

한국산 닭의덩굴속 호장근절(마디풀과)의 화학분류학적 연구

박진희 · 문혜경 · 박종욱*
서울대학교 자연과학대학 생명과학부

Flavonoid chemistry of *Fallopia* sect. *Reynoutria* (Polygonaceae) in Korea

Jin Hee Park, Hye-Kyoung Moon and Chong-Wook Park*

School of Biological Sciences, Seoul National University, Seoul 151-747, Korea
(Received 7 January 2011 : Accepted 11 February 2011)

적 요: 본 연구에서는 한국산 닭의덩굴속 호장근절 분류군들을 대상으로 개체군 수준에서 flavonoid 분석을 수행하여, 본 절 분류군에서 나타나는 형태변이 양상을 화학적 측면에서 파악하고, 이를 토대로 한반도에 분포하는 본 절 분류군들의 실체 및 한계를 정확히 파악하고자 하였다. 그 결과, 한국산 본 절 3분류군 15개 체군의 잎으로부터 19종류의 서로 다른 flavonoid compound가 분리, 동정되었으며, 이들은 flavonol인 quercetin 및 kaempferol 3-O-glycoside들과 flavone인 apigenin 및 luteolin C-glycoside들이었다. 이들 compound들 중 한국산 본 절 식물에 분포하는 주요 flavonoid compound는 quercetin 3-O-galactoside 와 quercetin 3-O-glucoside이었다. 본 절 한국산 분류군들은 그 flavonoid 조성에 의해 뚜렷이 구분되는 것으로 밝혀졌으며, 이러한 결과는 기존의 외부 형태학적 연구 결과와 전반적으로 일치하였다. 한편, 잡종으로 추정되는 논산 개체군의 flavonoid 조성은 *F. japonica* var. *japonica*, *F. forbesii* 및 *F. sachalinensis*와 일부 compound를 공유하는 것으로 나타났다. *Fallopia japonica* var. *japonica*의 경우, 염색체수 배수화에 따른 flavonoid 조성의 정성적 차이는 발견할 수 없었으나, 지리적 변이가 일부 나타나는 것으로 밝혀졌다.

주요어: 마디풀과, 닭의덩굴속, 호장근절, 플라보노이드, 화학분류

ABSTRACT: Fifteen populations comprising three taxa and a putative hybrid of *Fallopia* sect. *Reynoutria* in Korea were examined for their leaf flavonoid constituents. Nineteen flavonoid compounds were isolated and identified; they were glycosylated derivatives of the flavonols quercetin and kaempferol, and of the flavones apigenin and luteolin. Among them, quercetin 3-O-galactoside and quercetin 3-O-glucoside were major flavonoid constituents, and present in all taxa. The flavonoid data appear to be very useful for taxon delimitation, and all taxa examined are readily distinguished by their flavonoid profiles. In addition, the flavonoid data suggest that the Nonsan population may be of hybrid origin involving *F. japonica* var. *japonica*, *F. forbesii*, and *F. sachalinensis*. In *F. japonica* var. *japonica*, there is no apparent correlation between their levels of polyploidy and flavonoid chemistry, but geographical variation of the flavonoid profiles among some populations was detected.

Keywords: Polygonaceae, *Fallopia*, sect. *Reynoutria*, flavonoids, chemotaxonomy

마디풀과(Polygonaceae)에 속하는 닭의덩굴속(*Fallopia* Adans.)에는 전 세계적으로 16종이 포함되어 있다(Kim et al., 2000a, b). 본 속 식물은 유럽, 아시아, 북미를 포함하는 북반구 온대 지역에 주로 분포하며, 생육습성, 줄기의 형태, 주두의 형태, 그리고 털의 미세구조 및 분포 양상 등에 의해 크게 *Fallopia*, *Parogonum*, *Pleuropterus* 및 *Reynoutria*의 4개

의 절로 세분되어 왔다(Holub, 1971; Haraldson, 1978; RONSE Decraene and Akeroyd, 1988; Bailey and Stace, 1992).

호장근절[sect. *Reynoutria* (Houtt.) RONSE Decr.]은 다년생 초본인 생육특성, 0.5–4.0 m 정도로 길고 굵게 신장되어 직립하는 줄기, 많은 꽃이 달리는 원추형의 화서, 잘 발달된 굵은 지하경, 그리고 높은 배수체 현상이 나타나는 염색체수($2n = 44, 66, 88, 132$) 등의 특징에 의해 속내 다른 절 식물들과 뚜렷이 구분되며, 현재까지 본 절에는 최대 12

*Author for correspondence: parkc@snu.ac.kr

종이 기재되어 있다(Kim and Park, 2000). 본 절 식물은 중국, 한국, 사할린 및 일본을 포함하는 동아시아 지역에 주로 분포하나, 최근 북미, 유럽, 남아프리카 공화국, 뉴질랜드 등에 유입되어 광범위한 지역에 널리 퍼지고 있다(Conolly, 1977; Mitchell and Dean, 1978; Beerling et al., 1994; Hollingsworth et al., 1999; Bailey et al., 2007; Gammon et al., 2007; Gammon and Kesseli, 2010).

한반도에 분포하는 본 절 식물로는 *F. japonica* (Houtt.) Ronse Decr. var. *japonica*(호장근), *F. forbesii* (Hance) Yonekura and H. Ohashi(감절대) 및 *F. sachalinensis* (F. Schmidt) Ronse Decr.(왕호장근) 3분류군이 생육하는 것으로 알려져 있다(Kim and Park, 2000). 이들 종은 식물체의 크기, 잎의 크기, 엽선 및 엽저의 형태 등의 형태적 차이에 근거를 두고 있으나, (1) 마디풀과내 다른 종들과 마찬가지로 지역 및 환경에 따라 대부분의 형태형질에 있어 매우 복잡한 양상의 변이가 나타나고, (2) 다양한 배수체 현상이 나타나며, (3) 잡종형성이 흔히 되기 때문에(Bailey and Stace, 1992), 이들의 분화정도, 분류학적 타당성, 한계 및 계급 설정 등에 있어 학자간의 견해 차이가 심하다(Small, 1895; Makino, 1901, 1928; Koidzumi, 1917; Steward, 1930; Honda, 1932, 1935, 1936; Nakai, 1938; Ohwi, 1978; Kim and Park, 2000).

한편 본 절이 속하는 마디풀과(Polygonaceae)의 경우, flavonoid 조성은 각 분류군들의 한계 및 유연관계를 규명하는데 매우 유용한 것으로 밝혀져 있다(Kawasaki et al., 1986; Park, C., 1987; Mun and Park, 1995; Kim et al., 2000a, b). 특히, Kim et al. (2000a, b)은 닭의덩굴속 닭의덩굴절(sect. *Fallopia*), 하수오절[sect. *Pleuropterus* (Turcz.) Haraldson] 및 *Parogonum*절(sect. *Parogonum* Haraldson)에 속하는 분류군들의 flavonoid 조성을 분석한 바 있으며, 그 결과 이들 절에 속하는 분류군들은 그 flavonoid 조성에 있어 뚜렷한 차이가 나타나고, 또한 하수오절의 경우 서로 이질적인 2계열이 존재하는 것을 밝힌 바 있다.

따라서, 본 연구에서는 한국산 호장근절 분류군들을 대상으로 개체군 수준에서 flavonoid 분석을 수행하여, 본 절 분류군에서 나타나는 형태변이 양상을 화학적 측면에서

파악하고, 이를 토대로 한반도에 분포하는 본 절 분류군들의 실제 및 한계를 정확히 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

Flavonoid 분석은 호장근절 한국산 3분류군 15개체군 23개체를 사용하여 수행하였다. 분석 재료는 서울 연건동, 경기도 광릉, 관악산, 경북 주왕산, 황학산, 울릉도, 경남 함안, 제주도 아라동, 교래리 등지의 개체군에서 직접 채취한 잎과 충남 논산, 전남 백운산, 경북 울릉도, 제주도 교래리 등에서 개체군 별로 채집하여 서울대학교 포장에 이식, 재배 중인 개체에서 채취한 잎을 사용하였다. 이들 개체군 중 3분류군 9개체군 재료는 각 분류군에 분포하는 flavonoid 구조 동정을 위해 사용하였으며, 나머지 개체군 재료는 two-dimensional thin layer chromatography (2D-TLC)를 사용하여 그 flavonoid 조성을 확인하였다. 분석에 사용된 개체군들의 채집정보는 Table 1에 제시되어 있으며, 확증표본은 서울대학교 생명과학부 표본관(SNU)에 소장하였다.

추출 및 일차정제

Flavonoid 분석 방법은 Kim et al. (2000a, b)의 방법을 변형하여 사용하였다. 즉, 상온에서 건조시킨 약 10 g의 잎을 분쇄한 후, 이로부터 85% aqueous methanol (MeOH) 200 ml로 24시간 2회, 50% MeOH 200 ml로 12시간 1회씩 상온에서 flavonoid compound를 추출하였다. 각 추출액은 합한 뒤 여과하여 rotary vacuum evaporator로 40°C에서 농축하였으며, 농축된 추출액은 chloroform을 사용하여 엽록소를 1차 제거한 뒤, 다시 ethyl acetate (EtOAc)를 사용하여 flavonoid compound만을 추출하였다. 그 결과 얻어진 flavonoid compound를 포함하는 EtOAc fraction을 동일한 방법으로 2-3 ml 정도로 농축하였으며, 농축된 EtOAc fraction을 cellulose TLC plate (Merck, thickness 100 µm, 20 cm × 20 cm)에 소량 spotting한 뒤 이를 TBA (tert.-butanol-acetic acid-

Table 1. Sources of leaf materials for flavonoid analyses. All vouchers are at SNU. Collections from which bulk extracts were prepared are marked an asterisk(*) following collection numbers.

<i>F. japonica</i> (Houtt.) Ronse Decr. var. <i>japonica</i>. KOREA. Jeju Prov.: Jeju-shi, Ara-dong, <i>Kim 1*</i> ; Jeju-shi, Gyora-ri, <i>Kim 6</i> . Gyeongnam Prov.: Haman-gun, Namgang river, <i>Park 38*</i> , <i>Kim 481*</i> . Seoul: Mt. Gwanak, <i>Park 41*</i> , <i>Kim 160*</i> ; Seoul National University campus, transplanted from Ara-dong, Jeju-shi, Jeju Prov., <i>Kim 540*</i> ; Seoul National University campus, transplanted from Gyora-ri, Jeju-shi, Jeju Prov., <i>Kim 547*</i> ; Seoul National University campus, transplanted from Mt. Baekun, Jeonnam Prov., <i>Park 36</i> , <i>Kim 100</i> , <i>Kim 462*</i> .
<i>F. forbesii</i> (Hance) Yonekura & H. Ohashi. KOREA. Gyeonggi Prov.: Gwangreung, <i>Park 1</i> , <i>Park 2</i> . Gyeongbuk Prov.: Mt. Juwang, <i>Park 11</i> ; Mt. Hwanghak, <i>Park 21</i> . Seoul: Cultivated in Yeongeon-dong, <i>Kim 550*</i> ; Seoul National University campus, transplanted from Korea University campus, Seoul, <i>Park 26*</i> .
<i>F. sachalinensis</i> (F. Schmidt) Ronse Decr. KOREA. Gyeongbuk Prov.: Ulleung Island, Tonggumi, <i>Kim 11</i> ; Ulleung Island, Sadong, <i>Kim 21</i> . Seoul: Cultivated in Yeongeon-dong, <i>Park 81*</i> ; Seoul National University campus, transplanted from near Bongrae Fall, Ulleung Island, <i>Park 71*</i> , <i>Kim 480*</i> .
Putative hybrid population. KOREA. Chungnam Prov.: Nonsan-shi, Yangji-ri, <i>Kim 546*</i> .

water, 3:1:1, v/v/v)와 15% HOAc (15% acetic acid in water)를 용매로 하여 2차원 전개시켜 자외선 하에서 각 분류군에 분포하는 flavonoid compound의 조성을 확인하였다. 이후, 상기한 2D-TLC 상에서 확인된 flavonoid compound를 분리하기 위하여 동일 EtOAc fraction을 Whatman 3MM chromatography paper 위에 가는 band 모양으로 streaking한 후 15% HOAc를 solvent로 하여 1차원으로 전개시켰다. 그 결과 paper chromatogram 상에서 분리된 각 flavonoid band를 가늘게 자른 후 100% MeOH로 elution하여 농축, 여과한 후 이를 high performance liquid chromatography (HPLC)를 사용하여 포함되어 있는 flavonoid compound들을 최종 분리, 정제하였다.

HPLC

HPLC는 UV detector가 장착된 Gilson Model 305-306/115UV Dual Pump System을 사용하였다. 상기한 방법으로 일차 분리, 농축한 각 flavonoid sample은 Waters semi-preparative μ Bondapak C-18 column (7.8 mm \times 30 cm)에 주입하여 최종 분리, 정제하였다. Elution은 2% HOAc에서 acetonitrile의 농도를 15%에서 30%로 27분에 걸쳐 변화시킨 gradient elution 방법을 사용하였으며, flow rate는 3 ml/min이었다. Flavonoid compound의 검출은 254 nm에서 0.2–1 a.u.f.s. sensitivity로 수행하였으며, 각 peak의 absolute retention time은 stopwatch를 사용하여 측정하였고 internal standard로는 quercetin 3-O-rhamnoglucoside를 사용하였다.

구조 동정

HPLC에서 분리 정제한 각 flavonoid compound는 UV spectral analysis, acid 및 alkaline hydrolysis, cellulose TLC 상에서의 R_f value, UV light에서의 색깔 및 HPLC 상에서의 retention time, co-chromatography 등의 방법(Park, 1987; Mun and Park, 1995; Kim et al., 2000a, b)을 이용하여 그 구조를 동정하였다. 각 flavonoid compound에 결합되어 있는 당(sugar)을 동정하기 위한 acid hydrolysis는 7% HCl 수용액을 사용하여 100°C의 항온수조에서 60분 동안 수행하였으며, diglycoside의 경우 결합되어 있는 sugar의 순서를 밝히기 위해 partial acid hydrolysis (Markham, 1982)를 병행하였다.

결 과

본 연구결과 한국산 호장근절 3분류군 15개체군의 잎으로부터 19종류의 서로 다른 flavonoid compound가 분리, 동정되었으며, 이들의 HPLC 상에서의 retention time 및 2-D TLC상에서의 R_f 값은 Table 2에, 각 분류군 및 개체군별 분포는 Table 3에 각각 제시하였다.

한국산 본 절 분류군들에 분포하는 flavonoid compound들은 flavonol인 kaempferol 및 quercetin에 당이 결합된

Table 2. Chromatographic properties of flavonoids identified from *Fallopia* section *Reynoutria* in Korea. RT=absolute retention time. α = RT/RT (internal standard). Solvents: TBA = *tert*-butanol : acetic acid : water (3 : 1 : 1, v/v/v); HOAc = acetic acid : water (15 : 85, v/v).

Compound	RT (min)	α	R_f value	
			TBA	HOAc
1. Kaempferol 3-O-glucoside	12.95	1.24	0.59	0.29
2. Kaempferol 3-O-glycoside	16.00	1.54	0.68	0.35
3. Quercetin	25.02	2.41	0.39	0.01
4. Quercetin 3-O-galactoside	11.10	1.07	0.42	0.18
5. Quercetin 3-O-glucuronide	11.22	1.08	0.33	0.19
6. Quercetin 3-O-glucoside	11.25	1.08	0.44	0.19
7. Quercetin 3-O-xyloside	12.05	1.16	0.47	0.14
8. Quercetin 3-O-arabinoside	12.70	1.22	0.62	0.16
9. Quercetin 3-O-rhamnoside	13.05	1.25	0.61	0.30
10. Quercetin 3-O-rhamnoglucoside	10.40	1.00	0.35	0.36
11. Quercetin 3-O-glycoside	13.15	1.26	0.65	0.27
12. Apigenin 8-C-glycoside	10.20	0.98	0.25	0.08
13. Apigenin 6-C-glycoside	10.70	1.03	0.49	0.29
14. Apigenin C-glycoside I	10.95	1.05	0.52	0.30
15. Apigenin C-glycoside II	11.00	1.06	0.51	0.42
16. Apigenin C-glycoside III	16.24	1.56	0.73	0.29
17. Luteolin 8-C-glycoside	9.30	0.89	0.10	0.04
18. Luteolin 6-C-glycoside	8.90	0.86	0.27	0.15
19. Luteolin 7-O-xyloside	11.10	1.07	0.15	0.09

flavonol glycoside들과 flavone인 apigenin 및 luteolin에 당이 결합된 flavone glycoside들이었다(Table 2). 분리된 compound들 중 한국산 본 절 식물에 분포하는 주요 flavonoid compound는 flavonol인 quercetin 3-O-galactoside (compound 4) 및 quercetin 3-O-glucoside (compound 6)로 모든 분류군에 다량 분포하였다(Table 3). 이들 flavonoid compound들에 결합되어 있는 당의 종류는 flavonol의 경우 glucose, galactose, glucuronic acid, xylose, arabinose, rhamnose 등 일반적으로 flavonol glycoside에서 주로 발견되는 6가지 단당류 모두와 이당류인 rhamnosylglucose이었다. 한편, flavonol compound 중 compound 2와 11은 UV spectral data로 볼 때 각각 kaempferol 3-O-glycoside, quercetin 3-O-glycoside인 것으로 확인되었으나, 결합되어 있는 당의 종류는 완전히 동정하지 못하였다.

고 찰

절간 유연관계

한국산 호장근절의 flavonoid 조성은 주로 flavonol인 quercetin 및 kaempferol 3-O-glycoside들과 flavone인 apigenin 및 luteolin C-glycoside들로 구성되어 있으며(Tables 2, 3),

Table 3. Taxonomic distribution of flavonoids in *Fallopia* sect. *Reynoutria* in Korea. Compound numbers correspond to those in Table 2. tr = compound detected in trace amounts in HPLC.

	Flavonols											Flavones							
	Kaempferol		Quercetin									Apigenin				Luteolin			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<i>F. forbesii</i> s. lat. (2n=66, 88)		●	●	●		●	●	●	●			●	●	●	●		●	●	●
<i>F. japonica</i> var. <i>japonica</i>																			
Inland populations																			
Mt. Baekun popn. (2n=88)	●		●	●	tr	●						●	●			●	●	●	●
Mt. Gwanak popn. (2n=44)	●		●	●	tr	●						●	●			●	●	●	●
Haman population (2n=88)	●		●	●	●	●	●	●	●	●		●	●				●	●	●
Jeju Ara-dong popn. (2n=88)			●	●		●	●	●	●	●		●	●			●	●	●	●
Gyoraeri popn. (2n=66)				●	●		●	●	●	●	●		●	●				●	●
<i>F. sachalinensis</i> (2n=132)	tr		●	●	●	●	●			●	●								
Nonsan population (2n=88)			●	●		●	●	●		●		●	●				●	●	●

본 연구에서 얻어진 한국산 호장근절 분류군의 flavonoid 조성을 기존의 연구 결과(Kim et al., 2000a, b)와 절 수준에서 비교해 볼 때, 본 절은 1) luteolin C-glycoside (compound 18) 및 7-O-glycoside (compound 19)이 분포하는 점에서 닭의덩굴절과, 2) flavone인 apigenin C-glycoside들과 luteolin glycoside들(compound 12-19)이 다양하게 분포하는 점에서 *Parogonum*절과, 그리고 3) myricetin 3-O-glycoside들이 없는 점에서 하수오절과 구분된다. 그러나, 본 절의 전반적인 flavonoid 조성은 하수오절과 매우 유사하며, 특히 flavone compound의 조성은 하수오절의 *F. baldschuanica* (Regel) Holub, *F. koreana* Oh & Kim (Kim et al., 2000b)과 마찬가지로 apigenin 및 luteolin의 C-glycoside들(compound 12-18)로 주로 구성되어 있다(Table 3). 또한, 본 절의 일부 분류군과 하수오절의 *F. baldschuanica* 사이에는 잡종이 형성되는 것으로 보고되어 있으며(Bailey, 1988; Bailey and Stace, 1992), 이러한 결과들을 종합해 볼 때, “*Reynoutria*”를 닭의덩굴속의 한 절로 인식한 Bailey and Stace (1992) 및 Ronse Decraene and Akeroyd (1988)의 견해가 타당한 것으로 판단된다.

종간 및 종내 변이

한반도산 호장근절 분류군들의 flavonoid 조성은 이들의 분화 정도 및 분류학적 한계를 규명하는데 매우 유용한 것으로 나타났다(Table 3). *Fallopia sachalinensis*는 길게 신장되는 줄기(2.0-4.0 m), 현저히 큰 잎, 심장저인 엽저 등의 특징에 의해 본 절내 다른 분류군들과 뚜렷이 구분되며, 한반도의 경우 울릉도에만 국한되어 분포한다(Kim and Park, 2000). 본 종은 flavonoid 조성에 있어서도 절 내 다른 분류군과 뚜렷한 차이를 나타내며, 본 절 다른 분류군에서 나타나는 flavone인 apigenin 및 luteolin glycoside들(compound 12-16, 17-19)이 전혀 분포하지 않는다(Table 3).

Fallopia japonica var. *japonica*와 *F. forbesii*는 잎의 형태에

있어서 복잡한 변이 양상을 나타내어 일부 학자들(Forbes and Hemsley, 1891; Steward, 1930; Lee, W., 1996)은 이들 두 분류군을 동일 분류군으로 처리하기도 하였다. *Fallopia japonica* var. *japonica*와 *F. forbesii*의 flavonoid 조성은 두 분류군 모두 flavonol인 kaempferol 3-O-glycoside들과 quercetin 3-O-glycoside들, apigenin 및 luteolin의 C-glycoside들을 주요 compound로 포함하는 점에서는 서로 유사하나(Table 3), *F. forbesii*는 *F. japonica* var. *japonica*에는 나타나지 않는 quercetin 3-O-xyloside (compound 7), quercetin 3-O-arabinoside (compound 8) 및 quercetin 3-O-rhamnoside (compound 9)를 포함하면서 상대적으로 다양한 flavonoid 조성을 나타낸다(Table 3). 이러한 결과는 본 절에 대한 수리분류학적 연구 결과에 의거하여 *F. forbesii*를 독립된 종으로 판단한 Kim and Park (2000)의 견해를 지지하며, 본 분류군은 형태적으로 잎이 원형 내지 광타원형, 엽저가 원저 또는 둔저인 특징에 의해 *F. japonica* var. *japonica*와 구분된다.

한편, Kim and Park (2000)은 본 절 분류군에 대한 수리분류학적 분석 결과에 근거하여, 논산에서 채집된 개체군을 *F. japonica* var. *japonica*, *F. forbesii* 및 *F. sachalinensis*간의 잡종형성에 의해 유래되었을 가능성이 높은 것으로 추정한다. 본 개체군의 flavonoid 조성은 quercetin 3-O-glycoside들(compound 3-4, 6-8, 10), apigenin 및 luteolin의 C-glycoside들(compound 12-13, 17-18) 및 luteolin 7-O-glycoside (compound 19)를 포함하는 점에서는 *F. japonica* var. *japonica* 또는 *F. forbesii*와, kaempferol 3-O-glycoside들(compound 1-2) 및 quercetin 3-O-rhamnoside (compound 9)가 없고 quercetin 3-O-rhamnoglucoside (compound 10)를 포함하는 점에서는 *F. sachalinensis*와 유사한 중간적 특성을 나타내었으며(Table 3), 이러한 flavonoid 분석 결과는 기존의 수리분류학적 연구 결과(Kim and Park, 2000)를 지지하였다.

또한, 개체군간 염색체수 변이가 나타나는 *F. japonica*

var. *japonica*의 경우, 염색체 배수화에 따른 flavonoid 조성의 뚜렷한 정성적 차이는 없는 것으로 나타났다(Table 3). *Fallopia japonica* var. *japonica* 중에서 염색체수가 $2n = 44$ 인 관악산 개체군을 분석한 결과, $2n = 88$ 인 백운산 개체군의 flavonoid 조성과 근본적으로 차이가 없는 것으로 밝혀졌으며, 단지 kaempferol 3-O-glucoside (compound 1)가 $2n = 88$ 인 백운산 개체군에서 $2n = 44$ 인 관악산 개체군보다 상대적으로 많은 양이 존재하는 것으로 확인되었다. 그러나, 염색체 배수화에 따른 flavonoid 조성상의 차이를 정확히 규명하기 위해서는 염색체수 변이가 나타나는 개체군들에 대한 보다 많은 조사가 요구된다.

한편, *F. japonica* var. *japonica*는 그 flavonoid 조성에 있어서 지리적 변이가 일부 나타나는 것으로 조사되었다(Table 3). 제주도 아라동 개체군 및 교래리 개체군의 flavonoid 조성은 전체적으로 내륙에 분포하는 개체군의 flavonoid 조성과 유사하나, 내륙의 개체군에서 나타나는 kaempferol 3-O-glucoside (compound 1)가 없고 *F. sachalinensis*와 *F. forbesii*의 주요 compound인 quercetin 3-O-glycoside들(compound 7-11)을 포함하여 내륙에 분포하는 본 분류군 개체군들과 flavonoid 조성에 있어서 차이를 나타내었다(Table 3). 이들 제주도 개체군의 잎의 형태는 난형으로 내륙에 분포하는 본 분류군 개체군들과 유사하나, 엽저는 평저가 아닌 췌기저를 가지며, 엽선이 점점두로 길고 잎의 크기가 작은 형태적 특징을 나타낸다. 이러한 형태적 특징 및 flavonoid 조성상의 차이로 볼 때 이들 개체군은 내륙 개체군과 격리되어 분화가 진행되고 있는 것으로 생각된다. *Fallopia japonica* var. *japonica* 내 제주도 개체군들의 이러한 flavonoid 조성은 *F. forbesii*의 flavonoid 조성과 유사한 점이 있으나, 제주도 개체군 개체들은 *F. forbesii* 개체들에 비해 식물체의 크기가 작을 뿐 아니라, 엽선, 엽저 및 엽형을 포함한 잎의 형태 등 형태적으로 뚜렷이 차이가 나며, flavonoid 조성에 있어서도 *F. forbesii*에 나타나는 kaempferol 3-O-glycoside (compound 2) 및 apigenin C-glycoside (compound 15)를 포함하지 않고, *F. forbesii*에 나타나지 않는 quercetin 3-O-glycoside들(compound 5, 10-11) 및 apigenin C-glycoside (compound 16)을 포함하는 특징으로 구분된다.

Fallopia japonica var. *japonica*에 속하는 함안 개체군은 본 분류군의 다른 내륙 개체군들에 분포하는 flavonoid compound들 이외에 *F. sachalinensis* 및 *F. forbesii*에서 나타나는 compound인 quercetin 3-O-glycoside들(compound 7-10)을 포함하는 것으로 나타났다(Table 3). 함안 개체군의 잎의 형태는 난형으로 전체적으로 *F. japonica*의 잎의 형태와 동일하나, 일부 개체에서 줄기의 상부에 달리는 잎은 약한 췌기저의 엽저를 가지며 이러한 특징은 제주도 교래리 개체군과 매우 유사하다. 또한 본 개체군의 열매의 크기는 *F. japonica* var. *japonica*의 다른 개체군들의 열매보다 현저히 크며, *F. forbesii*의 열매 크기와 유사한 것으로 나타났다. 이러한 형태학적 특징과 *F. forbesii*에만 분포하는 quercetin 3-O-rhamnoside

(compound 9)를 포함하는 flavonoid 특성으로 볼 때, 함안 개체군은 *F. japonica* var. *japonica*와 *F. forbesii*와의 잡종 형성에 의해 유래되었을 가능성이 있는 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 한국학술진흥재단의 기초연구과제사업(과제번호 KRF-2006-311-C00550), 및 환경부 차세대핵심환경기술개발사업의 연구비(과제번호 052-081-070, 052-081-071) 지원으로 수행되었습니다.

인용문헌

- Bailey, J. P. 1988. Putative *Reynoutria japonica* Houtt. × *Fallopia baldschuanica* (Regel) Holub hybrids discovered in Britain. *Watsonia* 17: 163-164.
- Bailey, J. P., K. Bimová and B. Mandák. 2007. The potential role of polyploidy and hybridisation in the further evolution of the highly invasive *Fallopia* taxa in Europe. *Ecol. Res. (Tokyo)* 22: 920-928.
- Bailey, J. P. and C. A. Stace. 1992. Chromosome number, morphology, pairing, and DNA values of species and hybrids in the genus *Fallopia* (Polygonaceae). *Pl. Syst. Evol.* 180: 29-52.
- Beerling, D. J., J. P. Bailey and A. P. Conolly. 1994. Biological flora of the British Isles, *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decraene. *J. Ecol.* 82: 959-979.
- Conolly, C. A. 1977. The distribution and history in the British Isles of some alien species of *Polygonum* and *Reynoutria*. *Watsonia* 11: 291-311.
- Forbes, F. B. and W. B. Hemsley. 1891. An enumeration of all the plants known from China proper, Formosa, Hainan, Corea, the Luchu Archipelago and the island of Hongkong. *Polygonaceae*. *J. Linn. Soc. Bot.* 26: 332-358.
- Gammon, M. A., J. L. Grimsby, D. Tsirelson and R. Kesseli. 2007. Molecular and morphological evidence reveals introgression in swarms of the invasive taxa *Fallopia japonica*, *F. sachalinensis*, and *F. × bohemica* (Polygonaceae) in the United States. *Amer. J. Bot.* 94: 948-956.
- Gammon, M. A. and R. Kesseli. 2010. Haplotypes of *Fallopia* introduced into the US. *Biol. Invasions* 12: 421-427.
- Haraldson, K. 1978. Anatomy and taxonomy in Polygonaceae subfam. *Polygonoideae* Meisn. emend. Jaretsky. *Symb. Bot. Uppsal.* 22: 1-95.
- Hollingsworth, M. L., J. P. Bailey, P. M. Hollingsworth and C. Ferris. 1999. Chloroplast DNA variation and hybridization between invasive populations of Japanese knotweed and giant knotweed (*Fallopia*, Polygonaceae). *Bot. J. Linn. Soc.* 129: 139-154.
- Holub, J. 1971. *Fallopia* Adans. 1763 instead of *Bilderdykia* Dum.

1827. Folia Geobot. Phytotax. 6: 171-177.
- Honda, M. 1932. Nuntia ad floram Japoniae XIX. Bot. Mag. (Tokyo) 46: 675-678.
- Honda, M. 1935. Nuntia ad floram Japoniae XXIV. Bot. Mag. (Tokyo) 49: 694-700.
- Honda, M. 1936. Nuntia ad floram Japoniae XXVI. Bot. Mag. (Tokyo) 50: 389-392.
- Kawasaki, M., T. Kanomata and K. Yoshitama. 1986. Flavonoids in the leaves of twenty-eight polygonaceous plants. Bot. Mag. (Tokyo) 99: 63-74.
- Kim, J. Y. and C.-W. Park. 2000. Morphological and chromosomal variation in *Fallopia* section *Reynoutria* (Polygonaceae) in Korea. Brittonia 52: 34-48.
- Kim, M.-H., J. H. Park and C.-W. Park. 2000a. Flavonoid chemistry of *Fallopia* sect. *Fallopia* (Polygonaceae). Biochem. Syst. Ecol. 28: 433-441.
- Kim, M.-H., J. H. Park, H. Won and C.-W. Park. 2000b. Flavonoid chemistry and chromosome numbers of *Fallopia* sect. *Pleuropterus* (Polygonaceae). Can. J. Bot. 78: 1136-1143.
- Koidzumi, G. 1917. Contributiones ad floram Asiae orientalis. Bot. Mag. (Tokyo) 31: 253-262.
- Lee, W. T. 1996. Lineamenta florum Koreae. Academy Publishing Co., Seoul.
- Makino, T. 1901. Observations on the flora of Japan. Bot. Mag. (Tokyo) 15: 83-84.
- Makino, T. 1928. A contribution to the knowledge of the flora of Japan. J. Jap. Bot. 5: 19-22.
- Markham, K. R. 1982. Techniques of flavonoid identification. Academic Press, New York.
- Mitchell, R. S. and J. K. Dean. 1978. Polygonaceae (Buckwheat Family) of New York State. New York State Mus. Bull. 431: 1-79.
- Mun, J.-H. and C.-W. Park. 1995. Flavonoid chemistry of *Polygonum* sect. *Tovara* (Polygonaceae): A systematic survey. Pl. Syst. Evol. 196: 153-159.
- Nakai, T. 1938. Notulae ad plantas Asiae orientalis VI. J. Jap. Bot. 14: 734-751.
- Ohwi, J. 1978. Flora of Japan. Shibundo Co., Tokyo.
- Park, C.-W. 1987. Flavonoid chemistry of *Polygonum* sect. *Echinocaulon*: A systematic survey. Syst. Bot. 12: 167-179.
- Ronse Decraene, L.-P. and J. R. Akeroyd. 1988. Generic limits in *Polygonum* and related genera (Polygonaceae) on the basis of floral characters. Bot. J. Linn. Soc. 98: 321-371.
- Small, J. K. 1895. A monograph of the North American species of the genus *Polygonum*. Mem. Dept. Bot. Columbia Coll. 1: 1-183.
- Steward, A. N. 1930. The Polygonaceae of eastern Asia. Contr. Gray Herb. 5(88): 1-129.