

## 고갈제비꽃, 왜제비꽃, 남산제비꽃의 종자 생산 특징

홍 행 화

전남대학교 자원식물연구소

Characteristics of Seed Production of *Viola rossii*, *V. japonica* and *V. dissecta* var. *chaerophylloides*

Hang-Hwa Hong

Institute of Plant Resources, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

**Abstract** - This study was about three genus of *Viola*: *V. rossii*, *V. japonica*, and *V. dissecta* var. *chaerophylloides* which can live together under a deciduous forest canopy. The aim of the study was to directly compare reproductive characteristics of the three species under the same environmental condition. By taking a census of the morphologically different flowers, the results indicate that all three species opened chasmogamous flowers before the canopy of forest closed, but continuously opened cleistogamous flowers after the canopy closed. Numbers of seeds in a capsule followed an ascending order from *V. rossii* to *V. japonica*. Mass of seeds followed a descending order from *V. rossii* to *V. japonica*. Both results had statistical significance. In terms of characteristics of seed production, *V. rossii* has been adapted more than *V. japonica*, and *V. dissecta* var. *chaerophylloides* under the deciduous forest.

**Key words** : *Viola*, characteristics of seed production, chasmogamous (CH), cleistogamous (CL), species biology

## 서 론

식물은 극부적인 환경 조건하에서 가능한 많은 씨앗을 퍼뜨리기 위해 생식을 극대화할 수 있는 여러 전략들을 진화시켜 왔다 (Harper 1977; Lloyd 1984). 식물의 생식 전략은 환경에 적응하여 진화한 것으로 (Le Corff 1993), 그 종 고유의 특성으로 볼 수 있으며 종을 규정하는 한 요소가 될 수 있다. 따라서 식물의 중생활사에 관한 비교 연구에 의해 얻어진 결과로부터 종이 동일 환경조건, 또는 그들이 속한 생물군집의 환경에 어떻게 적응하는지

에 대해 아는 것은 종의 진화 속도와 양상을 이해하는데 무엇보다 중요하고 기본적인 것이다 (河野 1984).

개방화와 폐쇄화를 통한 복합적 생식 방법은 고등식물의 진화적 생식 전략 중 한가지이다. 개방화(chasmogamy 또는 chasmogamous flower)는 꽃이 피어 암술과 수술이 외부에 노출됨으로써 다른 개체로부터 이동된 꽃가루에 의해 수분과 수정이 일어날 가능성이 높은 타가수분(cross-pollination)형식의 생식방법이다. 유전적으로 다양한 종자를 만들 수 있지만 꽃의 구조를 완전하게 발달시키기 위해 에너지를 사용하게 된다. 폐쇄화(cleistogamy 또는 cleistogamous flower)는 꽃이 피지 않고 봉오리 상태에서 암술머리에 꽃가루가 묻어 수분과 수정이 일어날 가능성이 높은 자가수분(self-pollination)형식의

\* Corresponding author: Hang-Hwa Hong, Tel. 62-530-3396, Fax. 62-530-5198, E-mail. honghanghwa@chonnam.ac.kr

생식방법으로 개방화에 비해 유전적 다양성은 떨어지지 만 에너지의 사용은 상대적으로 줄어들게 된다. 개방화와 폐쇄화라는 두가지 생식 방법을 복합적으로 이용함으로써 개방화를 통한 생식이 성공하지 못할 경우, 폐쇄화를 통해 자손의 수를 보충적으로 확보하게 된다(Darwin 1877). 특히 온대낙엽수림에서 자라는 식물들은 초여름 수관이 폐쇄되기 전까지의 짧은 기간 동안 그들의 생활사를 끝내야 하며, 따라서 제한된 조건하에서 생식의 성공을 증가시킬 수 있는 전략은 온대낙엽수림의 임내 초본 식물들에게는 매우 중요하다(Schemske *et al.* 1978; 민병미 2003). 즉 군집 내에서 각 종의 특수화가 있어야 한다(Whittaker 1975). 특히 일정 생육지에 근연종이 혼재하고 있는 경우라면 종자 생산을 극대화시키기 위한 각 종의 특수화된 전략적 차이는 절대적으로 필요하다. 이처럼 제한된 생육지 내에서 중간 경쟁을 완화시키기 위한 종자 생산 전략은 종 고유의 특성이라는 측면에서 비교생태학적으로 연구할 가치가 있다.

제비꽃속(*Viola*)에 속하는 종들은 개방화(타가수분)와 폐쇄화(자가수분)를 통해 종자를 생산하는 대표적인 다년생 식물로써(河野 1984) 흔히 임내의 일정 생육지에 여러 종들이 혼재한다. 따라서 제비꽃속 식물은 일정 생육지 내에서 근연종간의 생식 방법 전환에 따른 종자 생산 특성을 알아볼 수 있는 비교생태연구에 적합한 재료이다(Solbrig *et al.* 1980). 그러나 국내에서는 직접 비교에 의한 유사종간의 자손 생산 방식에 대한 기초 연구가 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 일정 생육지에 혼재하는 고깔제비꽃(*V. rossii*), 남산제비꽃(*V. dissecta* var. *chaerophylloides*), 왜제비꽃(*V. japonica*)의 종자 생산 방식을 조사하고 비교·분석하였다. 즉, 생육기간 중 개화시기, 생식 방법(개방화와 폐쇄화)에 따른 종자의 생산량 변화 등을 파악하였다.

## 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(기상일보 1994; 기상일보 1995). 조사 장소의 식생은 굴참나무, 갈참나무, 벚나무, 졸참나무 등으로 구성된 교목층, 조릿대, 층층나무, 작살나무, 검노린재 등의 관목층, 그리고 조릿대, 주름조개풀, 들깨풀, 고비 등의 초본층으로 구성되어 있다.

야외조사는 고깔제비꽃, 남산제비꽃, 왜제비꽃이 혼재

하는 총면적 약 10m×10m의 지역을 설정하여, 1994년 4월부터 1995년 11월까지 실시하였다. 세 종 모두 각각의 개체에 번호를 표시하여 생육 기간 동안 주 1~3회 생식기관의 변화를 조사하였다. 각 개체에서 꽃눈, 개화, 낙화의 시기와 수, 결실된 삭과의 수를 조사하였다. 결실된 삭과 중 무작위적으로 30개의 크기를 측정하였고, 채집한 모든 삭과는 자연건조 시킨 후, 각 삭과 내에 결실된 종자의 수를 세고 충실한 종자만 무게를 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 생식 참여율과 변화

조사된 총개체수와 생식 기관을 형성한 개체수는 Table 1과 같고, 동일한 개체에 대해 1994년과 1995년 연속 조사가 실시되었다. 고깔제비꽃은 방형구내 62개체 가운데 꽃을 만든 개체가 1994년 21개체(33.9%)에서 1995년 39개체(48.4%)로 약 15% 증가하였고, 일단 꽃을 만든 개체는 다음 해에도 계속 꽃을 만들었다. 그러나 1994년 꽃을 만든 왜제비꽃과 남산제비꽃 개체 중 19%와 16%는 1995년 꽃을 만들지 못했다. 본 논문에서 자세한 자료를 제시하지는 않았지만 1994년에 개방화와 폐쇄화를 모두 만든 개체 중에는 1995년 개방화를 만들지 못하고 폐쇄화만 만든 경우도 있었다.

각 종의 개방화와 폐쇄화 생성의 구체적인 증감은 Fig. 1과 같다.

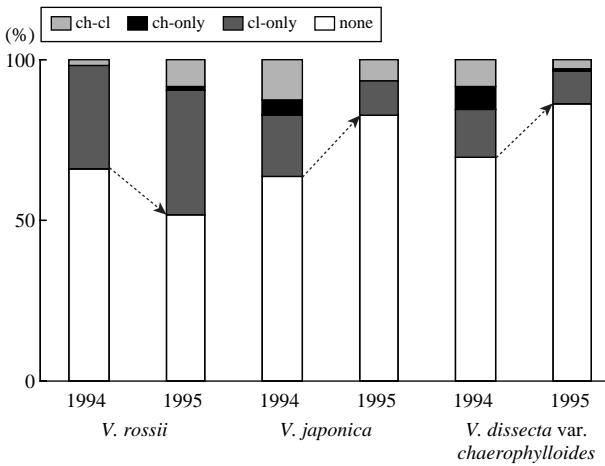
고깔제비꽃 집단에서 1994년 개방화만 만드는 개체는 0%, 폐쇄화만 만드는 개체는 32.26%, 개방화와 폐쇄화를 모두 만드는 개체는 1.61%였고, 1995년 개방화만 만드는 개체는 1.61%, 폐쇄화만 만드는 개체는 38.71%, 개방화와 폐쇄화를 모두 만드는 개체는 8.06%였다. 개방화와 폐쇄화의 생성율이 모두 증가하였다.

왜제비꽃 집단에서 1994년 개방화만 만드는 개체는 4.26%, 폐쇄화만 만드는 개체는 19.15%, 개방화와 폐쇄화를 모두 만드는 개체는 12.77%였고, 1995년 개방화만 만드는 개체는 0%, 폐쇄화만 만드는 개체는 10.64%, 개방화와 폐쇄화를 모두 만드는 개체는 6.38%였다. 개방화와 폐쇄화의 생성율이 모두 감소하였다.

남산제비꽃 집단에서 1994년 개방화만 만드는 개체는 7.30%, 폐쇄화만 만드는 개체는 14.61%, 개방화와 폐쇄화를 모두 만드는 개체는 8.43%였고, 1995년 개방화만 만드는 개체는 0.56%, 폐쇄화만 만드는 개체는 10.11%, 개방화와 폐쇄화를 모두 만드는 개체는 2.81%였다. 개방화와 폐쇄화의 생성율이 모두 감소하였다.

**Table 1.** Total number of surveyed plant and frequency of reproductive plant in three *Viola* species

Species	Year	No. of surveyed plant (A)	No. of reproductive plant (B)	Frequency (%): A/B
<i>V. rossii</i>	1994	62	21	33.9
	1995	62	30	48.4
<i>V. japonica</i>	1994	47	17	36.2
	1995	47	8	17.0
<i>V. dissecta</i> var. <i>chaerophylloides</i>	1994	178	54	30.3
	1995	178	24	13.5



**Fig. 1.** Differences of the rate of reproduction per individuals that produced both CH and CL flowers, only CH flowers, or only CL flowers in three species of genus *Viola*; *V. rossii*, *V. japonica*, and *V. dissecta* var. *chaerophylloides*.

개방화와 폐쇄화의 생성과 전환은 토양 수분과 영양, 조도와 같은 여러 환경 요인의 영향을 받을 수 있다(Le Corff 1993; Jensen and Meyer 2001; Culley 2002). 그러나 본 연구는 동일한 환경의 제한된 생육지에서 이루어진 것으로, 세 종에서 관찰된 생식양상의 변화는 동일 환경에 대한 각 종의 특징적 반응으로 볼 수 있을 것이다.

적합한 환경에 생육하는 식물은 개방화를 통한 생식율이 증가한다(Le Corff 1993). 본 연구의 고깔제비꽃 집단은 개방화를 통한 생식율을 증가시키는 것으로 보아 조사 지역의 환경은 고깔제비꽃에 적합한 서식지인 것으로 생각된다. 반면 왜제비꽃이나 남산제비꽃 집단은 개방화뿐 아니라 폐쇄화의 생식율까지 저하되는 것으로 나타났는데, 이는 조사 지역이 두 종의 생육에 적합하지 않는 것으로 생각된다.

개체의 개방화와 폐쇄화의 생성과 전환은 개체 크기에 의해서도 영향을 받을 수 있다(Culley and Klooster 2007). 꽃잎이나 꿀샘과 같은 다양한 화기를 만들어 내야 하는 개방화를 통한 타가수정 생식 방법은 에너지의 대량 소비를 유도한다. 반면 축소된 화기를 만드는 폐쇄

화를 통한 자가수정 방식은 개방화에 비해 경제적이다(Culley and Klooster 2007). 따라서 개체가 큰 경우 저장된 에너지를 이용한 개방화 생식 방법이 선호된다. 그러나 개방화와 폐쇄화라는 서로 다른 두가지 방법에 의해 생식이 가능한 종은 개체가 크다고 할지라도 선호되는 서식지가 아닌 경우 자손을 가능한 많이 남기기 위해 에너지 소비가 적은 폐쇄화를 선택한다(Schoen and Lloyd 1984; Lloyd 1987; Le Corff 1993).

고깔제비꽃 집단이 개방화를 통한 생식을 증가시킬 수 있는 것은 조사 지역이 고깔제비꽃의 에너지 저장에 적절한 환경을 갖추었음을 보여주며, 이를 통해 집단 내 개체 크기가 지속적으로 증가할 가능성을 보여주고 있다. 반면 왜제비꽃과 남산제비꽃은 개방화의 생성이 줄어들고, 개방화와 폐쇄화를 모두 만들었던 개체 중 다음 해에 폐쇄화만 만드는 경우와 같이 폐쇄화에 대한 의존성을 보여줌으로써 조사 지역이 두 종의 서식에 불리한 환경이고 집단내 개체 크기가 줄어들 가능성을 보여주고 있다.

**2. 개방화 · 폐쇄화의 시기**

각 화기의 개화 시기는 Fig. 2와 같다. 본 조사에서 개방화의 개화 시기는 한 개체로부터 꽃눈이 관찰된 후, 마지막 개화 개체의 꽃이 소실되는 시기를 말하며, 폐쇄화가 나타나는 시기는 한 개체로부터 폐쇄화의 꽃눈이 관찰된 후, 마지막 폐쇄화가 수분되기 전까지를 말한다. 폐쇄화의 수분 여부는 자방이 부풀어 오르는 것으로 판단하였다.

개방화의 개화 시기를 보면, 고깔제비꽃이 1994년 4월 24일부터 5월 6일까지, 1995년 4월 12일부터 4월 29일까지였고, 왜제비꽃은 1994년 4월 11일부터 4월 24일까지, 1995년 4월 6일부터 4월 24일까지였으며, 남산제비꽃은 1994년 4월 11일부터 4월 29일까지, 1995년 4월 2일부터 4월 12일까지였다. 3종 모두 초여름 수분이 폐쇄되기 전의 짧은 기간 동안 개방화를 생성하고 있으며, 개화 시기에 미세한 차이를 보이고 있다.

폐쇄화의 시기는 고깔제비꽃이 1994년 7월 1일부터 9

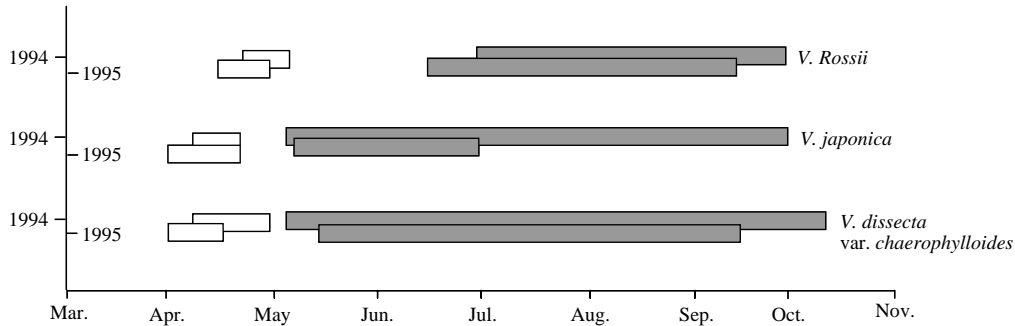


Fig. 2. Flowering phenology of three species of genus *Viola chaerophylloides* in 1994 and 1995. Open squares represent the chasmogamous flowers and filled squares signify the cleistogamous flowers.

Table 2. Characteristics of capsule and seed in three *Viola* species

Species (No. of capsule)	Capsule size (mm)	No. of seed/capsule (ea)	Relative rate of a seed mass
<i>V. rossii</i> (30)	12.36 ± 1.69	13.33 ± 3.38	1.00
<i>V. japonica</i> (30)	8.42 ± 1.40	40.13 ± 7.75	0.16
<i>V. dissecta</i> var. <i>chaerophylloides</i> (30)	9.95 ± 1.94	29.33 ± 5.04	0.35

Numbers in parentheses of scientific name are sample size.  
Significance levels as follows:  $p < 0.05$

월 27일까지, 1995년 6월 16일부터 9월 16일까지였고, 왜제비꽃은 1994년 5월 2일부터 9월 27일까지, 1995년 5월 6일부터 7월 1일까지였으며, 남산제비꽃은 1994년 5월 2일부터 10월 7일까지, 1995년 5월 11일부터 9월 16일까지였다.

개방화와 폐쇄화의 시기를 비교해보면, 3종 모두 개방화를 폐쇄화보다 이른 시기에 생성하였고, 폐쇄화는 수관이 폐쇄된 이후에도 지속적으로 생성되었다. 이는 Molau (1993)의 결과와 일치하며, Culley (2002)의 *Viola pubescens*를 통해 얻어진 결과와도 일치한다. 낙엽수림의 식물들에게 수관의 폐쇄는 일조량의 감소를 의미하고 임상의 식물은 생식을 폐쇄화 중심으로 전환하게 된다 (Le Corff 1993).

3. 종자 생산

각 종의 열매의 특징은 Table 2와 같다. 열매인 삭과의 크기는 고깔제비꽃 (12.36 ± 1.69 cm) > 남산제비꽃 (9.95 ± 1.94 cm) > 왜제비꽃 (8.42 ± 1.40 cm) 순서였다. 한 삭과당 종자수는 고깔제비꽃 (13.33 ± 3.38 개) < 남산제비꽃 (29.33 ± 5.04 개) < 왜제비꽃 (40.13 ± 7.75 개) 순서였다. 3종을 상대적으로 비교할 때 고깔제비꽃은 큰 삭과에 적은 수의 종자를 만들고, 왜제비꽃은 작은 삭과에 많은 종자를 만드는 특징을 갖는다.

각 종의 종자의 특징은 Fig. 3과 같다. 종간 종자 무게의 유의적 차이를 ANOVA-Test를 한 결과 3종에서 모

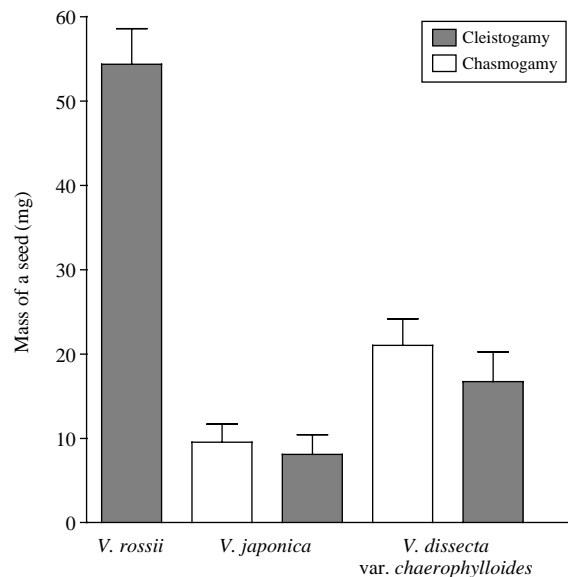


Fig. 3. Comparison of an individual seed mass of CH and CL in three species of genus *Viola* (Mean ± SD,  $p < 0.05$ ).

두 종자 무게는  $p < 0.05$  수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다 [F(4, 346)=2313,  $p=0.0001$ ]. 폐쇄화 종자 무게의 종간 비교에서 고깔제비꽃 ( $M=54.38$ ,  $SD=4.23$ ), 남산제비꽃 ( $M=16.74$ ,  $SD=3.53$ ), 왜제비꽃 ( $M=8.12$ ,  $SD=2.32$ )의 평균에 유의한 차이가 있었고 ( $p < 0.05$ ), 종간의 종자 평균의 차이가 적지 않았다 (R squared=0.97).

개방화 종자 무게의 중간 비교에서 왜제비꽃( $M=9.56$ ,  $SD=2.12$ )과 남산제비꽃( $M=21.01$ ,  $SD=3.16$ )의 평균은  $p<0.05$  수준에서 유의한 차이가 있었고 [ $t(146)=25.77$ ,  $p=0.0001$ ], 종간의 차이가 적지 않았다( $R^2=0.82$ ).

왜제비꽃의 개방화 종자 무게( $M=9.56$ ,  $SD=2.12$ )와 폐쇄화 종자 무게( $M=8.12$ ,  $SD=2.32$ )에도 차이가 있었으나 [ $t(144)=3.94$ ,  $p=0.0001$ ], 평균의 차이는 적었다( $R^2=0.10$ ). 남산제비꽃의 개방화 종자 무게( $M=21.01$ ,  $SD=3.16$ )와 폐쇄화 종자 무게( $M=16.74$ ,  $SD=3.53$ )에도 차이가 있었으나 [ $t(143)=7.70$ ,  $p=0.0001$ ], 평균의 차이는 적었다( $R^2=0.29$ ). 왜제비꽃과 남산제비꽃의 개방화와 폐쇄화 종자의 종내 비교를 통해 개방화 종자가 폐쇄화 종자보다 더 무게가 많이 나가는 것을 알 수 있었다.

고깔제비꽃의 종자 무게를 1.00으로 하여 상대 비교를 했을 때 남산제비꽃 종자는 0.35이고, 왜제비꽃 종자는 0.16이다. 즉, 고깔제비꽃은 큰 삭과에 큰 종자를 조금 만들고, 남산제비꽃은 중간 크기의 삭과에 중간 크기 종자를 많이 만드는 데 비해, 왜제비꽃은 작은 삭과에 작은 종자를 많이 만들고 있다.

일반적으로 큰 종자들은 큰 떡잎과 더 많은 영양분을 저장하고(Primack 1987), 큰 종자에서 발생된 개체가 작은 종자에서 발생된 개체보다 어린 식물이 살아남는 비율이 더 크다(Keith 1983, Marshall 1986). 종자의 크기는 발아한 어린 식물체의 크기와 비례하며, 개체의 크기는 생장에 필요한 환경 요인에 대한 경쟁에서 우위를 차지할 수 있다는 점에서 식물체의 성공적 성장을 결정하는 주요한 요인이다(Primack 1987; Crawley 1997). 본 연구의 조사 지역과 같이 수관이 일찍 닫히는 낙엽수림에서 식물의 성장 초기 단계를 고려할 때, 큰 종자를 생산함으로써 많은 영양분을 비축해 두는 고깔제비꽃 어린 식물체의 생존 확률이 남산제비꽃이나 왜제비꽃에 비해 높을 가능성이 있을 것으로 생각된다. 따라서 조사 지역의 고깔제비꽃은 큰 종자를 생산하는 특징에 의해 조사 지역의 환경에서 상대적으로 유리하게 성장하여 집단이 번성할 것으로 생각된다.

3종의 종자 생산 양식은 서식지에 따른 종자 생산 양식과 일치하는 것을 알 수 있다. 즉, 일반적으로 그늘지만 안정되고 수분이 많은 지역의 식물들이 일반적으로 햇빛이 풍부하지만 훼손가능성이 높고 건조한 지역의 식물들보다 큰 종자를 갖는다(Primack 1987). 따라서 종자 생산 양식에 비추어 볼 때, 고깔제비꽃은 조사 지역의 그늘지고 안정된 낙엽수림에 적응된 종자 생산 방식을 보이고, 상대적으로 남산제비꽃과 왜제비꽃은 조사 지역과 다른 환경인 햇빛이 풍부한 지역에 적응된 종자

생산 방식을 취하는 것으로 생각된다.

## 적 요

본 연구에서는 낙엽수림 지역에 혼재하고 있는 제비꽃 속 중 고깔제비꽃, 왜제비꽃, 남산제비꽃의 생육기간 중 개화 시기와 생식 방법에 따른 종자의 생산량 등을 조사하고 비교·분석하였다. 그 결과 3종 모두 수관이 폐쇄되기 전의 짧은 기간 동안 개화 시기에 미세한 차이를 두고 개방화를 생성하였고, 폐쇄화는 수관이 폐쇄된 이후에도 지속적으로 생성되었다. 삭과 한 개당 종자 수는 고깔제비꽃 < 남산제비꽃 < 왜제비꽃 순서였고, 종자 무게는 고깔제비꽃 > 남산제비꽃 > 왜제비꽃 순서로 종간과 생식 방법에 따라 유의적으로 차이가 있었다. 세 종의 종자 생산 특성을 비교해보면 고깔제비꽃이 왜제비꽃이나 남산제비꽃보다 본 조사지와 같은 낙엽활엽수림에 적응도가 큰 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 기상월보. 1994. 광주지방 기상청 월별 기상자료. 기상청.  
 기상월보. 1995. 광주지방 기상청 월별 기상자료. 기상청.  
 민병미. 2003. 현호색속 *Pes-gallinacea* 절 집단의 종자생산. 한국생태학회지. 26:189-196.  
 河野 昭一. 1984. 雜草の個體群統計學. In 植物の生活史と進化. 東京.  
 Crawley MJ. 1997. Life History and Environment. pp.73-131. In Plant Ecology, second edition (Crawley MJ ed.). Blackwell Science, MA.  
 Culley MT. 2002. Reproductive biology and delayed selfing in *Viola pubescens* (Violaceae), an understory herb with chasmogamous and cleistogamous flowers. Int. J. Plant Sci. 163:113-122.  
 Cullery MT. and MR Klooster. 2007. The cleistogamous breeding system: a review of its frequency, evolution, and ecology in angiosperms. The Botanical Review 73:1-30.  
 Darwin C. 1877. The different forms of flowers on plants of the same species. Appleton, New York, NY.  
 Harper JL. 1977. The population biology of plants. Academic Press, New York, NY.  
 Jensen K and C Meyer. 2001. Effects of light competition and litter on the performance of *Viola palustris* and on species compositions and diversity of an abandoned fen meadow. Plant Ecology. 155:169-181.  
 Le Corff J. 1993. Effects of light and nutrient availability on chasmogamy and cleistogamy in understory tropical herbs,



- Calathea micans* (Marantaceae). *Ame. J. Bot.* 80:1392-1993.
- Lloyd DG. 1984. Variation strategies in heterogeneous environments. *Biological Journal of The Linnean Society* 21:357-385.
- Lloyd DG. 1987. Allocation to pollen, seeds and pollination mechanism in self-fertilizing plants. *Funct. Ecol.* 1:83-39.
- Marshall LD. 1986. Effect of seed size on seedling success in three species of *sesbania* (Fabaceae). *Amer. J. Bot.* 73:457-464.
- Molau U. 1993. Reproductive ecology of the three Nordic *Pin-guicula* species (Lentibulariaceae). *Nordic Journal of Botany* 13:149-157.
- Primack RB. 1987. Relationships among flowers, fruits, and seeds. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18:409-430.
- Schemske DW. 1978. Evolution of reproductive characteristics in *Impatiens* (Balsaminaceae) : The significance of cleistogamy and chasmogamy. *Ecology* 55:596-613.
- Schoen DJ. and DG Lloyd. 1984. The selection of cleistogamy and heteromorphic diaspores. *Biol. J. Linn. Soc.* 23:303-322.
- Solbrig OT., Sandra J. Newell 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*, second edition. Macmillan, New York.

Manuscript Received: July 20, 2009  
Revision Accepted: August 28, 2009  
Responsible Editor: Dong-Ok Kim