

희귀종인 동강할미꽃 (*Pulsatilla tongkangensis* Y.N. Lee et T.C. Lee)의 지리적 분포와 미소생육지의 생태

오현경[†] · 이경은^{1,†} · 이용학¹ · 정연숙^{1,*}

국립생물자원관, ¹강원대학교 생명과학과

Geographical Distribution and Ecology in Microhabitats of the Rare Species, *Pulsatilla tongkangensis* Y.N. Lee et T.C. Lee. Oh, Hyun-Kyung[†], Kyungeun Lee^{1,†}, Yonghak Lee¹ and Yeonsook Choung^{1,*} (National Institute of Biological Resources, Environmental Research Complex, 42 Nanji-ro, Seo-gu, Incheon 404-708, Korea; ¹Department of Biological Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

Abstract A perennial plant species of Ranunculaceae, *Pulsatilla tongkangensis* is a very rare species only found in limestone vegetation of South Korea. It is not only rare but also has great value as a horticultural resource, thus resulting in serious problems of overexploitation and habitat disturbance. For the conservation of the rare species and its development as a resource, the study was conducted with the following three aims: first, to investigate any new geographical distribution of the species; second, to identify the site condition and vegetation structure of its habitat; and third, to compare the ecology of *P. tongkangensis* in other microhabitats such as rock, slope and ridge area. A new distribution was found in limestone vegetation at Danyang-gun, Chungcheongbuk-do. It was, therefore, confirmed that the distribution of *P. tongkangensis* exactly coincides with the area of distribution of limestone, indicating a possibility that the species might be a calcicole. 87% of the microhabitats found in rocks. Compared to *P. tongkangensis*, at ridges or slopes, number of *P. tongkangensis* plants were few in rocks. It is possibly due to the lack of microhabitats that could settle in rocky areas. Once established on rocks, however, plants grew large enough to flower with higher number of leaves and flowers per plant, resulting in higher flowering rate on rocky areas. Cracks in/between rocks are likely to be safe places for the plants with favorable light conditions, abundant fine particles to root down and reduced competition for resources. Yet, further research is necessary in terms of determining whether the species is indeed a calcicole, whether other limiting factors work in its establishment stage, and genetic diversity exists in the population.

Key words: *Pulsatilla tongkangensis*, geographical distribution, microhabitat, limestone vegetation, calcicole

[†]These authors contributed equally to this work.

Manuscript received 30 July 2013, revised 19 August 2013, revision accepted 31 October 2013

* Corresponding author: Tel: +82-33-250-8529, Fax: +82-33-259-5665, E-mail: yschoung@kangwon.ac.kr

서론

동강할미꽃 (*Pulsatilla tongkangensis* Y.N. Lee et T.C. Lee)은 강원도 동강의 석회암 바위에서 처음 발견되어 이영노에 의해 신종으로 등재되었다 (Lee, 2000). 이후 동강 일대의 다른 지역과 삼척의 덕항산과 두타산의 석회암 지역에서도 발견되면서 강변뿐만 아니라 내륙의 산지에도 자생하는 것으로 밝혀졌다 (Yoo *et al.*, 2009; An *et al.*, 2010).

동강할미꽃은 미나리아재비과에 속하는 다년생 초본식물로 전체에 흰 털이 밀생하고 뿌리는 곧고 다육질이다 (Lee, 2006). 다른 할미꽃은 땅을 향해 고개를 숙이고 개화하는 데 비해 동강할미꽃은 하늘을 향해 곧게 선 채 개화한다. 또한 대부분의 할미꽃은 꽃 색이 짙은 자색을 띠나 동강할미꽃은 연보라, 진보라, 연분홍, 자홍색, 미백색 등 다양한 색을 가지고 있는 것이 특징이다 (Yoo, 2006).

동강할미꽃은 산림청 지정 희귀식물로써 (Korea Biodiversity Information System, 2013) 희귀성과 꽃이 아름다워서 보전가치와 화훼 자원으로서의 가치가 높다. 그러나 최근 주목을 받으면서 남획과 생육지 교란에 의해 개체수가 급감하고 있다. 분포지가 석회암 지대로 제한적이고 생육지가 도로에서 가까운 곳이 대부분이라서 쉽게 접근할 수 있어서 쉽게 교란된다. 이에 따라 2007년부터는 지방자치 단체와 민간환경단체에서 동강할미꽃 증식 및 이식 방법을 이용한 자생지 복원을 시도하고 있다 (East Regional Forest Service, 2007; Save the Dongriver, 2008).

희귀종을 보전하기 위해서 종의 분포지를 확인하고 분포지의 입지환경과 생태를 파악하는 일이 우선되어야 할 것이다. 이를 통해서 희귀한 원인이 종의 특성에 기

인하는지 입지조건의 변화나 교란에 기인하는지를 설명해야 할 것이다. 그동안 동강할미꽃에 관한 연구는 지리적 분포에 대한 연구가 가장 많고 (Lee, 2003; Kim, 2004; Lee, 2006; Wonju Regional Environmental Office, 2006; Korea National Arboretum, 2007), 종자발아 (Yoo, 2006; An *et al.*, 2010), 핵형 및 유전분석 (Lee *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2010)과 같이 자원으로서 이용하기 위한 연구가 있다. 자생지의 환경을 기술하거나 발아 조건을 실험한 연구 결과도 있으나 (Yoo *et al.*, 2009; An *et al.*, 2010), 미소생육지가 다른 곳에서 생육하는 동강할미꽃의 생태를 종이나 개체군 수준에서 구명한 연구가 사실상 없다. 동강할미꽃이 수직 절벽과 같이 접근하기 어려운 곳에 주로 분포하며 분포하는 곳이 많지 않아 연구하기 어렵기 때문일 것이다.

동강할미꽃은 도로에 먼한 바위에서 생육하는 것이 쉽게 눈에 띄기 때문에 많이 보고되어 있으나 산지의 능선이나 사면부에서도 생육하는 것이 알려지고 있다. 그러므로 본 연구는 세 가지 목적으로 수행하였다. 첫째, 동강할미꽃의 새로운 분포지를 조사하며, 둘째, 알려진 모든 생육지를 조사해서 입지환경과 식생을 설명하고, 셋째 생육지의 미소생육지에 따른 동강할미꽃의 형태와 개체군의 특징을 비교하는 것이다.

연구 방법

1. 지리적 분포

강원도 정선군, 평창군, 영월군, 삼척시 및 충북 단양군의 5개 행정구역에서 지리적 분포를 조사하였다 (Table 1). 기존에 알려진 장소와 동강할미꽃이 분포할

Table 1. Twenty eight study sites.

Region	Microhabitats	No. of sites	Remark
Mt. Baekunsan, Jeongseon-gun	Ridge	1	Natural habitat
	Rock	3	
Deoku-ri, Jeongseon-gun	Ridge	1	Natural habitat
	Rock	2	
Jejang village, Jeongseon-gun	Rock	5	Natural habitat
Gyulam-ri, Jeongseon-gun	Rock	2	Planting
Samok-ri, Yeongwol-gun	Rock	1	Planting
Munsan-ri, Yeongwol-gun	Rock	1	Planting
Munhui village, Pyeongchang-gun	Rock	1	Natural habitat
Mt. Dutasan, Samcheok-si	Ridge	1	Natural habitat
	Slope	1	
	Rock	1	
Mt. Deokhangsan, Samcheok-si	Rock	4	
Yeongwol-gun ~ Danyang-gun (rafting area)	Rock	4	Newly found habitat

것으로 예측되는 곳에서 분포 여부를 확인하였다. 영월군의 동강하류에서 단양군까지 석회암 절벽이 발달되어 있는 구간에서는 동강할미꽃이 분포할 것으로 예상되어 레프팅 배를 이용하여 약 9.2 km를 이동하며 분포 여부를 확인하였다.

2. 생육지의 입지환경과 식생구조

총 28개 지점의 입지환경을 조사하였다. 고도, 경사, 사면방위, 토심 및 토양 pH를 측정하고, 미소생육지, 상대광도, 바위노출도 및 토양노출도는 정성적으로 평가했다. 고도는 고도계, 경사는 경사계, 사면방위는 나침반으로 측정하였으며, 토심은 동강할미꽃 반경 20 cm 내에서 직경 6 mm의 강철봉을 들어가지 않을 때까지 찢러 넣어 4회 반복 측정하여 평균하였다. 일부 절벽지역이나 바위지역에서는 토심 측정이나 토양샘플을 취할 수 없었다. 따라서 토심은 레프팅구간과 식재지인 삼옥리와 문산리를 제외한 총 15개의 지점에서 측정하였고 토양은 제장마을, 영월-정선간 레프팅구간 및 식재지를 제외하고, 총 10개의 지점에서 채취하였다. 토양샘플은 동강할미꽃이 있는 반경 20 cm 내 토양을 네 곳에서 채취하여 하나의 시료로 섞었다. 토양이 없는 경우에는 그 주변의 토양을 채취했다. 토양 pH는 음건 토양 10g과 증류수 50 mL를 혼합하여 1시간 진탕 후 여과액을 pH meter (Mettler-Toledo Inlab 415)로 측정하였다.

동강할미꽃이 분포하는 자생지에서 8월에 식생을 조사하고 식재지의 식생은 조사하지 않았다. 28개 지점 중 접근할 수 없는 곳을 제외하고, 13개 지점에서 층구조를 조사하였으며 식생군집의 종조성은 8개 지점에서 조사하였다.

조사구의 면적은 지형적 균질도와 우점종의 높이를 고려하여 $10 \times 10 \text{ m}^2$ 를 기준으로 하였다. 분포지에서 입지의 균질성을 고려하여 예외적으로 3×33 , 8×12 , 3×12 , 3×23 , $3.5 \times 28 \text{ m}^2$ 크기로 조사하기도 하였다. 각 조사지점에서는 층별 높이와 피도를 기록하고, 각 층에서 출현하는 모든 종의 우점도를 다음과 같이 11등급의 기준으로 평가하였다. 등급 1: 1~수개, 2: 수개~0.25%, 3: 0.25~0.5%, 4: 0.5~1%, 5: 1~2%, 6: 2~5%, 7: 5~10%, 8: 10~25%, 9: 25~50%, 10: 50~75%, 11: 75~100%, 종 동정의 기준도감은 원색한국기준식물도감 (Lee, 1996)을 이용하였다.

3. 동강할미꽃의 생태

동강할미꽃은 이른 봄에 개화하고 개화 이후에 개엽

하여 생장하므로 개화기인 2011년 4월과, 식물체 생장의 최성기인 8월의 2회에 걸쳐 조사하였다. 개화시기인 4월에는 꽃의 수와 화관 길이를 측정하였다. 한 로제트에서 꽃이 다수인 경우에는 가장 큰 꽃의 화관 길이를 측정하였다. 8월에는 식생을 조사하고, 조사구 내의 단위면적당 동강할미꽃의 개체수를 세었으며 각 개체 로제트의 잎 수와 크기를 측정하였다. 로제트 크기는 로제트의 장축과 단축 길이를 곱하여 계산하였다. 장축이 2 cm 이하인 경우에는 크기를 측정하지 않고 개체수만 세었다.

4. 통계 분석

지역 및 미소생육지에 따라 동강할미꽃 개체군의 밀도, 로제트 크기 및 잎 수에 차이가 있는지를 분석하기 위해서 이원분산분석을 시행하였다. 모든 분석은 SYSTAT (ver. 10, SPSS Inc.)를 사용하였다.

결 과

1. 동강할미꽃의 지리적 분포

이미 밝혀진 대로 삼척시, 정선군, 평창군 및 영월군에서 동강할미꽃이 자생하는 것을 재확인하였고, 단양군에서 새로운 분포지를 발견하였다 (Fig. 1, Table 1). 삼척시의 덕항산과 두타산 및 정선군의 백운산을 제외하고는 모두 동강에 면한 바위 절벽에 분포하였다. 삼척시의

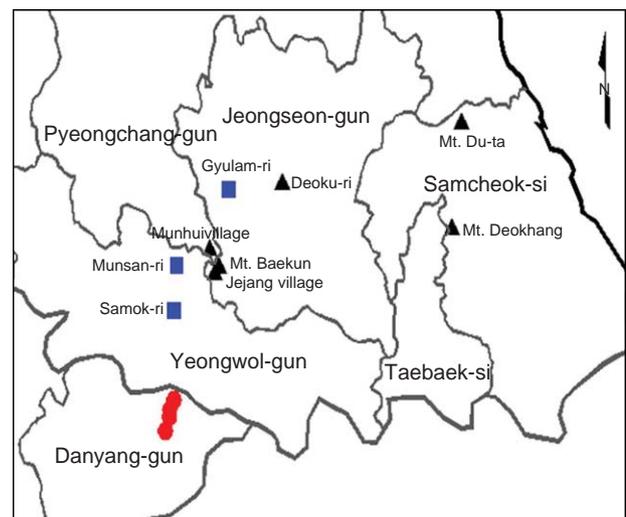


Fig. 1. Geographical distribution of *P. tongkangensis*. ▲: previously reported, ■: planted, ●: newly found in 2011.

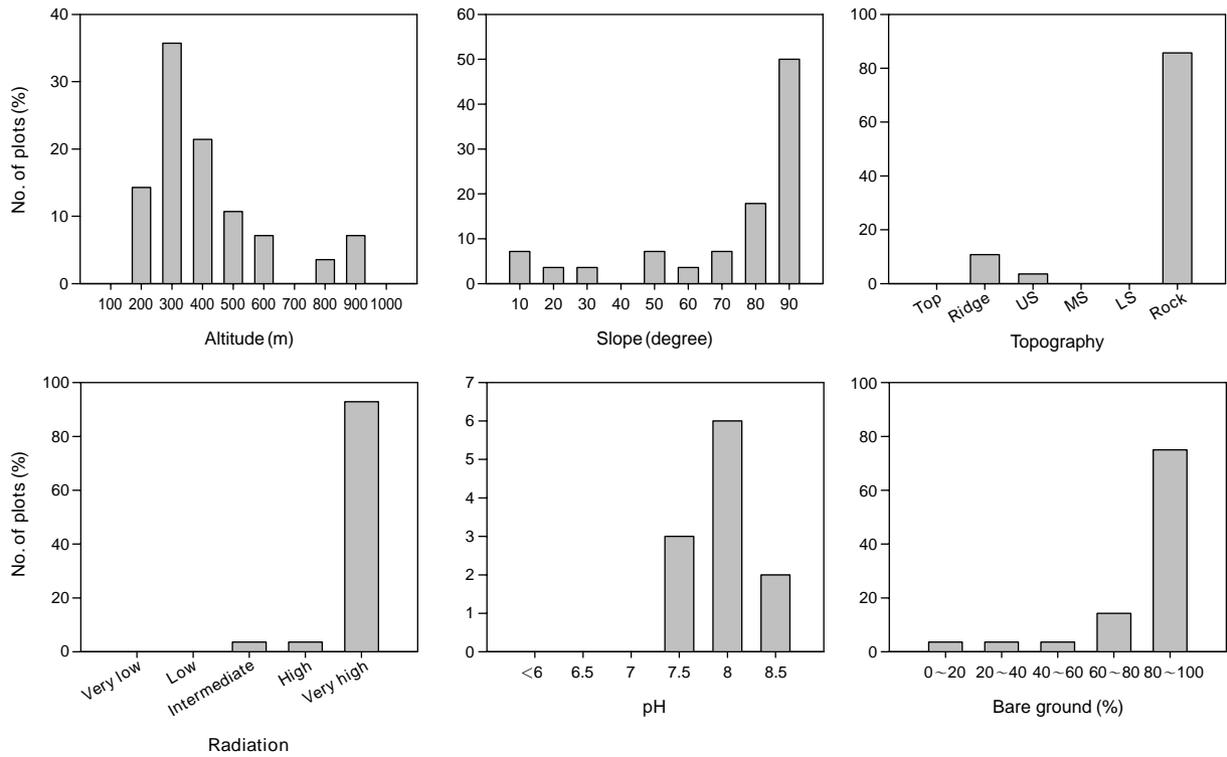


Fig. 2. Site frequency of twenty-eight *P. tongkangensis* habitats. Top: mountain top, US: upper slope, MS: Middle slope, LS: Lower slope.

덕항산에서는 사면의 바위틈에 자생하고 있었고, 두타산에서는 분포면적이 약 1,000 m²로 능선, 사면 및 바위틈에 많은 개체가 산재하였다. 정선군의 덕우리와 백운산의 경우에는 능선부와 바위틈에 분포하고 있었고, 제장마을에서는 바위틈에만 자생하고 있었다. 평창군의 문희마을 역시 바위틈에 자생하고 있었으며 안내 표지판을 세워 보호하고 있다.

정선군의 굴암리, 영월군의 문산리와 삼옥리는 바위틈에 동강할미꽃을 식재한 곳이다. 이 지역들은 원래 동강할미꽃이 분포하던 곳인데 남획에 의해서 교란된 것을 복원하는 차원에서 식재한 것으로 원래 생육지로 볼 수 있다. 굴암리에는 길이 약 827 m 구간에 식재되었으며 문산리에는 높이 약 5 m, 길이 약 100 m 구간에, 삼옥리에서는 높이 10 m, 거리 약 123 m 절벽구간에 식재되었다.

본 연구에서는 동강할미꽃이 단양군에도 분포하는 것을 확인하여 추가하였다. 영월의 고씨동굴 근처에서 시작하여 래프팅으로 향산리 구간교 근처의 보까지 약 9 km를 조사하였는데 단양군의 약 네 곳에서 새로 발견하였다. 직선거리로는 약 1.2 km 정도 분포하였다.

2. 동강할미꽃 생육지의 입지환경과 식생구조

동강할미꽃은 고도 200~300 m인 곳에서 가장 많이 분포하고, 대부분이 바위틈이었다 (Fig. 2). 조사한 28개 지점 중 86%가 바위절벽이나 사면이라 하더라도 바위틈이다. 그에 따라 경사가 가장 급한 80~90°의 빈도가 가장 높았다. 바위와 토양이 대부분 노출된 곳에서 출현 빈도가 높았다. 그러나 분포지의 사면방위는 다양했다. 평균 토심은 7.0 cm (범위 1.3~14.0 cm, n=15)이며, 평균 토양 pH는 7.8 (범위 7.3~8.1, n=11)이었다.

동강할미꽃 자생지의 식생 층구조를 8월에 조사한 결과 지역별로 큰 차이는 없었으나, 백운산에만 물푸레나무와 소나무가 아교목층까지 발달하였다 (Table 2). 그러나 미소생육지가 다른 지점 간에는 차이가 있었다. 식생이 잘 발달하는 능선이나 사면부가 바위틈보다 관목층과 초본층의 피도가 높았다. 두타산의 사면의 식생피도는 90%에 달했다. 관목층에서는 회양목이 모든 조사지점에서 출현하였으며 참싸리, 털당강나무 등이 동반하여 출현하였다 (Table 3). 초본층에서도 동강할미꽃, 마타리와 회양목이 모든 조사지점에서 출현하였다. 동강할미꽃 서식지의 식생은 나지나 석회암지대에서 흔히 나타나는

Table 2. Vegetation structure of the *P. tongkangensis* habitats.

Region		BU	DU		MH	JJ	DT		DH
Microsite		Ridge	Ridge	Rock	Rock	Rock	Slope	Ridge	Rock
April									
Height (m)	Subcanopy	6.0							
	Shrub	1.0	4.0	0.7±0.2 ¹	1.0	1.9±0.9			1.5
	Herb	0.1	0.2	0.3±0.1	0.2	0.4±0.2			0.1
Cover (%)	Subcanopy	5							
	Shrub	2	5	7±3	3	10±14			1
	Herb	1	25	9±8	3	3±1			3
August									
Height (m)	Subcanopy	6.0							
	Shrub	3.0	4.0	0.8	1.0		2.0	3.0	1.5
	Herb	0.3	0.3	0.3	0.2		0.3	0.3	0.2
Cover (%)	Subcanopy	30							
	Shrub	40	40	9	15		7	35	50
	Herb	40	80	40	30		90	75	5

BU: Baekunsan, DU: Deoku-ri, MH: Munhui village, JJ: Jejang village, DT: Dutasan, DH: Deokhangsan.

¹average ± standard deviation

Table 3. Dominant species of the *P. tongkangensis* habitats.

Region	Microsite	No. of species	Species	
			Woody	Herbaceous
BU	Ridge	30	<i>Fraxinus rhynchophylla</i> (16), <i>Lespedeza cyrtobotrya</i> (11)	<i>Arundinella hirta</i> (15), <i>Carex humilis</i> var. <i>nana</i> (15)
DU	Ridge	54	<i>Carpinus turczaninowii</i> var. <i>coreana</i> (15)	<i>C. humilis</i> var. <i>nana</i> (50)
	Rock	23		<i>Trichophorum dioicum</i> (30)
MH	Rock	46		<i>A. hirta</i> (10)
DT	Slope	37	<i>Buxus microphylla</i> var. <i>insularis</i> (11),	<i>C. humilis</i> var. <i>nana</i> (20), <i>Hedyotis diffusa</i> (20), <i>Elsholtzia ciliate</i> (10)
	Ridge	26	<i>B. microphylla</i> var. <i>insularis</i> (20), <i>Quercus aliena</i> (15), <i>Pinus densiflora</i> (10)	<i>C. humilis</i> var. <i>nana</i> (40)
	Rock	25	<i>Betula chinensis</i> (30), <i>B. microphylla</i> var. <i>insularis</i> (16)	
DH	Rock	13	<i>C. turczaninowii</i> var. <i>coreana</i> (10)	

BU: Baekunsan, DU: Deoku-ri, MH: Munhui village, JJ: Jejang village, DT: Dutasan, DH: Deokhangsan.

Species with cover over 10% in the plot are shown. Values in parenthesis indicate cover (%).

종으로 구성되어 있었다.

출현 종수는 덕우리의 능선지역에서 54종으로 가장 많았으며, 덕항산 바위틈에서는 13종으로 가장 적었다. 능선과 바위지역으로 비교하면 능선에는 평균 40종이 분포하고, 바위지역에는 28종이 분포하였다.

3. 미소생육지에 따른 동강할미꽃의 생태

동강할미꽃의 개체수는 덕우리의 사면에서 가장 많았으며, 그 다음으로 백운산 사면, 두타산 사면과 능선 순

이었다(Fig. 3A). 같은 지역이라도 미소생육지가 바위틈인 경우에는 밀도가 낮았다. 예외적으로 덕항산에서는 바위틈이었지만 작은 개체들의 밀도가 높았다.

이와 달리 동강할미꽃의 개화율은 바위틈에서 월등히 높았다. 제장마을이 69%로 가장 높았으며 문희마을이 다음으로 33%이었다(Fig. 3B). 특히 덕우리의 경우 바위틈에서의 개화율이 능선보다 2배 이상 높았다.

로제트 크기는 문희마을의 바위지역이 가장 컸으며 그 다음으로 덕우리 바위틈, 백운산 바위틈 순이었다(Fig. 3C). 로제트 크기는 같은 지역에서도 바위틈에 서

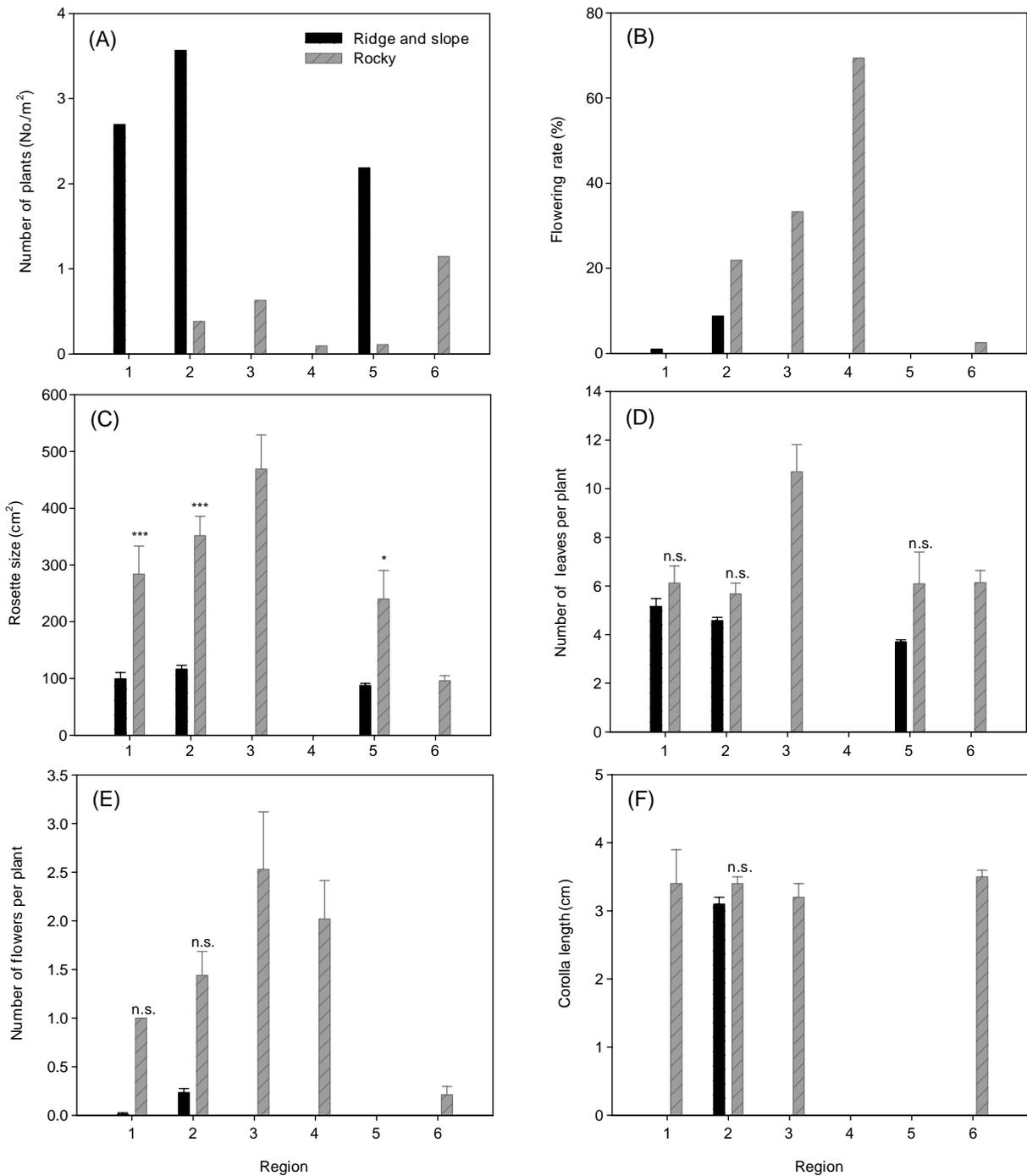


Fig. 3. Number of plants (A), flowering rate (B), rosette size (C), number of leaves per plant (D), number of flowers per plant (E) and corolla length (F) of *P. tongkangensis*. Region 1. Mt. Baekunsan, 2. Deoku-ri, 3. Munhui village, 4. Jejang village, 5. Mt. Dutasan, 6. Mt. Deokhongsan. For figures A and B, ANOVA was not performed, while for C~F, variance between ridge and slope area within a region was analyzed. ***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, n.s.: not significant at $p < 0.05$.

식하는 개체들이 능선이나 사면의 개체보다 2~3배 컸다. 특히 덕항산에 자생하는 개체를 제외하고는 지역과 상관없이 바위틈에서 생육하는 개체들의 로제트 크기가

컸다.

그러나 개체당 잎 수는 문희마을의 바위지역이 가장 많고 덕항산이 가장 적어서 지역간 차이가 보였으나 미

Table 4. Two-way ANOVA by the region and microhabitat for three morphological variables *P. tongkangensis* in Baekunsan, Deoku-ri, and Dutasan regions.

Variables	Factors	F-ratio	p-value
Rosette size	Region	6.1	<0.01
	Microsite	112.1	<0.01
Number of leaves	Region	1.5	0.21
	Microsite	16.7	<0.01
Number of flowers	Region	3.8	0.05
	Microsite	41.4	<0.01

소생육지에 따른 차이가 뚜렷하지 않았다(Fig. 3D).

동강할미꽃의 개체당 꽃 수 역시 문희마을의 바위지역이 가장 많았으며 백운산 능선부가 가장 적었다(Fig. 3E). 바위틈 개체들의 꽃 수가 많았다. 꽃의 크기를 비교하기 위해서 측정된 동강할미꽃의 화관의 길이는 평균 3.3 cm로 지역과 미소생육지에 따른 차이가 뚜렷하지 않았다(Fig. 3F).

지역과 미소생육지에 따라 동강할미꽃의 형태에 차이가 있는지를 통계적으로 분석하였다(Table 4). 동일 지역에 바위지역과 능선지역이 조사된 백운산, 덕우리 및 두탄산 데이터로 분석한 결과, 로제트 크기, 개체당 잎 수 및 꽃 수는 미소생육지에 따라 모두 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$). 즉 바위지역에서 생육하는 동강할미꽃이 개체의 크기도 클 뿐만 아니라, 잎 수와 꽃 수도 유의하게 많은 것으로 확인되었다. 개체의 크기는 지역에 따른 차이도 유의하였는데($p < 0.01$), 세 지역중 덕우리 바위지역의 크기가 가장 컸다.

고 찰

동강할미꽃의 분포지는 강원도 석회암지대, 특히 동강 주변 바위 절벽이나 일부 내륙의 산지에 분포하는 것으로 알려져 왔다(Lee, 2003; Kim, 2004; Lee, 2006; Wonju Regional Environmental Office, 2006; Korea National Arboretum, 2007). 그러나 본 연구에서는 동강할미꽃이 강원도 영월군으로부터 남한강을 따라 더 남쪽으로 충북 단양군 가곡면의 바위절벽에도 분포하는 것을 추가로 확인하였다. 이곳의 지형이 거의 사람이 접근하기 어려운 수직절벽이기 때문에 그동안 발견되지 않은 것으로 보인다. 영월의 고씨동굴 근처에서 시작하여 단양군 가곡면 향산리의 근간교 근처의 보까지 약 9km를 조사하였는데 보의 하류에는 바위절벽이 없어 동강할미꽃이 자생할 수 있는 생육지가 없을 가능성이 높다. 이로써

남한에서 동강할미꽃의 지리적 분포지는 강원도에서 확대되어 충북까지, 우리나라 석회암 분포지와 거의 정확하게 일치하는 것으로 나타났다. 이는 동강할미꽃이 호석회성 식물일 가능성을 제시한다.

석회암이 풍화되면 날카로운 암편과 점토와 미사 등 미립자가 많은 광물질이 생성되는 것이 특징이다(Yang, 2011). 반면 화강암은 주로 중, 조립질의 모래를 형성하므로 쉽게 풍화되고 강우사상시 퇴적되어(Kim *et al.*, 2009; Yang, 2011) 경사가 급한 절벽보다는 완만한 경사의 사면지역이 형성된다. 그래서 강원도 남부와 충북의 석회암지대는 지형적으로 경사가 급한 절벽이 많다.

동강할미꽃은 대부분 300~400 m의 낮은 산지에서 발견되었다. 석회암 산지의 고도가 대체로 낮은 것과 관련이 있을 것이다. 900 m 높이의 덕향산에서도 발견되었으므로 비교적 넓은 범위의 고도에서 생육가능한 것으로 보인다. 고도가 분포를 크게 제한하는 요인은 아닌 것으로 보인다. 분포의 특이점은 미소생육지가 주로 수직에 가까운 석회암지역의 바위절벽이라는 사실이다. 석회암이 쉽게 갈라져서 바위틈이 많이 형성되며 바위틈에 쌓인 점토와 미사입자가 식물체를 지탱해주는 동시에 양분과 수분이 잘 유지되는 조건이기 때문일 것이다. 바위틈에서 실제 측정된 평균 토심은 7 cm에 불과했다. 이는 바위틈의 특성상 강철봉으로 측정하기 어려워 일 것이다. 실제로 바위틈에서 생육하는 동강할미꽃의 개체는 바위사위로 뿌리를 깊게 뻗고 있는 것으로 관찰되었다.

능선이나 사면지역과 비교할 때 바위지역은 식물 종수가 적고 식생의 피도도 낮기 때문에 상대광도가 매우 높고 경쟁이 낮을 것으로 보인다. 바위지역에서 비록 동강할미꽃의 개체수는 적었으나 개화율은 매우 높았으며 개체의 크기, 잎 수 및 꽃 수가 유의하게 크고 많았다. 또한 꽃의 크기도 큰 것으로 볼 때 종자의 크기와 수 및 결실율도 높을 것으로 유추할 수 있다. 영월 제장마을에서 바위지역 아래의 들판을 관찰한 결과 할미꽃(*P. koreana*)만 확인되었고 동강할미꽃은 발견하지 못했다. 이곳은 동강할미꽃이 생육하는 바위지역 아래이므로 종자가 산포될 가능성은 많은 곳이다. 그럼에도 동강할미꽃이 분포하지 않는 것은 발아나 정착과정에 제한요인이 작용하는 것으로 보인다. 동강할미꽃이 분포하는 토양의 pH가 평균 7.8(범위 7.8~8.1)이고 분포하지 않는 주변 토양은 pH가 8.0(범위 7.9~8.2)로서 pH의 차이가 유의하지 않았다.

동강할미꽃의 발아율은 약 40%로 발아는 잘되는 편이다(Choung 등, 미발표). 그러므로 사면지역에 드물게

분포하지 않는 것을 발아의 문제로 보기는 어렵고 정착 과정의 문제일 가능성이 높다. 일단 바위틈에 산포하여 발아하면 빛 조건이 좋고, 배수도 용이하며, 다른 종과의 경쟁도 피할 수 있기 때문에 개체가 크게 성장할 수 있는 것으로 판단된다.

동강할미꽃은 고도, 경사, 방위, 미소생육지 등 다양한 미소서식지에서 생존이 가능한 종이다. 특히 동강할미꽃은 3~4월에 개엽보다 개화가 먼저 이루어지는 특징을 가지고 있다. 이러한 전략으로 사면과 능선에서는 다른 종과의 경쟁을 피하면서 공존이 가능한 것으로 보인다. 그러나 다른 종에 비해 빛 요구도가 높고, 경쟁도 약해 사면과 능선보다는 바위절벽에 안정적으로 정착하여 성장하는 것으로 보인다.

동강할미꽃의 생태를 더욱 자세히 밝히기 위해서는 호석회성 식물 여부, 입지조건에 따른 발아와 정착에 대한 포장 실험 및 분포지와 미분포지의 교차이식실험 등이 필요할 것이다. 또한 지리적 분포지가 석회암 지역에 국한되므로 개체군 존속의 위협요인과 개체군의 유전적 다양성에 대한 연구도 필요하다.

적 요

동강할미꽃은 미나리아재비과의 다년생 초본식물로 우리나라에서는 석회암지대에서만 발견되는 희귀식물이다. 희귀성과 화훼자원으로 가치가 높아 최근 남획과 생육지 교란이 심각하다. 동강할미꽃의 보전과 자원 개발을 위해 세 가지 목적으로 연구를 수행하였다. 첫째, 밝혀지지 않은 새로운 분포지를 조사하며, 둘째, 기존 생육지의 입지환경과 식생을 분석하며, 셋째 동강할미꽃 미소생육지 별 형태와 개체군의 특징을 비교하는 것이다. 삼척시, 정선군, 평창군 및 영월군에서 동강할미꽃이 자생하는 것을 재확인하였고, 충청북도 단양군에서 새로운 분포지를 발견하였다. 이로써 남한에서 지리적 분포지는 강원도에서 확대되어 충북까지, 우리나라 석회암 분포지와 거의 정확하게 일치함으로써 이 종이 호석회성 식물일 가능성을 제시한다. 분포하는 미소생육지의 87%가 바위틈이었다. 바위틈에서는 능선이나 사면에 비해 개체수는 적었으나, 유의하게 크기가 크고 꽃 수도 많으며 개화율이 높았다. 개체수가 적은 것은 바위지역에 잠재적 미소생육지 자체가 적기 때문일 것이다. 바위틈은 빛 조건이 좋고, 배수도 용이하며, 다른 종과의 경쟁도 피할 수 있으므로, 이 종이 안정적으로 정착하고 성장하는 적지로 판단된다. 호석회성 식물 여부, 입지조

건에 따른 발아와 정착에 대한 포장 실험 및 분포지와 미분포지의 교차이식실험 등의 연구가 더 필요하다. 또한 분포지가 석회암지역에 국한되므로 종 보전을 위해 개체군 보전의 위협요인과 유전적 다양성에 대한 연구도 필요하다.

사 사

본 연구는 2011년 국립생물자원관의 연구과제 ‘멸종 위기 동강할미꽃 보전전략 수립 및 산·학·연 협력모델 개발 연구’의 지원으로 수행되었기에 이에 감사합니다.

REFERENCES

An, C.H., H.S. Lee, Y.I. Park and J.S. Lee. 2010. Habitat survey and seed germination test of *Pulsatilla tongkangensis* in Du-ta mountain, Sam-cheok City. *Proceeding of Korean Society of Environment and Ecology* **20**(1): 59-61.

East Regional Forest Service. 2007. Restoration of *Pulsatilla tongkangensis*. <http://east.forest.go.kr/>.

Kim, J.K., D.Y. Yang, M.S. Kim, J. Kim and H.M. Shin. 2009. Growth of gully in the mountainous slope underlain by granite. *Journal of the Korean Geomorphological Association* **16**(3): 87-100.

Kim, M.Y. 2004. Korean endemic plants. Solkwahak, Seoul.

Kim, Z.-S., D.-G. Jo, J.-H. Jeong, Y.-H. Kim, K.-O. Yoo and K.-S. Cheon. 2010. Genetic diversity and structure of *Pulsatilla tongkangensis* as inferred from ISSR markers. *Korean Journal Plant Research* **23**(4): 360-367.

Korea Biodiversity Information System. 2013. <http://www.nature.go.kr/>.

Korean National Arboretum. 2007. A synonymic list of vascular plants in Korea. Korea National Arboretum.

Lee, A.K., T. Yuan, J.K. Suh, D.-S. Choi, I.-Y. Choi, M.S. Roh, Y.H. Joung, J.-Y. Ko and J.S. Lee. 2010. *Pulsatilla tongkangensis*, a natural hybrid swarm population hybridized with *P. koreana* based on RAPD and SNPs of chloroplast DNA. *Horticulture, Environment, Biotechnology* **51**(5): 409-421.

Lee, T.B. 2003. Coloured flora of Korea (upper). Hyangmunsa, Seoul.

Lee, W.C. 1996. Standard illustrations of Korean plants. Academybook, Seoul.

Lee, W.K., H.W. Choi and J.W. Bang. 2004. Karyotype analysis of five species of genus *Pulsatilla*. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* **12**(6): 490-493.

Lee, Y.N. 2000. *Pulsatilla* in Korea. *Bulletin of Korea Plant Rese-*

- arch 1: 9-15.
- Lee, Y.N. 2006. Taxonomic revisions of Korean native plants (1) - Genus *Pulsatilla* in Korea. *Bulletin of Korea Plant Research Institute* 1: 9-15.
- Save the Dongriver. 2008. Restoration planting of *Pulsatilla tongkangensis*. <http://dongriver.com/>.
- Wonju Regional Environmental Office. 2006. Survey for the distribution of *Pulsatilla tongkangensis*. Wonju Regional Environmental Office.
- Yang, J.-H. 2011. The effect of a freeze-thaw cycle on rock weathering: laboratory experiments. *Journal of the Korean Geomorphological Association* 18(3): 21-36.
- Yoo, K.-O., K.-S. Cheon and S.-K. Jang. 2009. Environmental and ecological characteristics of *Pulsatilla tongkangensis* habitats. *Korean Journal of Environment and Ecology* 23(5): 439-446.
- Yoo, S.G. 2006. Effect of environmental factors on seed propagation of *Pulsatilla tongkangensis* Y. Lee et T.C. Lee. MS. thesis, Kangnung National University, Kangnung.