

고깔제비꽃, 왜제비꽃, 남산제비꽃 집단의 광조건에 따른 영양생장적 특징

임형탁 · 홍행화*

전남대학교 자연과학대학 생물학과

Effect of Light on the Vegetative Growth of *Viola rossii*, *V. japonica*, and *V. dissecta* var. *chaerophylloides* Populations

Hyoung-tak Im and Hang-hwa Hong*

Department of Biology, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

Abstract - In this study we investigated the relationship between characteristics of vegetative growth of three species of *Viola* (*V. rossii*, *V. japonica*, and *V. dissecta* var. *chaerophylloides*) and light in order to explain how these three species could live together under a closed space in a forest. This study was carried out at five sites in Mudeung-san (Mt.) on 1994, 1995, and 2000 and additional investigations were performed on 2007 and 2010 at the same sites. In order to find the relationship, three main investigations were conducted: counting number of individuals for each investigated year, measuring dry mass and counting developed leaves per plant, and finding presenting patterns of each species with reference to incidence of light. As a result, we found that three species could share the closed space in a forest because of their different adaptive strategies like *V. rossii* as *K*-strategist, *V. japonica* as *r*-strategist, and *V. dissecta* var. *chaerophylloides* as an intermedicator between two species.

Key words : *Viola*, light, vegetative growth, adaptive strategy

서론

생태적 지위 (Niche)란 한 종이 군집 내에서 차지하는 공간적, 시간적, 기능적 위치를 나타내는 말로, 생태계에 있어서 각 종의 특수화를 의미한다 (Whittaker 1975). 즉, 여러 종이 동일한 생물군집 내에 공존할 수 있으려면 종마다 환경에 대한 요구조건이나 환경에 적응한 특수화가 다르게 나타나게 되고, 종간의 비교연구에서는 종의 특수화를 종간의 다름으로 인식하게 된다.

온대낙엽활엽수라는 동일한 공간 내에서 낙엽수에 의해 수관이 밀폐되기 전까지의 동일 시간대에 생장과 생식을 극대화해야 하는 임상 초본의 경우 짧은 기간 동안의 자원 이용에 고도로 특수하게 적응된 형태를 보이게 된다 (Nault and Gagnon 1993; Min 2003). 이런 개체군의 적응도는 *r*- 및 *K*-도태 (selection)로 정의된 바 있는데, 각 방식에 적응한 집단이 갖는 특성을 *r*- 및 *K*-적응전략 (adaptive strategy)라 하며 (Pianka 1970), 각각의 특성을 갖는 생물을 *r*- 및 *K*-전략자 (strategist)라고 한다 (Kawana 1984). 즉, *r*-전략자는 개방되고, 불안정하고, 변화하고 있는 환경을 점유하는 구성종으로, *K*-전략자는 안정되고 폐쇄된 환경을 점유하는 구성종으로 극명하게 정의할

* Corresponding author: Hang-hwa Hong, Tel. 062-530-5198,
Fax. 062-530-3409, E-mail. hthree@hanmail.net

수 있다(Pianka 1970). 반면, r - 및 K -전략자는 중간 또는 종내의 생활사 비교를 통해 서로 다른 생활사를 선택하는 종의 고유한 생활사로 해석하는 상대적 개념으로도 설명된다(MacArthur and Wilson 1967; Madhav and Bossert 1970; Nakayama 1985; Hori *et al.* 1995).

이 개념에 근거하여 Nakayama(1985)는 쑥속(*Artemisia*)의 두 종에 대한 중간 생활사 연구에서 *A. rubripes*는 번식활동에 더 많은 에너지를 투자하는 r -전략자, *A. montana*는 생장이 늦고 번식활동에 에너지 투자가 적은 K -전략자와 일치한다고 하였다. Hori *et al.* (1995)은 애기나리(*Disporum sesslie*)에 대한 중생활사 연구를 통해 애기나리는 임상에서 자라는 K -전략자 종이지만, 종내 변이인 2배체와 3배체를 비교하면 좋은 광 조건하에서 2배체는 r -전략자적 성질을 가진 형으로, 3배체는 K -전략자적 성질을 가진 종이라는 결과를 얻었다.

식물의 생활사에 관한 비교연구를 통해 종이 동일 환경 조건, 또는 그들이 속한 생물군집에 적응하는 방식에 대해 알 수 있을 뿐만 아니라, 어떤 특정 생물군이 다양한 환경에 대해 나타내는 방산적 분화(또는 적응 방산, adaptive radiation)의 양상을 이해할 수 있다는 점에서 종의 진화 속도와 양상을 이해하는데 중요하고 기본적인 연구방법이라 할 수 있다(Kawana 1984). 이러한 관점에서 제비꽃속(*Viola*)에 속하는 종들은 임내의 일정 생육지에 여러 종들이 혼재하는 것을 흔하게 볼 수 있는 종이고, 임내와 같이 동일한 공간 내에서 근연종간의 생태적 지위를 알아보기 위한 생활사의 비교생태연구에 적합한 재료(Solbrig *et al.* 1980)이다. 그럼에도 불구하고, 제비꽃속의 생활사에 관한 비교연구가 미흡할 뿐만 아니라, 국내에서는 그 연구가 아직 미진하다.

따라서, 본 연구에서는 고깔제비꽃(*V. rossii*), 왜제비꽃(*V. japonica*), 남산제비꽃(*V. dissecta* var. *chaerophylloides*)의 생활사 중 영양생장적 특징과 광량의 변화가 각 종의 개체군에 미치는 영향을 통해 임내 일정 생육지에 혼재하는 세 종의 전략자적 특성을 알아보고자 하였다. 이를 위해, 각 종의 개체수 변동 및 건중량을 조사하고, 개체중량과 엽수의 상관관계를 분석하였으며, 조도에 따른 개체의 분포 양상을 파악하였다.

1995, 2000, 2007). 조사 장소의 2007년의 식생은 굴참나무, 갈참나무, 벗나무, 졸참나무 등으로 구성된 교목층, 조릿대, 층층나무, 작살나무, 검노린재 등으로 구성된 관목층, 그리고 조릿대, 주름조개풀, 들개풀, 고비 등의 초본층으로 구성되어 있다. 조사지역은 조사개시(1994년) 당시 서어나무, 참나무 종류, 사람주나무 등의 교목과 층층나무 어린 개체, 때죽나무, 말오줌때, 덜꿩나무 등의 관목에 의해 수관부가 형성되어 있었다. 그러나 조사기간 중 1998년 산림 정비작업에 의해 조릿대 군락을 포함한 1.0~2.5 m의 관목층이 제거됨으로써 임상 하부 초본층에 도달하는 빛의 밝기가 평균 776.75 lx에서 1161.10 lx로 증가되어 임내가 일시적으로 밝은 상태로 전환되었다.

본 연구는 연속조사구와 네 곳의 선형대상조사구에서 수행되었다. 연속조사구는 고깔제비꽃, 남산제비꽃, 왜제비꽃이 혼재하는 10 m × 10 m의 한 곳을 설정하였다. 일반적으로 초본으로 구성되는 식물군락 조사는 식생높이의 자승한 값에 준하는 면적인 1~10 m²의 면적을 조사(Kim and Lee 2006)하지만 본 연구에서는 세 종이 공존하는 임관이 균일한 임상을 연속조사구로 설정하여 영양생장적 특징을 조사하였다. 조사는 1994년, 1995년, 2000년, 2007년, 2010년 네 해 동안 연속조사지 내에서 관찰되는 각 종의 총개체수를 조사하였고, 개체별 중량과 엽수를 조사하기 위해 조사가 진행된 1994년, 1995년, 2000년의 11월에 각 개체로부터 지상부를 수확하여 건조하였으나 개체의 추이를 지속적으로 조사하기 위해 개체의 지하부는 번호표와 함께 조사지에 남겨 두었다.

상대적 광량에 따른 개체의 분포 양상을 조사하기 위해 연속조사구 이외에 무등산 네 개의 지역에서 선형대상법(belt-transect)을 이용하여 종별 개체의 출현빈도를 조사하였다. 임연부에서 임내부 방향으로 폭 1 m, 길이 10 m로 선을 설치하여 매 1 m 구간별로 나타나는 제비꽃의 종류와 조도를 기록하였다. 각 조사지별 시간과 방위에 대한 오차를 줄이기 위해 비슷한 시간대에 각 지역의 조도 측정과 동시에 직사광을 측정하여 직사광에 대한 상대조도값으로 나타내었다. 조도는 조도계(ANA-F9, Tokyo Photo-Electric Co., LTD.)를 사용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 개체군 내 개체수 변동

각 종의 집단 내 개체수 변동은 Fig. 1과 같다. 고깔제비꽃은 43개체(1994년)로 시작하여 392개체(2000년)가 최고로 조사되었고, 왜제비꽃은 35개체(1994)로 시작하여

재료 및 방법

본 연구의 조사 장소는 광주광역시 운남동에 위치한 무등산 북사면으로 해발 350 m, 년 평균강수량 75 mm 내외, 상대조도 10~20%의 낙엽활엽수림이다(KMAG 1994,

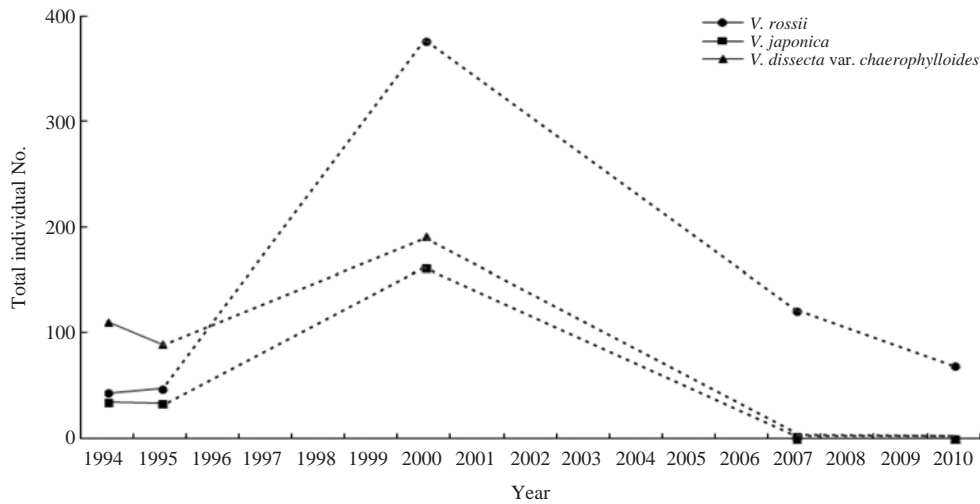


Fig. 1. Changes of total individual number in each species as years go on.

163개체 (2000년)가 최고로 조사되었으며, 남산제비꽃은 111개체 (1994년)로 시작하여 192개체 (2000년)가 최고로 조사되었다. 최종 조사 (2010년)에서 고깔제비꽃은 69개체가 확인되었으나, 왜제비꽃과 남산제비꽃은 조사지 내에서 개체가 확인되지 않았다. 조사지 내 개체수의 변동 추이를 보면 1994년과 1995년을 비교할 때 고깔제비꽃의 개체수는 증가하지만, 왜제비꽃과 남산제비꽃은 개체수가 감소하고 있고, 2000년에는 세 종 모두 개체수가 증가하였지만, 2010년 조사에서는 고깔제비꽃 집단만이 조사되었다.

이는 임상의 낮은 광도에서 생육하는 제비꽃속의 적응 기작에 대해 조사하기 위해 1976년부터 미국의 Harvard forest site와 Concord Field Station site에서 행해진 제비꽃 세 종 (*V. blanda*, *V. pallens*, *V. sororia*)의 개체수 변동을 추적한 연구결과와 일치한다 (Sandra *et al.* 1981). Sandra *et al.* (1981)은 이러한 개체수의 변동 결과가 극심한 가뭄과 곰팡이류에 의한 감염 및 조사과정에서 생긴 인위적 간섭에 의해 발생한 것이라고 추정하였다. 그러나 본 연구 조사지에서는 1994년과 1995년의 가뭄 현상이나 식물의 질병 현상이 없었던 점을 고려할 때 왜제비꽃과 남산제비꽃의 개체수 감소가 가뭄이나 감염에 의한 변화이기 보다는 본 조사지와 같은 임내 환경에서 왜제비꽃과 남산제비꽃이 개체수를 증가시키기 쉽지 않은 환경이기 때문으로 생각된다.

또한 조사지가 임내 환경이고, 이러한 환경은 임관을 비롯한 식생에 의해 태양광의 흡수·반사와 증산작용이 일어나기 때문에 나출지에 비해 기온이 낮고, 습도가 높으며, 시간 경과에 따른 환경 변화가 적어서 매우 안정되

어 있다 (Borman and Liekns 1979; Yoshino 1986)는 점과 임상의 환경요인들 중 임관에 의한 빛의 양과 질이 강조되는 요소 (Grubb and Whitmore 1966; Chasdon 1986; Ataroff and Schwarzkopf 1992)라는 점을 고려할 때 본 연구 조사지의 평균 광량이 상대조도 10~20%에서 40~50%로 증가한 것이 2000년까지의 개체수의 증가 원인으로 추정된다. 조사지의 교란 정도는 교목층의 가지가 잘려 틈 (gap)이 생긴 상태로 “I도 교란 (Nakagoshi 1992)”에 해당하는 것으로 관목층이 없어져서 공간이 확보되고 임관에 생긴 틈으로부터 상대적으로 많은 빛이 들어오게 되면서 임상에 자라는 다년생 초본 식물의 일시적 번성이 있게 된 것이다 (Yamamoto 1981). 즉 본 연구의 조사지에서 쇠퇴하던 왜제비꽃과 남산제비꽃 집단이 조사지의 교란에 의해 생긴 임관의 틈으로부터 유입된 빛에 의해 일시적 번성 상태로 전환된 것으로 생각된다.

2. 개체의 건중량

집단을 구성하는 개체들의 건중량 분포 및 변화를 100 mg 단위로 나타낸 중량별 누적 개체수는 Fig. 2와 같다. 고깔제비꽃 집단의 구성은 100 mg 이하의 중량을 갖는 개체들이 년도별로 53% (1994년), 48% (1995년), 49% (2000년)로 나타났고 집단의 개체중 최고치의 중간값인 600 mg 이상의 중량을 갖는 개체들이 지속적으로 증가하다가 1000 mg 이상의 중량을 갖는 12개체 (2000년)가 조사되었다. 왜제비꽃 집단의 구성은 100 mg 이하의 중량을 갖는 개체들이 연도별로 94% (1994년), 85% (1995년), 79% (2000년)로 나타났고, 1994년과 1995년에는 600 mg 미만

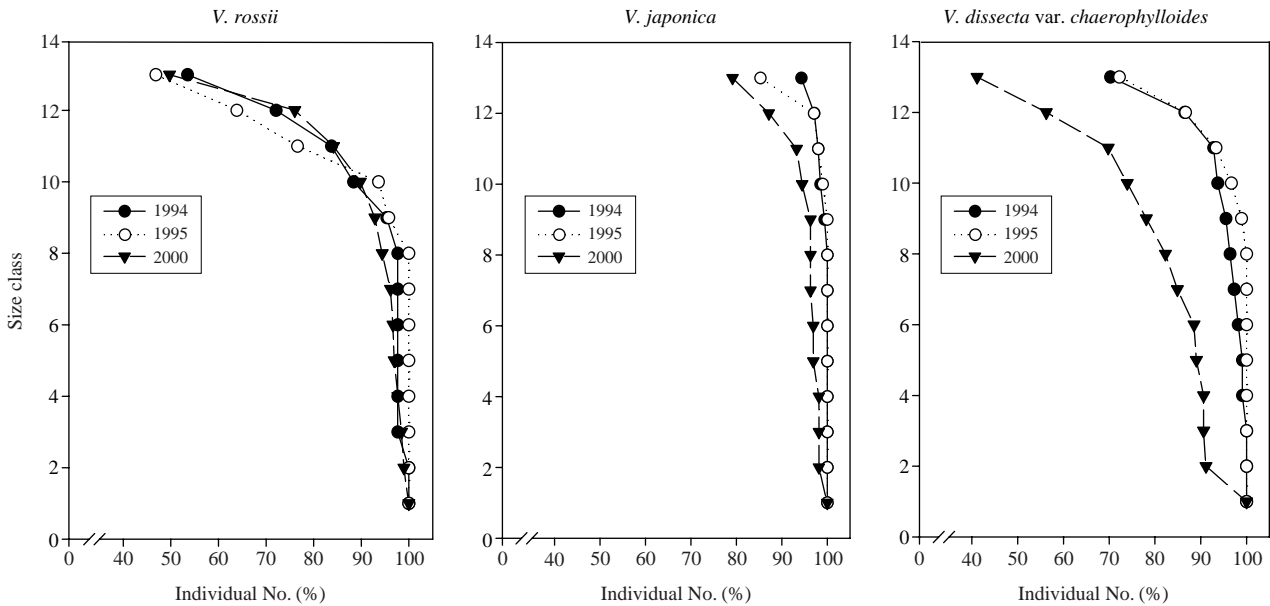


Fig. 2. Accumulated percentage rate of the classified individuals into size classes by dry mass per each plant.

의 중량을 갖는 개체들의 계급에 분포가 집중되었다가 2000년 1000 mg 이상의 중량을 갖는 5개체가 조사되었다. 남산제비꽃 집단의 구성은 100 mg 이하의 중량을 갖는 개체들이 연도별로 70% (1994년), 72% (1995년), 41% (2000년)로 나타났고, 1994년에 600 mg 이상의 중량을 갖는 개체들이 1995년에는 조사되지 않았으나 2000년에 1000 mg 이상의 21개체가 조사되었다.

1994년과 1995년의 평균 개체 건중량은 고깔제비꽃 집단에서만 증가하였고, 왜제비꽃과 남산제비꽃 집단에서는 감소하였으나 2000년에는 세 종 모두 집단의 평균 개체 건중량이 증가하였다. 이는 조사 지역이 10~20%의 광환경에서 40~50%로 변하게 된 환경 변화에 의한 결과일 것으로 생각되며, Hori *et al.* (1995)의 임상에 생육하는 다년생 초본식물인 애기나리 (*Disporum sessile*)를 광환경이 서로 다른 장소에서 재배함으로써 얻어진 개체군 동태에 관한 해석 실험의 결과와도 일치하는 것이다. 즉 상대적으로 밝아진 환경에서 제비꽃속 각 집단은 성장률을 높이고, 번식체 수를 늘리고, 번식체 중량을 많이 축적함으로써 각 집단의 전체적인 구조를 키우는 것으로, 1994년과 1995년의 광환경은 고깔제비꽃 집단보다는 왜제비꽃과 남산제비꽃에 강한 환경압으로 작용했을 것으로 생각된다. 그러나 1998년의 간벌에 의한 광환경의 변화는 고깔제비꽃 집단보다는 왜제비꽃과 남산제비꽃 집단의 번식체 수 및 중량 증가의 요인으로 작용했을 것으로 생각되며 이는 집단을 구성하는 개체중의 구성

비에 있어서 세 종의 변화 양상이 서로 다르게 나타는 점으로부터도 추정할 수 있다.

3. 개체건중량과 엽수의 상관관계

조사기간별 각 개체의 평균 엽수는 고깔제비꽃이 1.9개, 2.2개, 2.4개이고, 왜제비꽃이 2.3개, 2.3개, 4.0개이며, 남산제비꽃이 2.0개, 2.8개, 4.7개이었다. 개체의 건중량과 엽수와의 상관관계는 고깔제비꽃 (1994년, $r=0.51$, $p<0.0005$; 1995년 $r=0.69$, $p<0.0001$; 2000년, $r=0.27$, $p<0.0001$)이 낮게 나타났고, 왜제비꽃 (1994년, $r=0.87$, $p<0.0001$; 1995년 $r=0.70$, $p<0.0001$; 2000년, $r=0.81$, $p<0.0001$)과 남산제비꽃 (1994년, $r=0.76$, $p<0.0001$; 1995년 $r=0.65$, $p<0.0001$; 2000년, $r=0.90$, $p<0.0001$)이 높게 나타났다.

임내 광환경이 어두웠던 1994년, 1995년과 임내 광환경이 밝아진 2000년을 비교하면 고깔제비꽃은 개체의 무게와 관계없이 보통 두 장의 잎을 발생시키며 산림 정비에 의해 생긴 틈에 생육하는 고깔제비꽃 개체들에서 잎의 갈변현상이 관찰되었다. 이는 제비꽃속의 생육과 광도에 관한 Han (1994)의 연구에서 고깔제비꽃은 9~30% 광도가 적정 광도로서 생체중의 증가가 많이 이루어지며, 100% 자연광에서는 엽병장과 엽면적이 매우 작아지고, 잎의 가장자리가 갈변되는 현상을 보였다고 보고한 결과와 일치한다.

Table 1. The profile of investigation site for a belt transect on Mudeung-san (Mt.) in Gwangju (Investigated time; around 3 pm)

Site No.	Presented Targeting Species	Individual No.	Description of The Investigated Area	RI (I_x)
1	<i>V. rossii</i>	392	Light interception of a tall (big) tree layer	0.100
	<i>V. japonica</i>	163		
	<i>V. dissecta</i> var. <i>chaerophylloides</i>	192		
2	<i>V. rossii</i>	35	Light interception of a tall (big) tree and shrub layer	0.028
	<i>V. japonica</i>	2		
	<i>V. dissecta</i> var. <i>chaerophylloides</i>	4		
3	<i>V. japonica</i>	37	The area of planted <i>Forsythia intermedia</i> (Oleacea)	0.712
4	<i>V. japonica</i>	50	The area of planted <i>Pinus rigida</i> (Pinaceae)	0.843
5	<i>V. rossii</i>	10	The area of planted <i>Chamaecyparis obtusa</i> (Cupressaceae)	0.024
	<i>V. dissecta</i> var. <i>chaerophylloides</i>	44		

*RI, relative illumination

반면 왜제비꽃과 남산제비꽃은 광환경이 밝아짐에 따라 개체중이 늘어나고 엽수가 많아짐을 알 수 있다. 이는 남산제비꽃은 상대조도 30%에서 생체중이나 엽수가 많이 증가하였으나 자연광하에서는 엽신과 엽병의 생육이 극히 억제되어 작은 잎들이 다수 출현하는 음지식물 특유의 반응을 나타내었다는 Han (1994)의 결과와도 일치한다. 그러나 상대조도가 높은 환경에서 왜제비꽃 집단의 평균 개체 건중량이 남산제비꽃 집단의 평균 개체 건중량에 비해 더 낮게 나타난 점과 개체의 건중량이 일괄적으로 증가하는 남산제비꽃의 특징으로 볼 때 변화된 상대조도가 왜제비꽃 보다는 남산제비꽃의 생육에 더 적합한 것으로 생각된다.

동일 시간대에 생장과 생식을 극대화해야 하는 임상 초본의 경우 짧은 기간 동안의 자원 이용에 고도로 특수하게 적응된 형태를 보이게 된다(Nault and Gagnon 1993; Min 2003)는 점과 임상의 낮은 광도에 사는 제비꽃 종류 개체의 엽수에 의해 종자 생산력이 결정된다(Sandra et al. 1981)는 연구 결과를 고려할 때 세 종에서 발생하는 잎의 수와 개체중의 변화는 동일한 생물군집 내에서 나타나는 종간의 차이를 알 수 있는 종의 특수화로 볼 수 있을 것이다.

4. 조도에 따른 종의 분포 유형

종별 개체의 출현빈도를 선형대상법 (belt-transect)을 이용하여 조사한 결과는 Table 1과 같다.

고깔제비꽃은 조사대상지의 광량이 전체적으로 균일한 site 2에서 우세하게 나타난다. 이에 비해 임내에 광량이 모자이크상으로 섞여 있는 site 5(편백숲)는 고깔제비꽃과 남산제비꽃의 분포 양상이 단순하지 않다. Site 5의 임연부에서 5~6 m 사이의 상대조도는 0.042로 고깔

제비꽃은 없었으나 남산제비꽃은 3개체가 출현했다. 6~7 m 사이의 상대조도는 0.030으로 고깔제비꽃 1개체와 남산제비꽃 4개체가 출현했다. 7~8 m 사이의 상대조도는 0.024로 고깔제비꽃은 출현개체가 없었으나 남산제비꽃 12개체가 출현했다. 8~9 m 사이의 상대조도는 0.032로 고깔제비꽃 2개체와 남산제비꽃 12개체가 출현했다. 9~10 m 사이의 상대조도는 0.030으로 고깔제비꽃 7개체와 남산제비꽃 15개체가 출현했다. 광량이 적은 곳에는 고깔제비꽃이 생육하고, 광량이 상대적으로 풍부한 곳에는 남산제비꽃이 생육하고 있었다.

반면 왜제비꽃은 임도 주변의 광량이 풍부한 임연부 (site 3, 4)에 생육하는 개체는 조사되었으나 광량이 극히 적은 임내에서는 적은 수의 개체가 조사되거나 (site 2의 2개체) 전혀 조사되지 않았다 (site 5의 편백숲). Site 3은 임연부에서 1 m까지 상대조도 0.71로 왜제비꽃 33개체가 조사되었고, 1~2 m까지 상대조도 0.15로 왜제비꽃 4개체가 조사되었으며, 2~3 m까지 상대조도 0.12로 조사된 개체가 없었다. Site 4는 임연부에서 1 m까지 상대조도 0.84로 왜제비꽃 20개체가 조사되었고, 1~2 m까지 상대조도 0.39로 왜제비꽃 17개체가 조사되었으며, 2~3 m까지 상대조도 0.31로 왜제비꽃 13개체가 조사되었다. 왜제비꽃은 상대조도가 높은 환경에서 많은 개체가 생육하고 있었다.

고깔제비꽃, 왜제비꽃, 남산제비꽃은 숲 속에서 흔히 볼 수 있으며, 많은 경우 좁은 면적에서 같이 살고 있지만, 이들 세 종이 선호하는 광환경은 서로 다른 것을 알 수 있다. 고깔제비꽃은 어두운 광조건(임내와 같은)에서 에너지를 축적하고, 잎의 수를 늘리는 전략보다 생성된 에너지를 저장해 다음해의 어두운 임내 환경에 대비하는 전략을 취하는 것으로 생각된다. 반면 왜제비꽃과 남산제비꽃은 광량이 상대적으로 풍부한 조건에 적합한 종

으로, 잎의 수를 늘리는데 많은 에너지를 투자하는 전략을 취하는 것으로 생각된다. 특히 왜제비꽃은 10~20%의 임내 광조건이 환경압으로 강하게 작용했고, 남산제비꽃은 산림 정비에 의해 밝아진 40~50%의 임내 조건이 개체군 유지에 일시적으로 유리한 환경으로 작용한 것으로 생각된다. 즉 영양생장적 측면에서 임내에 공존하는 세 종 제비꽃의 개체군은 광량에 의해 서로 다른 생태적 지위를 얻고 있음을 알 수 있다.

따라서 생존전략에 대한 고전적 관점(MacArthur and Wilson 1967; Madhav and Bossert 1970)을 본 연구에 적용하면 제비꽃속(*Viola*)에 속하는 세 종이 임내의 일정 생육지에 혼재할 수 있는 것은 고갈제비꽃은 안정되고 폐쇄된 사회의 전형적인 구성원인 *K*-전략자로서, 왜제비꽃은 개방되고 불안정하고 변화하고 있는 환경을 점유하고 있는 *r*-전략자로서, 남산제비꽃은 이들 두 식물의 중간에서 그 생태적 지위를 찾고 있기 때문으로 해석할 수 있다.

적 요

임상의 동일 공간에 생육하고 있는 제비꽃속 세 종(고갈제비꽃, 왜제비꽃, 남산제비꽃)의 영양생장적 특징과 광량의 관계를 통해 각 종의 전략자적 특징을 알아 보았다. 본 연구는 광주광역시에 위치한 무등산의 다섯 개 지점으로부터 1994년, 1995년, 2000년에 중점 조사가 수행되었고, 2007년과 2010년 추가 조사가 진행되었다. 각 종의 집단 내 개체수의 변동, 개체의 건중량과 엽수, 조도에 따른 종의 분포 유형 분석을 통해 세 종이 임상의 광양에 의해 서로 다른 생태적 지위를 얻고 있음을 알 수 있었다. 고갈제비꽃은 *K*-전략자로서, 왜제비꽃은 *r*-전략자로서, 남산제비꽃은 두 종의 중간에서 그 생태적 지위를 차지하는 것으로 해석되었다.

사 사

본 논문은 2010년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

Ataroff M and T Schwarzkopf. 1992. Leaf production, repro-

- ductive patterns, field germination and seedling survival in *Chamaedorea bartlingiana*, a dioecious understory palm. *Oecologia* 92:250-256.
- Borman FH and GE Liekns. 1979. Pattern and Process in a Forested Ecosystem. Springer, New York. pp.264.
- Chasdon RL. 1986. Light variation and carbon gain in rain forest understory palms. *J. Ecol.* 74:995-1012.
- Grubb PJ and TC Whitmore. 1966. A comparison of montane and lowland rain forest in Ecuador. II. The climate and its effects on the forest. *J. Ecol.* 54:303-333.
- Han RY. 1994. Effect of light intensity on plant growth in *Viola* species native to Korea. Thesis. Chungbuk National University. pp.64.
- Hori Y, T Yokoi and Y Yokoi. 1995. Effects of light intensity on the size structure and establishment of diploids and triploids of *Disporum sessile*. *Plant Spec. Biol.* 10:11-16.
- Kawana S. 1984. Life Cycle and Evolution-①Demography of Grass. Heibonsha. Tokyo. pp.148. (In Japanese)
- Kim JW and YK L. 2006. Classification and Assessment of Plant Communities. 240pp.
- KMAG. 1994. Monthly Weather Report. Korea Meteorological Administration.
- KMAG. 1995. Monthly Weather Report. Korea Meteorological Administration.
- KMAG. 2000. Monthly Weather Report. Korea Meteorological Administration.
- KMAG. 2007. Monthly Weather Report. Korea Meteorological Administration.
- MacArthur RH and EO Wilson. 1967. The theory of island biogeography. Princeton Univ. Press, Princeton, N.J. 203pp.
- Madhav G and WH Bossert. 1970. Life historical consequences of natural selection. *Amer. Natur.* 104:1-24.
- Min BY. 2003. Population's limit of *Corydalis* (Sect. *Pes-galinacea*) group living in the same area. *Korean J. Ecol.* 26: 173-180.
- Nakagoshi N. 1992. Ecological study of disturbance of forest. *Biology* 44:113-127. (In Japanese)
- Nakayama S. 1985. Germination traits and reactions against competition in *Artemisia*-Results from experimental populations-. *The Society for the Study of Species Biology IX*: 85-108. (In Japanese)
- Nault A and D Gagnon. 1993. Ramet demography of *Allium tricoccum*, a spring ephemeral, perennial forest herb. *J. Ecol.* 81:101-119.
- Pianka ER. 1970. On *r*- and *K*-selection. *Amer. Natur.* 104: 592-597.
- Sandra JN, OT Solbrig and DT Kincaid. 1981. Studies on the population biology of the Genus *Viola*. III. The demography of *Viola blanda* and *Viola pallens*. *J. Ecol.* 69:997-1016.

Solbrig OT, JN Sandra and DT Kincaid. 1980. The population biology of the genus *Viola*. I. The demography of *Viola sororia*. *J. Ecol.* 68:521-546.

Whittaker RH. 1975. *Communities and Ecosystems*. 2nd ed. Macmillan, New York. pp.385.

Yamamoto S. 1981. Conservation system of climax forest-the

view of Gap dynamics. *Biology* 33:8-16. (In Japanese)

Yoshino M. 1986. *Microclimate*. ChijinShokan Co. Tokyo. (In Japanese)

Received: 11 October 2013

Revised: 12 November 2013

Revision accepted: 13 November 2013