 줄기색(QL3), 개화기(QL5) 그리고 모용다소(QL6) 등의 형질들은 우리나라 재래종 들깨 계통들의 형태적 변이를 구분하는데 유용하게 이용될 것으로 생각되었다.

또한 주성분 분석의 결과에서 재래종 들깨 189계통들은 제 1축(X축)을 기준으로 189계통들은 일부 계통들을 제외하면 3개 그룹으로 명확하게 구분되었다(Fig. 2). 그룹1 (Group 1)에 포함된 계통들은 엽면색과 줄기색이 대부분 연녹색을, 그룹2 (Group 2)의 계통들은 엽면색과 줄기색이 대부분 녹색을, 그리고 그룹3 (Group 3)의 계통들은 엽면색과 줄기색이 대부분 진녹색을 나타내고 있었다. 즉 그룹1 (Group 1)과 그룹2 (Group 2)의 계통들은

대부분 재배형 들깨의 일반적인 특성을 나타내고 있는 반면에 그룹3 (Group 3)에는 특이적인 형질을 나타내는 계통들이 많이 포함되어 있었다. 그러나 분석에 이용된 나머지 형질들은 각 그룹의 계통들 사이에서 그룹간 특별한 형태적 특징을 나타내지 못하였다. 또한 국내 및 국외에서 수집된 계통들도 각 그룹들 사이에 혼합되어 분포하고 있으므로 수집 지역간 지리적 분포를 명확히 나타내지 못하였다. 이러한 결과는 이전의 Lee et al. (2002), Sa et al. (2013) 그리고 Oh et al. (2020) 등의 보고처럼 동아시아 지역 및 우리나라에서 재래종 들깨 계통들은 오랜 세월 동안 인간에 의해 재배되어 오면서 국가 간 그리고 국내 지역 간에 종자 교류가 다양한 경로를 통하여 이루어진 것으로 생각되었다. 따라서 본 연구결과는 우리나라에서 재래종 들깨의 형태적 특성에 따른 분포 그리고 지리적 분포에 따른 지역별 종자 확산(seed diffusion)을 이해하는데 도움을 줄 것으로 기대된다.

재래종 들깨 계통들의 형태적 특성에 대한 상관분석

본 연구에서는 재래종 들깨 189계통들에서 조사된 7개의 형질들에 대하여 1%와 5% 유의수준에서 상관관계를 분석하였다 (Table 5). 그 결과, 엽면색(QL1)은 줄기색(QL3, 0.966**)과 1% 유의수준에서 높은 정의 상관관계를 나타내었고, 엽이면색(QL2)은 모용다소(QL6)와 5% 유의수준에서 부의 상관관계를 나타내었다. 그리고 개화기(QL5)는 모용다소(QL6, 0.320**)와 1% 유의수준에서 정의 상관관계를 그리고 식물체향(QL7, -0.151*)과 5% 유의수준에서 부의 상관관계를 나타냈다. 그러나 상관관계 분석에 이용된 나머지 형질들 사이에서는 뚜렷한 유의성이 나타나지 않았다. 이상의 결과에 의하면, 특히 분석에 이용된 7개의 형질들 중에서 엽면색(QL1)과 줄기색(QL3)은 매우 높은 정의 상관관계를 나타내고 있었는데, 이러한 결과는 주성분 분석의 결과와 마찬가지로 조사한 형질들 중에서 엽면색(QL1)과 줄기색(QL3)은 재래종 들깨 계통을 구분하는데 유용한 형질인 것으로 생각되었다. 따라서 본 연구에서 분석에 이용한 형질들 중에서 양의 방향과 부의 방향에서 상관성이 높은 형질들은 앞으로 잎채소용 품종개발을 위한 유용자원 계통들을 선발하는데 유용하게 이용될 것으로 기대되었다.

우리나라에서 들깨 육종의 장기적인 성공과 이들의 유전자원을 최대한 활용하기 위해서는 우리나라에서 재배되고 있는 재래종 들깨 품종 및 계통들 사이의 형태학적 변화를 이해하는 것이 무엇보다 필요하다. 특히 재배 작물과 품종의 형태학적 변화는 재배 환경, 지리적 분포, 재배 지역 또는 서식지 내의 재배 역사에

의해 영향을 받을 가능성이 높다(Schwanitz 1966, Gould & Johnston 1972, Harlan 1992). 그러므로 본 연구에서 수행한 형태적 특성 조사와 주성분 및 상관관계 분석 결과는 앞으로 우리나라 농촌진흥청 유전자원센터에서 보유하고 있는 재래종 들깨 계통들에 대한 형태적 변이를 이해하는데 유용한 정보를 제공할 것으로 기대된다. 더욱이 최근 들깨 작물은 우리나라에서 식용유 및 쌈 채소로 각광을 받고 있으므로 앞으로 소비자의 기호에 맞는 새로운 고품질의 종실용 및 잎채소용 신품종 개발이 필요한 것으로 생각된다. 따라서 본 연구결과는 농업유전자원센터에서 보유하고 있는 들깨 자원들에 대하여 향후 잎채소용 들깨 품종개발을 위한 유용자원 선발과 유전자원 보존 및 관리에 유용한 정보를 제공할 것으로 기대한다.

적 요

본 연구는 우리나라 농촌진흥청 유전자원센터에서 보존하고 있는 재래종 들깨 189계통들에 대한 형태적 변이를 이해하기 위하여 잎 품질과 관련된 7개의 형질들을 이용하여 형태적 특성 조사를 수행하였다. 형태적 특성 조사 결과에 의하면, 잎과 줄기 색이 녹색이고, 잎 모양이 심장형이며, 모용이 보통이고 들깨향을 나타내는 계통들이 가장 많은 비중을 차지하고 있었다. 주성분 분석에 결과에서 제 1차 및 제 2차 component는 전체 변이에서 28.9%와 19.7%를 각각 나타내어 전체 48.6%의 변이를 나타내었다. 분석에 이용된 7개의 형질들 중에서 제 1차 component에서는 엽면색(QL1)과 줄기색(QL3)이 양의 방향으로, 그리고 개화기(QL5)와 모용다소(QL6)가 음의 방향으로 각각 기여했다. 제 2차 component에서는 개화기(QL5)와 모용다소(QL6)가 양의 방향으로 그리고 식물체향(QL7)이 음의 방향으로 각각 기여하였다. 주성분 분석의 결과, 재래종 들깨 189계통들은 제 1축(X축)을 기준으로 일부 계통들을 제외하고 3개 그룹으로 명확히 구분되었다. 그러나 국내 및 국외에서 수집된 자원들은 수집지역간에 명확한 지리적 분포를 나타내지 못하였다. 상관관계 분석에서는 7개의 형질들 중 엽면색(QL1)과 줄기색(QL3) 그리고 개화기(QL5)와 모용다소(QL6)는 1% 유의수준에서 높은 정의 상관관계를 나타내었고, 엽이면색(QL2)과 모용다소(QL6) 그리고 개화기(QL5)와 식물체향(QL7)은 5% 유의수준에서 부의 상관관계를 나타내었다. 따라서 본 연구결과는 앞으로 농촌진흥청 농업유전자원센터에서 보유하고 있는 들깨 자원들에 대하여 잎채소용 들깨 품종개발을 위한 유용자원 선발과 유전자원 보존 및 관리에 유용한 정보를 제공할 것으로 기대한다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 유전자원센터 연구사업(과제번호: PJ014227032021, PJ0142272021)과 중자 유전자원 보존관리(과제번호: PJ0158172021)의 지원으로 연구하였음.

REFERENCES

- Asif M. 2011. Health effects of omega-3,6,9 fatty acids: *Perilla frutescens* is a good example of plant oils. *Orient Pharm Exp Med* 11: 51-59.
- D'hoop BB, Paulo MJ, Kowitwanich K, Senger M, Visser RGF, van Eck HJ, van Eeuwijk FA. 2010. Population structure and linkage disequilibrium unravelled in tetraploid potato. *Theor Appl Genet* 121: 1151-1170.
- Gould SJ, Johnston RF. 1972. Geographic variation. *Ann Rev Ecol Syst* 3: 457-498.
- Hancock JF. 1992. Plant evolution and the origin of crop species, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Harlan JR. 1992. Origins and processes of domestication. pp. 159-175. In: Chapman GP. (Ed) Grass evolution and domestication. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hashimoto M, Matsuzaki K, Kato S, Hossain S, Ohno M, Shido O. 2020. Twelve-Month Studies on *Perilla* Oil Intake in Japanese Adults-Possible Supplement for Mental Health. *Foods* 9: 530.
- Kim KH, Lee KR, Kim JB, Lee MH, Lee EG, Kim NH, Lee HS, Kim SL, Baek JH, Choi IC, Ji HS. 2018. Development of *Perilla frutescens* with Low Levels of Alpha-Linolenic Acid by Inhibition of a delta 15 desaturase Gene. *Korean J Breed Sci* 50: 463-471.
- Lee JI, Han ED, See ST, Park HW. 1986. Study on the evaluation of oil quality and the differences of fatty acid composition between varieties in *Perilla* (*Perilla frutescens* Britton var. *japonica* Hara). *Kor J Breed Sci* 18: 228-233.
- Lee JI, Bang JK, Lee BH, Kim KH. 1991. Quality improvement in *Perilla*. I. Varietal differences of oil content and fatty acid composition. *Kor J Crop Sci* 36: 48-61.
- Lee JK, Ohnishi O. 2001. Geographic differentiation of morphological characters among *Perilla* crops and their weedy types in East Asia. *Breed Sci* 51: 247-255.
- Lee JK, Ohnishi O. 2003. Genetic relationships among cultivated types of *Perilla frutescens* and their weedy types in East Asia revealed by AFLP markers. *Genet Resour Crop Evol* 50: 65-74.
- Lee JK, Nitta M, Kim NS, Park CH, Yoon KM, Shin YB, Ohnishi O. 2002. Genetic diversity of *Perilla* and related weedy types in Korea determined by AFLP analyses. *Crop Sci* 42: 2161-2166.
- Lee MH, Ha TJ, Jung CS, Pae SB, Hwang JD, Han SI, Park CH, Park KY, Lee SK, Park CH. 2010. A new *Perilla* cultivar for edible seed 'Anyu' with early maturity and high oil content. *Korean J Breed Sci* 42: 218-221.
- Lee MH, Jung CS, Pae SB, Oh KW, Lee YY, Oh SK, Park KY, Ahn YS, Park CB, Hwang JD, Park CH. 2012. A new *Perilla* cultivar for edible vegetable 'Donggeul1'. *Korean J Breed Sci* 44: 338-341.
- Lee MH, Kim JI, Kim SU, Pae SB, Hwang JD, Song DY, Oh KW, Oh EY, Ha TJ, Lee BK, Jung CS, Baek IY. 2018. Development of *Perilla* cultivar 'Deulsaem' with high yield and oil content for edible seed. *Korean J Breed Sci* 50: 161-164.
- Li HL 1969. The vegetables of ancient China. *Econ Bot* 23: 235-260.
- Ma SJ, Sa KJ, Hong TK, Lee JK. 2019. Genetic diversity and population structure analysis in *Perilla* crop and their weedy types from northern and southern areas of China based on simple sequence repeat (SSRs). *Genes Genom* 41: 267-281.
- Makino T. 1914. *Perilla ocimoides* Linn. *Botanical Magazine* 28: 180.
- Makino T. 1961. Makino's New Illustrated Flora of Japan. Hokuryu-kan, Tokyo.
- Nakai T. 1917. *Perilla hirtella* Nakai. Sp. nov. *Bot Mag* 31: 285.
- Nitta M. 2001. Origin *Perilla* crops and their weedy type. Ph.D Thesis, Kyoto University, Kyoto.
- Nitta M, Lee JK, Ohnishi O. 2003. Asian *Perilla* crops and their weedy forms: their cultivation, utilization and genetic relationships. *Econ Bot* 57: 245-253.
- Odong TL, van Heerwaarden J, Jansen J, van Hintum TJL, van Eeuwijk FA. 2011. Determination of genetic structure of germplasm collections: Are traditional hierarchical clustering methods appropriate for molecular marker data. *Theor Appl Genet* 123: 195-205.
- Oh JS, Sa KJ, Hyun DY, Cho G-T, Lee JK. 2020. Assessment of genetic diversity and population structure among a collection of Korean *Perilla* germplasms based on SSR markers. *Genes Genom* 42: 1419-1430.

25. Rachel SM, Michael DP. 2013. Evolution of crop species: Genetics of domestication and diversification. *Nat Rev Genet* 14: 840-852.
26. Rao VR, Hodgkin T. 2002. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell Tissue Organ Cult* 68: 1-19.
27. Rohlf F. 1998. NTSYS-pc: Numerical taxonomy and multivariate analysis system. version 2.02. Exter Software, Setauket.
28. Schwanitz F. 1966. The origin of cultivated plants. Harvard University Press, Cambridge, MA.
29. Sa KJ, Choi SH, Ueno M, Lee JK. 2015. Genetic diversity and population structure in cultivated and weedy types of *Perilla* in East Asia and other countries as revealed by SSR markers. *Hortic Environ Biotechnol* 56: 524-534.
30. Sa KJ, Choi SH, Ueno M, Park K-C, Park YJ, Ma KH, Lee JK. 2013. Identification of genetic variations of cultivated and weedy types of *Perilla* species in Korea and Japan using morphological and SSR markers. *Genes Genom* 35: 649-659.
31. Shin HS, Kim SW. 1994. Lipid composition of perilla seed. *J Am Oil Chem Soc* 71: 619-622.