

현호색속 *Pes-gallinacea*절 집단의 종자생산

민 병 미

단국대학교 사범대학 과학교육과

적 요: 남한산성 지역에서 춘계단명식물인 현호색 자연집단에 대해 2년간 종자생산의 특성을 조사하였다. 개화는 4월초에, 종자생산은 5월초에 일어나 개화로부터 종자생산까지는 30일이 소요되었으며 생식기관의 수가 감소하는 시기는 낙화 및 결실기 사이가 가장 큰 것으로 나타났다. 개체 당 생산하는 꽃의 수는 1~13개, 종자의 수는 0~76개, 열매 당 종자의 수는 0~20개이었다. 한 개체 내에서 열매 당 종자생산량은 가장 아래에 위치한 꽃이 11.8개로 많았으며 상부로 이행할수록 급격히 감소하였다. 동일한 개체가 생산하는 종자의 수는 매년 큰 폭으로 변하였으며 작은 개체는 다음해 많은 수의, 큰 개체는 적은 수의 종자를 생산하였다. 생육초기 개화체의 비율은 개체의 크기(괴경의 부피)가 증가할수록 증가하였으며 가장 작은 크기 계급인 <100 mm에서 5.0%(1999)~5.4%(2000)를, 600 mm에서 100%를 나타냈다. 한편, 각 계급별 평균 꽃의 수는 2000년이 1999년보다 많았다. 특히 900 mm에서는 6.5개(1999)와 13.2개(2000)로 현저한 차이를 보였다. 생육후기 개화체의 비율은 <100 mm에서 13.3%이었고 500 mm에서 100%이었다. 따라서 생육초기보다 개화체의 비율이 다소 높게 나타났다. 괴경의 체적이나 건중량의 크기에 따른 열매의 수 및 종자의 수는 대체로 증가하였지만 경향성은 뚜렷하지 않았고 동일 크기계급 내에서도 개체마다 편차가 심하였다. 한편, 엽면적이 증가할수록 열매의 수나 종자의 수는 뚜렷이 증가하였다. 따라서 종자의 생산량은 생육기간동안 광합성량과 관계가 깊은 것으로 볼 수 있었다.

검색어: 개화체의 비율, 괴경, 생육기, 엽면적, 종자생산, 현호색

서 론

생물에서 적합한 기본적인 두 가지 인자는 생식과 생존이다 (Silvertown 1982). 그리고 자연선택은 더 많은 자손을 남겨놓는 방향으로 진행되어 왔다(Silvertown 1982). 자손을 남겨놓는 과정에서 식물은 자신의 생존이나 생장을 희생시키게 된다. 그것은 식물이 제한된 자원을 가지고 자기유지, 생장 및 생식에 적절히 분배해야 하기 때문이다(Harper 1977, Bell 1980, Charlesworth 1980, Reznick 1985, Lovett Doust and Lovett Doust 1988). 이 때 제한된 유기물을 영양기관의 생장과 종자의 생산에 동시에 사용하기 때문에 생존과 생식에 대한 전략은 매우 중요하다 (Silvertown 1982). 이러한 이유 때문에 다회생식하는 식물 종에 있어서 생식을 할 수 있는 최적의 연령이나 크기는 이른 시기에 생식을 함으로써 얻는 이득과 나중을 위한 생존과 생식에 사용하는 비용과의 균형에 의해 결정된다. 모든 식물 중에서 생식의 시기에 대한 세 가지 형태의 모델이 제기되었는데 이들 모델에 의하면 일반적으로 생식에 대한 최적 역치 크기는 크기 의존 생장과 크기 의존 생존의 균형을 맞춘 결과로 나타난다(Wesselingh *et al.* 1997). 특히, 생식에 투자하는 에너지의 비율은 각 종의 생활전략에 중요하며, 하나의 생육기간 동안에 총 광합성량

중 생식기관에 투자한 에너지의 비율을 생식 분배로 정의하기도 한다. 그러나 다년생 식물에 있어 생식과 생장에 대한 에너지의 분배의 한계는 명확하지 않다(Wesselingh *et al.* 1997). 그것은 영양번식의 경우 생장 자체가 생식의 수단이 될 수 있으며 종자생산에 할당된 에너지의 양을 직접 산출하기가 어렵기 때문이다.

한편, 전 보에서 언급한 바와 같이 일반적으로 춘계단명식물은 생육기간이 몇 주에 불과하기 때문에 광합성량이 극히 제한될 수밖에 없다(Rogers 1982). 이 제한된 에너지를 이용하여 자신의 유지와 자손을 생산해야 하는 춘계단명식물은 생육기간이 긴 식물과는 생활전략을 달리 해야 한다. 즉, 과도한 종자생산은 생존에 불리하며, 개화의 시기가 적절하지 못하면 종자의 성숙시간이 짧아 충실한 종자를 생산하지 못한다. 그러나 식물은 속성상 기본적으로 가능한 한 많은 꽃을 생산한다. 그 결과 꽃만 생산한다하더라도 이미 많은 양의 에너지를 소모한 결과가 된다. 이처럼 춘계단명식물에서 제한된 생육기간과 자원으로 생활전략을 적절히 구사하는 것은 생태학적으로 연구할 가치가 있다.

현호색속 식물 중 *Sect. Pes-gallinacea*는 전 보에서 언급한 바와 같이 다년생으로서 하나의 괴경을 갖고 있으며(김과 오 1987, 민 2003), 전형적인 춘계단명식물로 번식은 종자에 의한다(이

* Corresponding author; Phone: 82-2-709-2651, e-mail: bmeemin@hanmail.net

1979, 조 1998). 이 식물에 대한 분류학적 연구는 많이 이루어진 상태이지만 생태학적으로 아직 미진하다.

본 보에서는 춘계단명식물인 현호색속 식물의 일절인 *Sect. Pes-gallinacea*에 대하여 종자 생산의 특성을 조사 분석하였다. 즉, 생육기간 중 생식기관의 변화, 개체 크기에 따른 생식기관의 수 및 종자의 생산량, 2년간 종자생산의 변화를 파악하였다.

재료 및 방법

본 연구의 조사 장소와 기간은 민(2003)과 동일하기 때문에 여기서는 생략한다.

야외조사는 다음과 같이 두 가지로 나누어 실시하였다. 하나는 50 cm × 50 cm 영구방형구를 5개 설치하여 1999년 4월 8일 매 개체에 번호를 표시하여 2000년 5월 10일까지 생육기간동안 주 1회 생식기관의 변화를 조사하였다. 이 때 매 개체에서 미개화, 개화, 낙화 및 결실된 생식기관의 수를 조사하였고 생육기말 열매를 채취하여 열매 수와 종자 수를 세었다. 다른 하나는 주 1회 50 cm × 50 cm 방형구를 무작위로 3개씩 설치하여 방형구 내의 모든 개체를 채취하였다. 채취한 시료는 줄기, 괴경 및 생식기관으로 구분하였다. 괴경의 부피는 화학천칭과 4℃의 물을 이용하여 측정하였다. 이 측정방법은 자체 개발한 것으로 괴경의 토양과 수분을 완전히 제거한 후 플라스틱 용기에 물과 함께 넣고 가라앉지 않는 것은 공중핀으로 압력을 가해 수면 밑으로 위치하게 하였다. 그리고 괴경을 넣기 전 후의 무게 차에 의해 부피를 산출하였다. 부피 측정이 완료된 괴경과 생식기관은 건조기(85℃)에서 48시간 건조시킨 후 화학천칭으로 무게를 측정하였다. 엽병과 함께 엮은 압착건조하여 엽면적계로 구적한 후 건조기에서 다시 건조시킨 후 무게를 측정하였다. 생식기관에 대하여 개화기에는 꽃의 수, 결실기에는 열매의 수 및 종자의 수를 세었다. 하나의 개체에서 줄기의 하부로부터 상부로 이행함에 따른 생식기관의 결실률은 꽃이 7~10개인 것을 대상으로 조사하였는데 약 20개체 무작위로 채취하여 아래로부터 순서대로 번호를 정한 후 충실한 종자만 계수하였다.

결과 및 고찰

생식기관의 변화

1999년과 2000년 연속하여 조사된 개체는 Table 1과 같다. 설는 46개체 중 10개체는 생식기관을 형성하지 않았다. 따라서 약

Table 1. The number of plant surveyed for reproductive organ in Namhansansung area

Year	No. of plant in the early growing season	No. of plant at the late growing season	No. of plant with seed
1999	70	46	42
2000	46	36	36

22%는 다음해에 생식기관을 형성하지 못하는 것으로 나타났다.

1999년 및 2000년의 생육기간 중 생식기관의 변화 및 감소율은 Fig. 1에 나타낸 바와 같다.

우선, 생식기관의 변화를 보면 1999년에는 4월 4일까지 모든 꽃망울이 출현하였다. 그런데 꽃망울은 지상부의 출현시 이미 형성된 상태로 있었으며 잎보다 상부에 위치함으로써 생육이 다소 늦는 것으로 나타났다. 개화는 4월 4일 이후부터 시작이 되어 4월 11일에는 전체의 31.7%가, 4월 17일에는 93.2%가, 4월 25일에는 1.4%가 각각 개화한 상태로 있었다. 따라서 대체로 총 개화기간은 20일 정도로 추정되었으며 꽃 하나의 지속기간은 약 14일로 추산되었다. 낙화는 꽃잎이 갈색으로 퇴색되거나 건조한 상태로 남아있는 것을 의미하는데 이것은 결실과 구분하기가 다소 어려운 경우도 있었다. 따라서 낙화의 상태로 남아있는 것의 비율이 낮았으며 곧바로 다음 단계인 결실로 이어지고 있었다. 1999년 결실은 4월 25일에 98.0%, 5월 2일에 100.0%이었다. 따라서 거의 모든 개체가 동시에 결실되는 것으로 볼 수 있었으며 그 기간은 약 10~14일로 결실기간은 개화기간과 유사한 것으로 나타났다. 5월 2일에는 대부분의 개체에서 열매가 벌어지기 직전에 있었다. 따라서 개화로부터 결실까지는 총 30일이었다. 총 생육기간이 45일이고 꽃망울로 있는 기간을 5일로 간주하면 생육기간 중 생식기관이 있는 기간은 78%로 생육기의 대부분을 차지하고 있었다. 한편, 2000년에는 지상부의 출현시기가 늦었으며 4월 8일 이후에 꽃망울이 관찰된 개체가 있었다. 이에 따라 평균 개화의 시기도 1999년보다 다소 늦었으며 4월 15일에 40.7%, 4월 22일에 68.5%, 4월 29일에 17.0%가 개화상태에 있어 개체마다 큰 편차를 보였다. 그리고 결실 중에 있는 생식기관은 각각 4월 22일에 22.4%, 4월 29일에 68.1%, 5월 6일에 88.8%이었다. 따라서 1999년에 비하면 개체군 내에서 전체 결실기간은 길었다. 그러나 하나의 꽃으로부터 종자가 생산되기까지의 기간은 거의 유사하였다. 이것은 전 보에서 밝힌 바와 같이 2000년은 1999년에 비하여 지상부의 출현이 다소 늦었으며 개체마다 큰 편차를 보였기 때문에 그 결과 생식기관의 변화도 다양하게 나타난 것으로 생각된다. 또한 총 생육기간의 차이에도 불구하고 개화로부터 종자가 산포되기까지의 기간은 대체로 유사한 결과에 의하면 매해 개체의 크기 증가보다는 종자의 생산에 역점을 두는 것으로 볼 수 있었다. 특히, 전 보에서 밝힌 바와 같이 현호색은 생육초기 잎의 전개와 함께 광합성을 시작하면 상당량의 유기물이 괴경으로 이동할 정도로 광합성능이 비교적 높은 사실에서 보면 생육초기 늦게 지상부가 나오는 것이 불리한 영구 방형구 내에서 생식기관이 있는 개체는 총 70개체가 있었으며 조사 도중 교란된 개체가 24개체가 있었다. 한편, 2000년에 하면서도 에너지가 많이 사용되는 생식기관이 오랜 동안 성숙하는 특성을 보이고 있었다. 일반적으로 식물은 큰 열매를 생산할 경우 개화로부터 결실까지의 기간이 길다(Primack 1987). 그런데 본 논문에서 자료는 제시하지 않았지만 일부의 측정에 의하면 현호색 종자의 크기는 1.5 mm 정도, 건중량은 15 mg이었는데 식물체의 평균 건중량이 500 mg임을 감안하면 다소 큰 종자

에 속하는 것으로 간주할 수 있었다.

한편, 생식기관의 감소율은 Fig. 1C와 같다. 꽃망울로부터 종자의 생산까지 생식기관의 감소율은 1999년에는 24.1%이었고 2000년에는 42.7%이었다. 따라서 연도에 따라 감소율에는 큰 차이가 있는 것으로 나타났는데 이것은 2000년에 지상부의 출현이 다소 늦어 종자생산에 충분한 에너지를 생산하지 못하였기 때문으로 생각된다. 그런데 탈락되는 생식기관은 꽃망울이 개화하는 동안에는 거의 없었으나 낙화하는 동안에는 가장 큰 감소율을 보였으며 열매가 성장하는 중에도 충실하지 못한 상태로 남아있거나 없어지는 것이 있었다. 또한 열매는 어느 정도 자랐으나 종자가 없는 것도 일부 있었다. 이것은 꽃망울의 생성은 지상부가 출현하기 전에 형성되었고 개화까지는 지하부에 축적된 에너지를 사용할 수 있었지만 개화 후 위에서 생산하는 물질의 양이 적어 종자를 생산하는데 충분한 에너지가 없었기 때문으로 생각된다. 또한 야외의 관찰에 의하면 늦은 시기에 개화한 꽃이 대부분 종자를 맺지 못하였다. 따라서 생육후기에 생산된 에

너지는 생식기관보다는 괴경으로 이동하는 것으로 볼 수 있었다.

생육기말 개체 당 꽃의 수, 개체 당 열매 수, 개체 당 종자 수 및 열매 당 종자 수는 개체에 연도에 따라 다소 차이가 있었지만 *t*-test 결과 유의성은 없었다(Table 2). 또한 개체에 따라 이들 속성간에는 변이가 심하여 개체 당 종자의 수는 1999년의 경우 평균치는 11.8개이었지만 범위는 0~76개로 크게 나타났으며 2000년에도 이들은 각각 8.19개, 0~51개이었다. 개체 당 꽃의 수나 열매 수 및 열매 당 종자 수도 비교적 넓은 편차를 보였다. 따라서 현호색은 각 개체의 특성에 따라 생식력이 다양한 것으로 해석할 수 있었다.

하나의 개체에 7~10개의 열매가 있는 현호색 20개체를 대상으로 조사한 결과 아래로부터 상부로 올라가면서 열매 당 종자의 수는 Fig. 2와 같다. 가장 아래에 위치한 열매에서는 평균 11.8개의 종자가 있었으나 상부로 이행함에 따라 점차 감소하여 두 번째 것에서는 6.8개, 세 번째 것에서는 6.1개이었다. 그리고 10번째의 열매에는 0.1개의 종자가 있었다. 그러나 개체간의 편차가 매우 심하여 차이에 있어 이웃한 열매간의 유의성은 없었다. 이처럼 상부로 올라갈수록 종자의 생산량이 적은 것은 전술한 바와 같이 4월 중순부터는 위에서 생산하는 에너지를 상당부분 괴경으로 이동시키고 생식기관에 투자하는 에너지가 적기 때문으로 생각된다. 특히, 현호색은 엽면적이 40 cm² 이하이며 잎의 지속기간이 45일 미만으로 짧아 물질의 생산량이 적을 수밖에 없으며 다년생인 생활사를 고려하면 모든 에너지를 생식기관에만 투입할 수 없다. 따라서 적정 수 이상의 꽃은 에너지의

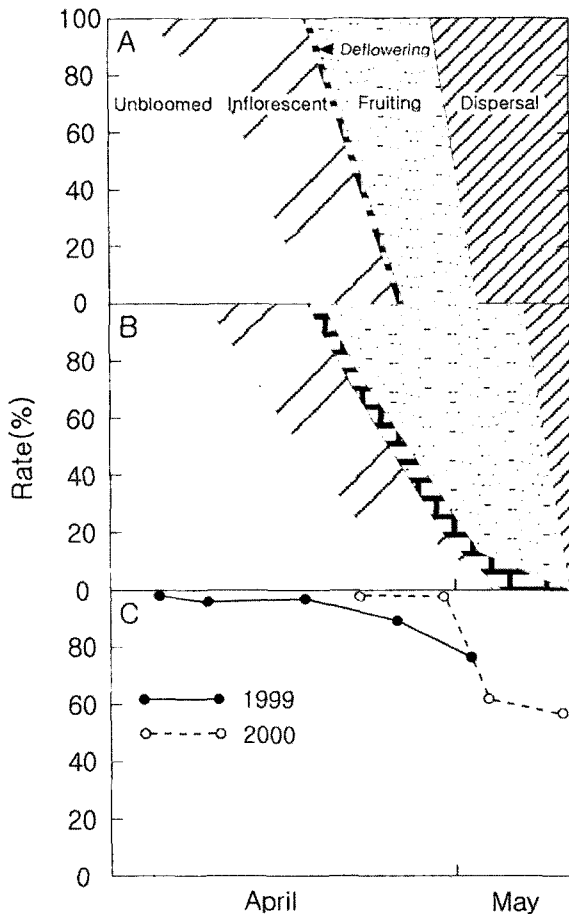


Fig. 1. The change of reproductive organ' state and survival curve during growing season in Namhansung area at 1999 and 2000. A; 1999, B; 2000, C; survival curve of reproductive organ.

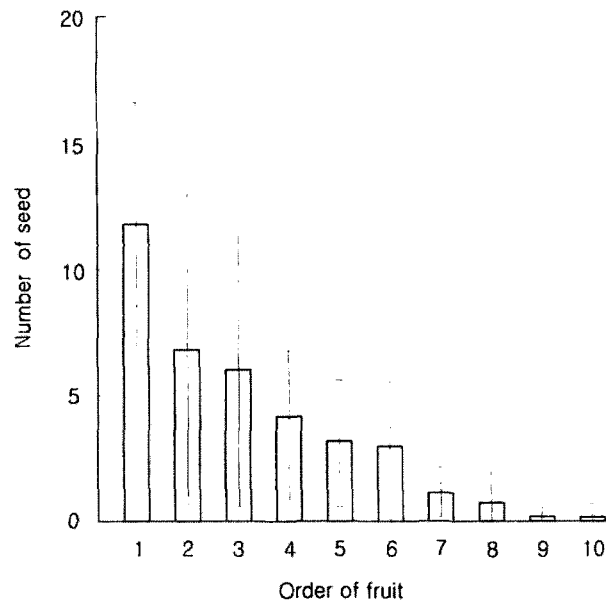


Fig. 2. The seed number per fruit along the order of fruit from the lowest to the highest in Namhansung area on May 6, 2000.

Table 2. Summary of reproductive organ's number in Namhansansung area on May 6, 1999 and on May 10, 2000

Year	No. flower/Plant		No. of fruit/Plant		No. of seed/Fruit		No. of seed/Plant	
	Mean ±SD	Range	Mean ±SD	Range	Mean ±SD	Range	Mean ±SD	Range
1999	3.61 ± 2.41	1 ~ 13	2.76 ± 1.94	0 ~ 10	4.30 ± 3.85	0 ~ 20	11.76 ± 13.82	0 ~ 76
2000	3.97 ± 2.83	2 ~ 8	2.28 ± 1.66	0 ~ 8	3.60 ± 3.69	0 ~ 18	8.19 ± 10.55	0 ~ 51

부족으로 종자를 생산하지 못하는 것으로 생각되었다. 그러나 꽃망울은 지상부가 발생하기 전에 형성된 것으로서 특별한 사정이 없는 한 스스로 제거하지 못하기 때문에 개화까지는 가능하였던 것으로 판단되었다.

동일한 개체에서 2년간 꽃 수와 종자 수는 Fig. 3 및 4와 같다. 대부분의 개체에서 해마다 형성한 꽃의 수나 종자의 수는 다른 것으로 나타났다. 대체로 적은 양의 꽃(1~3개)의 발생시킨 개체는 다음 해 많은 양의 꽃을 생산하였고 많은 것(3개 이상)을 발생한 개체는 다음 해 감소하였다. 또한 종자의 양도 꽃의 결과와 유사하였다. 그런데 전술한 바와 같이 괴경의 크기가 소수의 것만 제외하면 건량이 0.4 g 미만이었고 생육초기 지상부의 발생에 이미 많은 양의 유기물을 사용하였기 때문에 괴경의 양은 해마다 달랐을 것으로 생각된다. 특히, 생식기관을 갖고 있는 개체는 생식기관이 없는 것에 비하여 비중이 현저히 낮은 결과에서 보면 종자의 생산은 개체(괴경)의 크기에 영향을 크게 미칠 수 있는 것으로 볼 수 있었다. 그러나 최근의 연구(Reekie 1991)에 의하면 종자의 생산은 개체 크기에 큰 영향을 주지 않는다. 이에 대한 것은 더 조사가 필요하다고 생각된다.

생육초기 개체의 크기에 따른 생식기관의 특성

생육초기 괴경의 체적에 따라 크기 계급을 나누었다. 그 결과 1999년 및 2000년 생육초기인 4월 중순 괴경의 체적에 따른 개화율은 Fig. 5와 같다. 괴경의 체적이 증가할수록 개화율은 증가하였으며 1999년이나 2000년 모두 괴경의 체적이 600 mm³ 이상의 개체는 100%의 개화율을 보였다. 그런데 괴경의 체적이 100 mm³

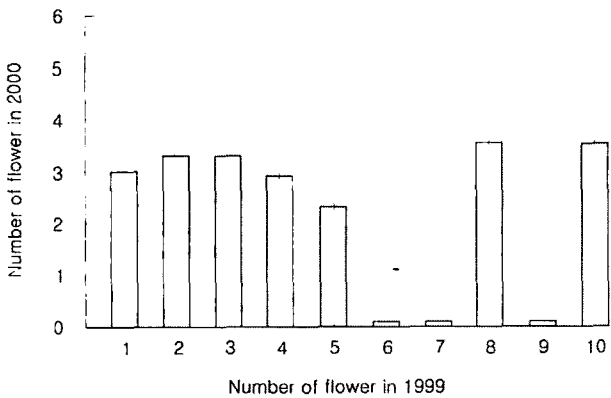


Fig. 3. The number of flower in the same plant in Namhansansung area on April 8, 1999 and April 15, 2000.

이하인 개체에서도 5% 정도의 개화율을 보여 작은 개체도 일부 생식력이 있는 것으로 나타났다. 또한 2000년의 경우는 괴경의

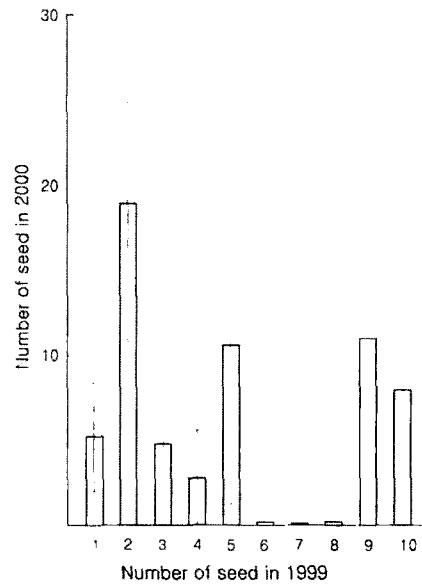


Fig. 4. The number of seed in the same plant in Namhansansung area on May 6, 1999 and May 10, 2000.

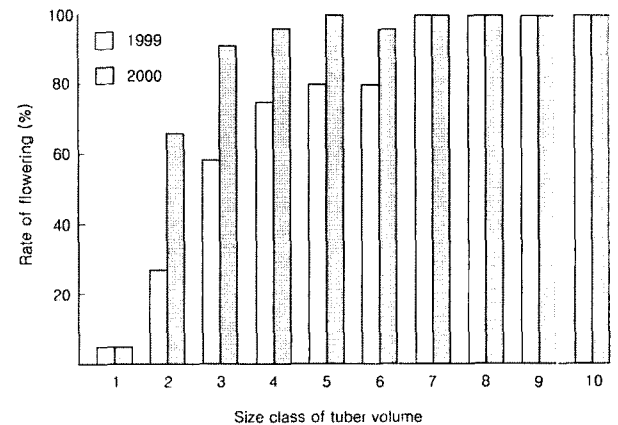


Fig. 5. The rate of flowering plant along the size of tuber volume in Namhansansung area on April 8, 1999 and April 15, 2000. Size classes are: 1; <100, 2; 100~199, 3; 200~299, 4; 300~399, 5; 400~499, 6; 500~599, 7; 600~699, 8; 700~799, 9; 800~899, 10; 900< in volume (mm³).

체적이 300~600 mm인 개체에서 95~100%의 개화율로 각 계급 간에 유사하게 나타났다. 따라서 괴경의 크기와 개화율은 작은 개체에서는 어느 정도 관계는 있으나 중간 계급 이상에서는 100%로 동일하였다. 특히, 작은 개체들도 비교적 개화율이 높은 사실에 의하면 현호색은 비교적 어린 시기부터 생식력이 있는 것으로 볼 수 있었다.

한편, 괴경의 체적에 따른 꽃의 수는 Fig. 6에 나타난 바와 같다. 가장 작은 계급인 <100 mm에서는 1999년에는 개체 당 2개, 2000년에는 2.5개이었다. 그리고 가장 큰 계급인 900 mm<에서는 1999년에 6.5개, 2000년에 13.2개이었다. 따라서 꽃의 수는 괴경의 크기 계급에 따라 대체로 증가하였지만 일부 계급에서는 오히려 낮은 계급보다 적었으며 동일한 계급을 비교하면 2000년이 1999년보다 더 많은 꽃을 맺었다. 이러한 결과에 의하면 괴경이 동일한 크기라도 매해 생산하는 꽃의 수는 일정하지 않으며 개체간의 변이가 대단히 큰 것으로 볼 수 있었다. 그리고 작은 개체도 상당량의 꽃을 생산하는데 가장 작은 계급과 가장 큰 계급의 크기 차이는 10배인데 반하여 생산하는 꽃의 수는 3~6배이었다. 따라서 작은 개체는 상대적으로 과도한 꽃을 생산하는 것으로 볼 수 있었다. 전 보에서 밝힌 바와 같이 개체군이 크기 별 빈도분포에서 보면 작은 개체의 비율이 높은 이유 중의 하나는 어린 개체가 생식에 많은 양의 에너지를 사용함으로써 괴경의 크기 증가가 둔화되는 것에 기인하는 것으로 생각된다.

일반적으로 식물은 일정한 크기가 될 때까지는 꽃을 맺거나 종자를 생산하지 않는다(Harper and White 1974, Solbrig 1981, Hossaert-McKey and Jarry 1992). 즉, Weiner(1988)는 식물이 유성 생식을 할 수 있는 최소한의 크기를 갖고 있으며 이 값보다 높을 경우 크기와 종자생산량은 1차 함수의 관계를 가지고 있지만 실제로 대다수의 연구에 의하면 최소한의 크기가 있는 것이 아

니며 또한 이들 사이에 정비례관계가 있는 것도 아닌 것으로 보고되었다(Wesselingh *et al.* 1997). 즉, 어느 정도의 크기범위 내에서는 종자를 생산하거나 하지 못하는 개체가 공존할 수 있으며, 실제로 종자를 생산하는 것과 할 수 있는 것에는 의미상 차이가 있는데, 식물이 생식을 할 수 있는 크기를 역치의 크기라고 부르기도 한다(Wesselingh *et al.* 1993). 그리고 개체의 크기-생식력의 관계는 유전적인 변이와 외형적인 가소성을 보이고 있다(Schmid and Weiner 1993, Clauss and Aarssen 1994). 본 조사의 결과 현호색의 생식에 필요한 최소한의 크기가 대단히 작아 한계가 거의 없거나 가소성이 매우 큰 것으로 생각되었다.

생육후기 괴경의 크기 및 엽면적에 따른 생식기관의 수

생육기말 괴경의 체적, 괴경의 건중량 및 엽면적에 따른 생식기관(꽃)의 유무는 Fig. 7과 같다. 먼저 괴경의 체적에 따라 꽃이 있는 비율은 대체로 증가하였고 <100 mm의 계급에서는 13.3%를 보였으며 500 mm 이상의 개체는 모두 꽃을 갖고 있었다. 그러나 100~200 mm의 계급에서는 상위의 것(200~400 mm)보다 꽃을 갖고 있는 개체의 비율이 높아 개체의 크기에 따라 정비례하지는 않았다. 그런데 생육초기 괴경의 체적에 따른 개화율은 가장 작은 계급(<100 mm)에서 5(1999)~5.4(2000)%를 보인 반면 생육후기에는 13.3%를 나타내 다소 높았다. 이러한 이유는 생육후기에는 매우 작은 개체들이 이미 고사하여 조사에서 제외되었기 때문이다. 일반적으로 작은 개체는 큰 개체보다 이른 시기에 노쇠하기 때문에 작은 개체의 생육기간이 더 짧을 수도 있다(Kawano *et al.* 1982). 그러나 다음 계급인 100~199계급에서는 생육초기와 후기가 각각 26.5(1999)~66.1(2000)% 및 63.1%로 거의 유사한 것으로 볼 수 있었다. 괴경의 건중량에 따른 생식기관이 있는 개체의 비율도 전술한 괴경의 체적-생식기관이 있는 개체의 비율의 결과와 유사한 형태를 보였으나 크기 증가에 따른 증가가 더욱 뚜렷한 경향성을 보이고 있었다. 가장 작은 계급에서 18%로 나타났으며 160 mg 이상의 계급에서는 모두 생식기관을 갖고 있었다. 엽면적의 크기 계급에 따른 생식기관을 갖는 개체의 비율도 앞의 두 가지 결과와 유사하였으나 경향성은 더욱 뚜렷하였으며 20 cm 이상의 계급에서는 모두 100% 생식기관을 갖고 있었다. 따라서 괴경의 체적, 괴경의 건중량 및 엽면적의 증가에 따라 꽃을 갖는 개체의 비율은 증가하였으며 중간 계급 이상에서는 모두 100%를 나타냈다. 이러한 결과에 의하면 현호색 개체군에서는 어린 개체를 포함하여 대부분이 유성생식을 할 수 있거나 생식에 참여하는 것으로 볼 수 있었다. 이러한 현상은 현호색이 종자로만 번식하기 때문에 가능한 많은 에너지를 생식기관에 투자하는 전략과 관계가 있는 것으로 생각된다. 또한 춘계단명식물로 삼림 내 음습지에서 생육하는데 이때 많은 꽃을 생산하는 것이 수분매개동물을 유인하는데 유리하기 때문일 수도 있다. 즉, 어린 개체는 직접 종자를 생산하지 않더라도 많은 꽃은 곤충이 적은 이른봄에 유인하는데 효과적일 수 있다.

개체의 크기 즉, 괴경의 체적, 괴경의 건중량 및 엽면적의 크기 계급에 따른 열매의 생산량은 Fig. 8에 나타난 바와 같다. 각

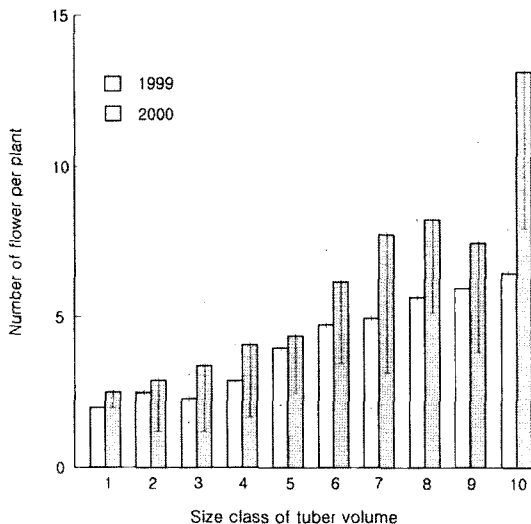


Fig. 6. The number of flower per plant along the size of tuber volume in Namhansung area on April 8, 1999 and April 15, 2000. Size classes are shown as Fig. 5.

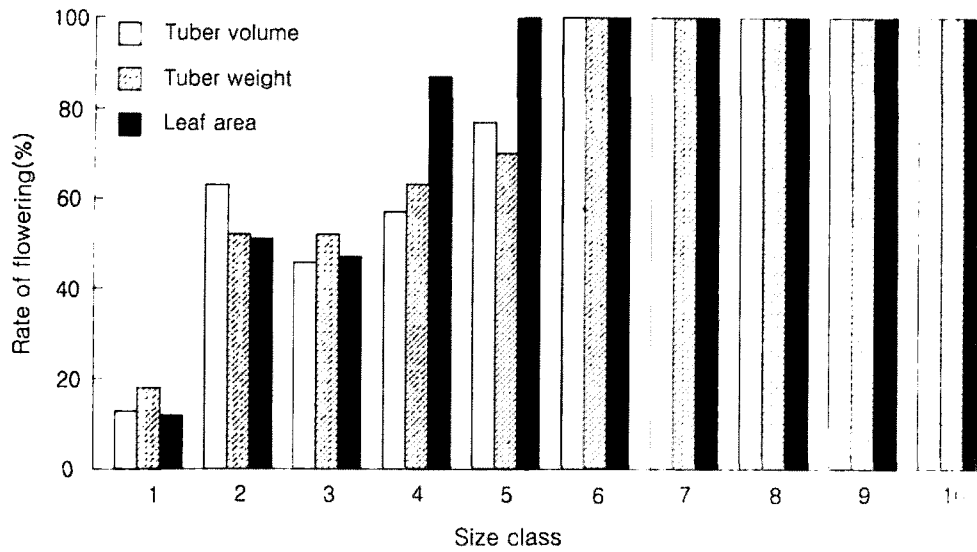


Fig. 7. The rate of flowering plant along the size class on tuber volume, tuber dry weight and leaf area in *Corydalis* population in Namhansung area on May 6, 1999. Tuber volume: 1; ≤ 99 mm³, 2; 100~199 mm³, 3; 200~299 mm³, 4; 300~399 mm³, 5; 400~499 mm³, 6; 500~599 mm³, 7; 600~699 mm³, 8; 700~799 mm³, 9; 800~899 mm³, 10; 900 mm³ \leq . Tuber weight: 1; ≤ 39 mg, 2; 40~79 mg, 3; 80~119 mg, 4; 120~159 mg, 5; 160~199 mg, 6; 200~239 mg, 7; 240~279 mg, 8; 280~319 mg, 9; 320~359 mg, 10; 360 mg \leq . Leaf area: 1; ≤ 4.99 cm², 2; 5.00~9.99 cm², 3; 10.00~14.99 cm², 4; 15.00~19.99 cm², 5; 20.00~24.99 cm², 6; 25.00~29.99 cm², 7; 30.00~34.99 cm², 8; 35.00~39.99 cm², 9; 40.00~44.99 cm², 10; 50.00 cm² \leq .

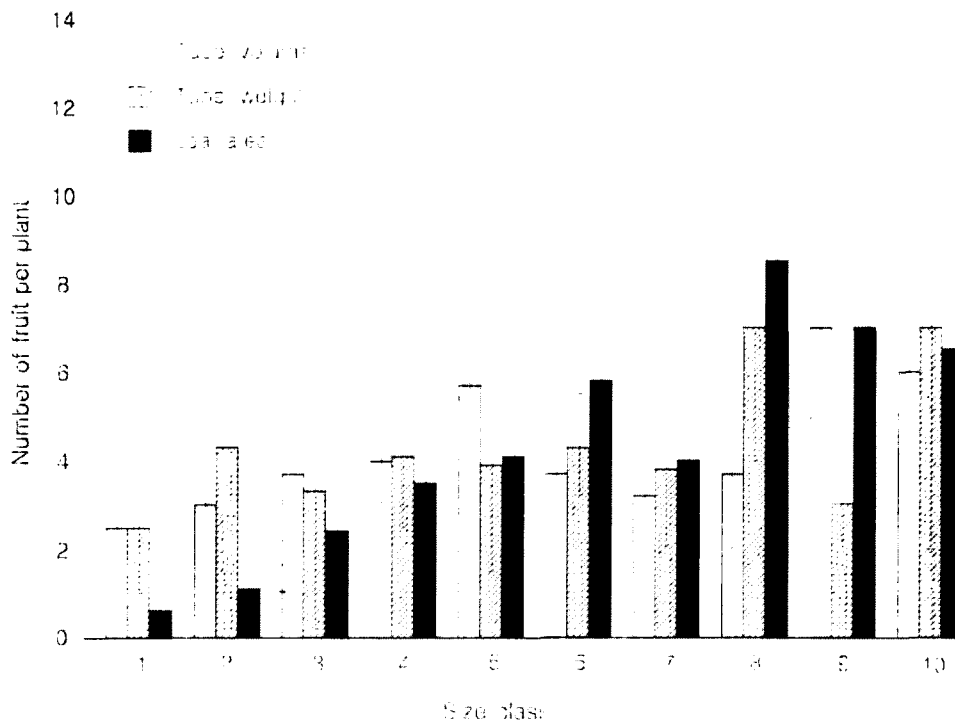


Fig. 8. The number of fruit per plant along the size class on tuber volume, tuber dry weight and leaf area in *Corydalis* population in Namhansung area on May 6, 1999. The size classes were shown as Fig. 7.

속성에서 크기가 증가할수록 열매의 생산량은 대체로 증가하였다. 그러나 증가의 경향성은 뚜렷하지 않았다. 먼저, 체적상 가장 작은 계급인 <100 mm³에서는 개화를 한 개체에서는 평균 2.5개의 열매를, 가장 큰 계급인 900 mm³에서는 6.5개를 각각 생산하였으며 최대치는 800~899 mm³ 계급의 7개이었다. 따라서 이들의 차이는 3배 미만이었다. 크기가 10입을 감안하면 열매의 생산량은 크기에 정비례하지 않는 것으로 볼 수 있었다. 괴경의 건조량 크기의 계급에 따른 열매의 생산량은 최소크기 계급에서 2.5개, 최대크기 계급에서 7.0개이었다. 그러나 상위계급에서는 열매의 생산량이 다소 많았지만 중위계급과 하위계급에서는 계급의 크기와 열매의 생산량은 크기에 따른 증가 경향성이 없었다. 이러한 결과에 의하면 괴경의 건조량과 열매의 생산량은 거의 관계가 없는 것으로 해석할 수 있다. 전 보에서 밝힌 바와 같이 현호색은 생육초기 괴경에 축적되어 있던 유기물을 대부분 지상부의 발생에 이용하고 생육후기에는 광합성 산물이 다시 괴경으로 이동되어 축적된다. 즉, 앞에서 생산된 광합성 산물은 생식기관에 투자하거나 괴경에 축적하기 때문에 생식기관에 투자한 에너지가 상대적으로 많으면 오히려 괴경에 축적된 양이 적기 때문에 생육후기 이들 사이의 관계가 없는 것으로 판단된다. 또한 잎의 크기계급이 커질수록 열매의 생산량은 현저히 증가하였으며 최소계급인 <5.0 cm²에서는 약 0.06개, 최대계급인 45 cm²에서는 6.5개를 생산하였다. 따라서 앞의 두 가지 결과와 비교하면 엽면적의 크기 계급의 증가에 따른 열매의 증가는 다소 뚜렷하였다. 상위계급에서는 표집수가 적어 통계자료에 대한 신빙성이 없으나 중·하위 계급에서는 비교적 충분한 자료인 점

을 감안하면 엽면적과 열매의 생산은 대단히 밀접한 관계를 맺고 있는 것으로 볼 수 있었다. 이러한 결과에 의하면 열매의 생산에는 괴경의 크기보다는 잎의 역할이 대단히 중요한 것으로 생각되었다. 잎의 지속기간은 광합성량에 영향을 미칠 것으로 추정하면 이른봄 지상부의 출현시기는 종자생산에 매우 중요한 요인으로 생각된다.

개체의 크기 즉, 괴경의 체적, 괴경의 건조량 및 엽면적의 크기 계급에 따른 종자의 생산량은 Fig. 9에 나타낸 바와 같다. 먼저, 괴경의 체적 계급에 따른 종자의 생산량은 최소계급인 <100 mm³는 개화한 경우 8개를, 최대계급인 900 mm³에서는 32.5개를 생산하였으며 이들 사이의 중간계급에서는 14~45개를 생산하였다. 그런데 종자의 생산량은 크기계급에 따라 다양하였고 동일 계급 내에서도 편차가 대단히 심하였으며 크기 증가에 따라 증가하는 경향성도 없었다. 따라서 생육기말 현호색의 종자생산량에 의한 괴경 크기의 추정은 거의 불가능한 것으로 볼 수 있었다. 다음으로, 괴경의 건조량 크기에 따른 종자의 생산량에서 볼 때에도 괴경 크기 증가에 따른 종자의 양의 증가 경향성은 나타나지 않았다. 그리고 표집수가 적은 상위 계급과 최소 계급을 제외하면 각 계급은 거의 유사한 종자생산량을 보였다. 특히, 동일 계급 내에서 심한 편차를 감안하면 각 계급간의 차이는 없었다. 이러한 결과는 전술한 바와 같이 주어진 광합성 산물로 종자의 생산에 이용하고 일부를 괴경에 축적하기 때문에 각 개체의 전략에 따라 에너지의 분배가 다를 수밖에 없다. 여기에서 생육기간의 각 시기별로 에너지의 분배가 다른지 혹은 가능한 많은 양의 종자를 만들려고 하였으나 물질(유기물 및 무기물)의

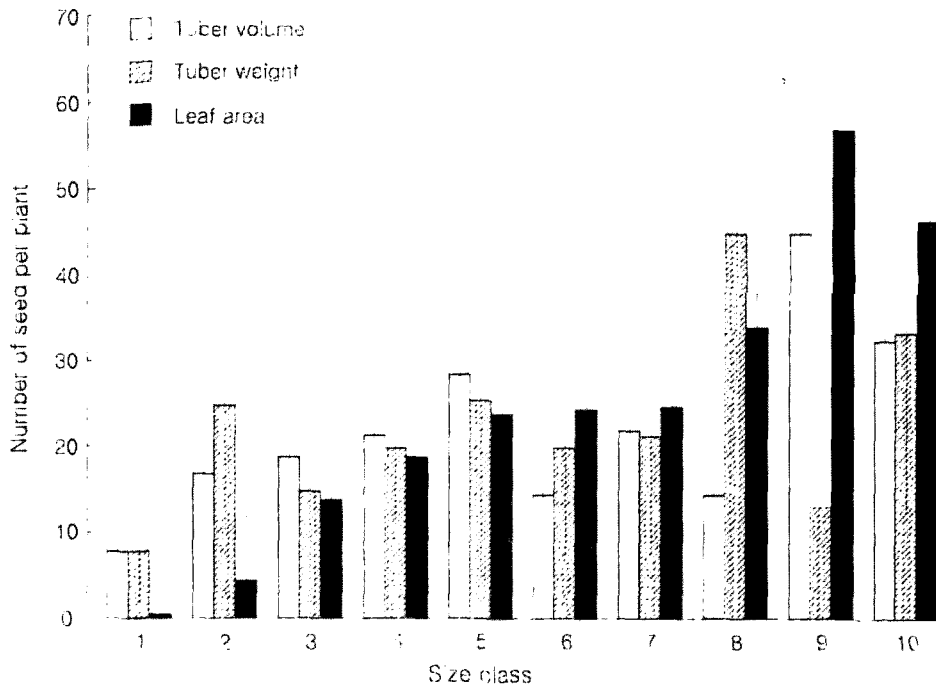


Fig. 9. The number of seed per plant along the size class on tuber volume, tuber dry weight and leaf area in *Corydalis* population in Namhansung area on May 6, 1999. The size classes were shown as Fig. 7.

부족, 토양환경의 부적절, 동물에게 피식, 수분의 불완전 등에 의해 종자생산이 제약을 받는지에 대한 것은 더 조사할 필요가 있다. 마지막으로, 엽면적의 크기 계급에 따른 종자의 생산량에서 보면 최저계급인 <5 cm²에서는 약 0.1개의 종자를, 다음 계급에서는 4.5개, 최대계급인 45 cm²에서는 46.5개를 각각 생산하였다. 그런데 하위계급, 중간계급 및 상위계급간의 차이는 뚜렷하였지만 각 계급간의 유의적인 차이는 없었는데 이것은 동일 계급 내에서 개체간 편차가 심하였기 때문으로 생각되었다. 그러나 엽면적-종자생산량과의 관계는 괴경의 크기-종자생산량의 것보다 뚜렷한 경향을 보였다. 즉, 엽면적이 증가할수록 종자의 생산량은 증가하는 경향성이 뚜렷함을 보여주고 있었다.

이러한 결과에 의하면 꽃의 생산은 비교적 생육초기 괴경의 크기(체적 및 건중량)에 결정되는 경향이 크지만 생육기말 열매나 종자의 생산량은 엽면적과 깊은 관계를 맺는 것으로 볼 수 있었다. 즉, 종자는 당해연도의 잎에서 생산된 에너지에 의해 생산되기 때문에 엽면적의 크기가 생산된 종자의 수를 결정하고 괴경의 크기와는 관계가 없는 것으로 생각된다. 다만 전년도에 괴경이 클 경우 생육초기 엽면적을 크게 할 수 있고 이로 인하여 많은 양의 종자를 생산할 수 있고 지하부에 축적하는 양도 많을 가능성이 높다. 그러나 실제 생산하는 종자의 양은 각 개체의 특성에 따라 크게 달라진다. 그 중 하나는 생육초기 늦은 시기에 지상부가 발생하면 생육기간이 단축되어 충분한 광합성을 못하는 것이라고 생각된다. Law(1979)에 의하면 포아풀류(*P. annua*)는 첫 해에 생산된 꽃봉오리 수와 식물체의 크기 및 다음 해의 꽃봉오리 수는 반비례관계에 있다.

인용문헌

- 김윤식, 오병운. 1987. 한국산 현호색속(*Corydalis*)의 형태학적 형질에 의한 분류학적 연구. 식물분류학회지 17: 73-114.
- 민병미. 2003. 현호색속 *Pes-gallinacea* 절 집단의 성장특성. 한국생태학회지 26: 181-188.
- 이창복. 1979. 대한식물도감. 향문사. 서울, pp.383-385.
- 조도순. 1998. 춘계단명식물의 생장에 노쇠에 관한 연구. 가톨릭대학교 자연과학연구소 자연과학연구 19: 199-210.
- Bell, G. 1980. The costs of reproduction and their consequences. *Am. Nat.* 116: 45-76.
- Charlesworth, B. 1980. Evolution in age structured populations. Cambridge University Press. Cambridge.
- Clauss, M. J. and L. W. Aarssen. 1994. Phenotypic plasticity of size-fecundity relationships in *Arabidopsis thaliana*. *J. Ecol.* 82: 447-455.
- Harper, J. L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, London. New York.
- Harper, J. L. and J. White. 1974. The demography of plants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 5: 419-463.
- Hossaert-McKey, M. and M. Jarry. 1992. Spatial and temporal patterns of investment in growth and sexual reproduction in two stoloniferous species, *Lathyrus latifolius* and *L. sylvestris*. *J. Ecol.* 80: 555-565.
- Kawano, S., A. Hiratsuka and K. Hayashi. 1982. Life-history characteristics and survivorship of *Erythronium japonicum*. *Oikos* 38: 128-149.
- Law, R. 1979. The cost of reproduction in annual meadow grass. *Am. Nat.* 113: 3-16.
- Lovett Doust, J. and L. Lovett Doust. 1988. Modules of production and reproduction in a dioecious clonal shrub, *Rhus typhina*. *Ecology* 69: 741-750.
- Primack, R. B. 1987. Relationships among flowers, fruits, and seeds. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18: 409-430.
- Reekie, E. G. 1991. Cost of seed versus rhizome production in *Agropyron repens*. *Can. J. Bot.* 69: 2678-2683.
- Reznick, D. 1985. Costs of reproduction: an evaluation of the empirical evidence. *Oikos* 44: 257-267.
- Rogers, R. S. 1982. Early spring herb communities in mesophytic forests of the Great Lakes region. *Ecology* 63: 1050-1063.
- Schmid, B. and J. Weiner. 1993. Plastic relationships between reproductive and vegetative mass in *Solidago altissima*. *Evolution* 47: 61-74.
- Silvertown, J. W. 1982. Introduction to plant population ecology. Longman, London.
- Solbrig, O. T. 1981. Studies on the population biology of the genus *Viola*. II. The effect of plant size on fitness in *Viola sororia*. *Evolution* 35: 1080-1091.
- Weiner, J. 1988. The influence of competition on plant reproduction. In J. Lovett Doust and L. Lovett Doust (eds.), *Plant Reproductive Ecology: Patterns and Strategies*, Oxford University Press, New York. pp.228-245.
- Wesselingh, R. A., T. J. de Jong, P. G. L. Klinkhamer, M. J. van Dijk and E. G. M. Schlatmann. 1993. Geographical variation in threshold size for flowering in *Cynoglossum officinale*. *Acta Bot. Neerl.* 4: 81-91.
- Wesselingh, R. A., P. G. L. Klinkhamer, T. J. de Jong and L. A. Boorman. 1997. Threshold size for flowering in different habitats: Effects of size-dependent growth and survival. *Ecology* 78: 2118-2132.

(2003년 6월 2일 접수; 2003년 6월 23일 채택)

Seed Production of *Pes-gallinacea*(*Corydalis*, Fumariaceae) Group

Min, Byeong Mee

Department of Science Education, Teacher's College, Dankook University, Seoul 140-714, Korea

ABSTRACT : Properties of seed production in *Corydalis*, spring ephemeral, group were studied during two years at Namhansansung area. *Corydalis*' flower was out in the early April and its seed dispersed in the early May. The period of total seed production was 30 days. The decrease rate of sex organs was the highest between deflowering time and early fruiting time. The numbers of flower and seed per plant were in the range of 1~13 and 0~76, respectively. And the number of seed per fruit was from zero to twenty. In a plant, seed production was the most (11.8 seeds) in the lowest fruit and conspicuously decreased along the upward fruit. In the same plant, seed production was various by each year. The plants of small tuber size produced more seeds and those of large tuber size produced fewer seeds in the next year than this year. In the early growth season, the flowering plants/total plants rate increased in proportion to plant size (tuber volume), the rate of the smallest size class (<100 mm³) was in the range of 5.0%(1999)~5.4%(2000), those over the 600 mm³ size classes were 100%. The number of flower per plant at the same size class were higher in 2000 than in 1999. Especially, at the size class of 900 mm³≤, the numbers of flower per plant were 13.2 in 2000 and 6.5 in 1999. In the late growth season, the flowering plants/total plants rates were 13.3% in the smallest size class (<100 mm³) and 100% over the 500 mm³ size classes. Therefore, the flowering plants/total plants rates along the size classes were higher in the late growth season than in the early one. The number of fruit or seed per plant increased in proportion to the volume and dry weight of tuber, but there was not significant and varied along each plant in the same size class. The number of fruit or seed per plant conspicuously increased in proportion to the leaf area. Therefore, it was thought that seed production was related to photosynthetic ability during growth season.

Key words : *Corydalis*, Flowering plant/total plant rate, Growth season, Leaf area, Seed production, Tuber
