



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

강 혜 순 교수지도
석사학위 청구논문

우리나라 현화식물
결실기의 생태적 양상

2008

성신여자대학교 교육대학원
교육학과 생물교육 전공
안 은 강

우리나라 현화식물
결실기의 생태적 양상

강혜순 교수지도

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2007年 11月

성신여자대학교 교육대학원
교육학과 생물교육 전공
안은강

인 준 서

안은강의 석사학위 논문으로 인준함.

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

성신여자대학교 교육대학원

논문개요

식물의 결실기(fruiting phenology)는 식물적응도를 결정짓는 중요한 특징이며, 개화에서 결실까지 열매가 성숙되는 기간을 일컫기도 한다. 그러나 개화기, 생육형, 열매형과 분산매개자와 같은 다양한 생태특성과 상관되어 있는 이유로 정의하기는 어렵다. 또한 결실의 식물계절학은 결실계절과 생태요인 간에 일어나는 상호작용의 영향을 받기도 한다. 본 연구에서는 개화기, 생육형, 열매형과 분산매개자와 같은 생태특성과 결실기의 상관성을 검토하였다. 이는 우리나라 현화식물의 결실기 양상을 진화적으로 추론하기 위해 이루어졌다.

우리나라에 분포하는 현화식물 3,033종(2강 48목 164과 918속)을 대상으로 전반적인 결실기와 생태특성의 분포를 확인하였다. 동시에 각 종에 대한 분류군 간의 유연관계를 확인하였다. 본 연구를 위한 분석 작업은 1) 모든 종들을 포함한 총괄데이터, 2) 각 속에서 한 종씩 무작위로 추출한 재추출데이터, 3) 주요 7개 과를 포함한 과 데이터의 세 가지 데이터 구성에 기초를 두고 수행하였다. 결실기의 전반적인 양상과 과 수준에서의 계통효과를 확인한 후, 재추출데이터를 사용하여 결실기와 생태특성간의 상관관계를 검토하였다.

총괄데이터에 의하면, 우리나라 현화식물 3,033종은 가을에 결실하였는데, 조사된 10월과 9월(45.6%, 25.6%)에, 여름(20.3%)과 봄(3.2%) 순으로 결실하였다. 생태요인 중 생육형의 경우 초본이 관목의 3배이며(75.6% vs. 24.4%), 열매형의 경우 건과(85.5%) > 육과(14.5%)로 건과가 육과에 비해 6배정도 많았으며, 분산매개자의 경우 비생물매개자가 76.7%로 생물, 혼합매개자의 3배정도 많았다.

주요 7과의 분석결과, 특정 과는 특정계절에 결실하는 경향을 보였는데 이런 결실기의 변이양상을 나타내는 것은 과 수준에서의

계통학적 영향이 원인인 것으로 추측된다. 재추출데이터를 기초로 한 two-way contingency table analysis 결과를 보면, 결실기는 개화기, 생육형과 열매형에 따라 달라지나, 분산매개자에 의해서는 결실기가 달라지지 않음을 보여준다. 그러나 후속적으로 수행된 각 생육형에 따른 분석에서, 생육형에 따라 생태특성과 결실기 사이의 상호작용이 달라졌다. 초본종에서 가을철 개화종은 같은 시기에 결실하는 반면에 목본종의 가을철 개화종은 다음해 봄에 결실하는 경향을 보였다. 그 결과 초본종보다 목본종의 성숙기간이 더 길어졌다. 본 연구의 가설과 달리, 생육형에 따라 초본종과 목본종 모두 육과가 가을에 결실한다는 명백한 증거는 없었다. 이와는 달리, 매우 약하나 목본종에서 생물매개자에 의해 가을에 결실하는 것으로 추정된다.

따라서, 본 연구에서는 1) 우리나라 현화식물 3,030종은 가을에 결실하며, 2) 과 수준에서의 계통효과에 의해 결실기에 제한을 받으며, 3) 초본종과 목본종의 개화기에 따라 결실기가 달라지고, 우리나라 현화식물에 대한 연구에서는 일반적으로 목본종이 육과를 맺고 또는 가을에 결실한다는 상관성에 대한 증거는 확인되지 않았다. 앞으로 급속도로 빨라지는 지구온난화에 대처하기 위해 식물 결실기에 대한 심도 있는 연구는 계속적으로 이루어져야 할 것이다.

목 차

논문 개요

표목록(List of Tables)

그림목록(List of Figures)

I. 서 론

II. 재료 및 방법

III. 결 과	14
1. 계통효과를 고려하지 않은 총괄데이터 분석.....	14
2. 주요 7개 과의 결실기 양상	16
3. 계통효과를 고려한 재추출데이터 분석	17

IV. 고 찰

29

참 고 문 헌

ABSTRACT

List of Tables

Table 1. Frequency distribution of Korean angiosperm species fruiting at each season	21
Table 2. Frequency distribution of various categories of growth habit (A), fruit type (B) and seed dispersal vector (C) in Korean angiosperm species	22
Table 3. Frequency distribution of Korean angiosperms species in a two-way contingency table of fruiting season and seven large families	23
Table 4. Association of fruiting season with herbaceous vs. woody species (A), herb vs. shrub vs. tree (B), flowering season (C), fruit type (D) and dispersal vector (E) among Korean angiosperm species	24
Table 5. Association of fruiting season with flowering season (A), fruit type (B) and dispersal vector (C) among Korean angiosperm species after controlling for life form	25

List of Figures

- Figure 1. Number of fruiting species at each month of the year
among angiosperm species in Korea 26
- Figure 2. Frequency distribution of maturing duration of Korean
angiosperm species 27
- Figure 3. Number of fruiting species at each month among the
seven large families 28

I. 서론

Rathke와 Lacey(1985)에 의하면 식물의 결실기란 열매가 발달하고 성숙하는 일련의 기간이며 개화기와 함께 식물의 적응도를 결정짓는 중요한 시기이다. 벌과 같은 수분매개자에 의해 수분이 된 후 결실이 되므로 결실기는 개화의 시기와 그 기간에 따라 달라질 수 있다. Stiles(1982)는 북미 동부의 낙엽수림 연구에서 광합성 제한과 열매가 익는 시간 사이의 간격이 몇 주정도로 짧거나(*Vaccinium*, *Amelanchier*, *Rubus*) 몇 달씩(*Viburnum*) 걸리는 경우도 있다고 하였다. 필리핀 아고산우림지에 있는 5,800수목중에서 대부분의 종은 개화 3개월 이후에 결실이 되었으며, 대부분의 임관 수종은 개화가 절정이 되었을 때 열매를 맺기 시작한다(Hamann, 2004). 스페인 남서부의 초본종에 대한 Herrera(1986)의 연구에 의하면 대체로 지중해성 기후의 얇은 뿌리를 가지는 *Cistus*, *Thymus* 속 등은 봄에 개화하고 여름에 결실한다. 온대 지역인 영국 식물상에 관한 연구에서 작은 열매를 생산하는 종보다 큰 열매를 생산하는 종이 더 빨리 개화하고 성장하며, 플로리다 남부 식물상의 경우는 큰 열매를 생산하는 종의 성숙기간이 작은 열매를 생산하는 종 보다 더 길다(Primack, 1985). Takanose와 Kamitani(2003)에 의하면 일본 중앙 온대림의 51개 목본종에서 과육이 있는 열매를 생산하는 종은 5월 ~ 7월까지 집중적으로 개화하고 열매는 7월에 성숙되기 시작한다. 우리나라의 경우 여름에 집중적으로 개화가 되므로 가을에 가장 많은 결실을 맺을 것이며, 봄에 개화한 식물은 여름에, 여름에 개화한 식물은 가을에 결실될 것이라 생각되어진다.

식물의 결실은 매개자 활동과 밀접하게 관련되어 있다(Fredericksen, 2000). 열대성 고산기후인 볼리비아의 건조림 39곳

453종에 대한 2년간(1996년 ~ 1998년)의 연구에서 대부분의 임관 수종은 주로 8월 ~ 10월에 바람에 의해 분산되고 아임관 수종은 10월 ~ 2월에 동물 또는 중력에 의해 분산된다(Fredericksen, 2000). Stiles(1980)는 식물의 결실기가 척추동물의 활동성에 따라 달라지며, McKey(1975)는 조류들이 열매 먹이에 의존함에 따라 식물은 열매를 통한 분산 능력을 증가시키게 되었다고 주장하였다. 북미 동부의 낙엽수림에서도 교목과 관목의 개화가 이른 것은 분산매개자인 새의 선택력 때문이라고 해석되었다(Stiles, 1980, 1982). Stiles(1982)에 의하면 철새의 이주기간 동안 열매가 충분히 익기 위해서는 개화가 빨라야 하며 열매가 익어 분산할 준비가 되면 새들에게 그들의 존재를 알려주기 위해 fruit flags(열매깃발: 매개자에게 제공하는 영양분의 양과는 상관없이 시각적인 자극을 주어 매개자를 유인하며 단지 특정 자생 조류에게만 신호로 작용한다)를 이용하여 주위와는 대조적인 색을 띠게 된다. Barro Colorado Island의 저지대 열대림의 *Ficus* 종의 생물기후학적 연구에서 결실의 비동시성은 분산매개자효과와 관련 있으며(Milton et al., 1982), Smythe(1970)는 이 지역의 결실기와 분산방법의 상관연구에서 조류에 의한 분산은 온대보다 열대지역이 더 활발하며, 작은 열매는 거주 동물의 소화관을 통해 이동해 분산의 경쟁을 피하므로 연 중 결실되나, 큰 종자를 가진 열매는 특정 계절에만 익는다고 하였다. 또한 일본 중앙의 온대림에서 과육이 있는 식물종은 여름동안에 열매가 익으며, 가을에 열매가 익는 종의 경우 이른 9월 ~ 11월에 열매가 익었고 겨울 철새인 개똥지빠귀(dusky thrush), 흰배지빠귀(pale thrush)가 도래한 10월 말에 결실이 증가했다(Takanose and Kamitani, 2003). 일본 남부 온대림에서도 철새의 수가 증가하면 과육이 있는 식물종의 결실이 증가하는 경향이 있으며(Noma and Yumoto, 1997), 과육을 먹는 겨울철새 개체군이 많아

지면 결실기가 겨울로 미루어질 것이라고 하였다(Skeate, 1987). 외국의 이런 많은 연구와 달리 우리나라의 경우 식물종의 잠재적 분산방법에 대한 정보는 있으나(이우철, 1996), 결실기와 분산매개자와의 연관성, 예를 들어 과육이 있는 열매는 조류가 많은 철에 성숙하는지에 대한 연구는 아직 존재하지 않는다. 그러나 선행연구들로 미루어 보아 매개자의 유형에 따라 결실시기가 구분될 것이며, 철새의 활동기와 상관관계도 존재할 것이라 생각되어진다.

식물의 결실은 생육형과 열매형에 따라 다른 양상을 보인다. Thompson과 Willson(1979)에 의하면 온대지역 초본종은 여름보다 가을철 결실종이 더 많으며 빨리 이동하는데 이것은 텃새와 철새에 의한 분산의 차이이며, 개미에 의존하는 종은 봄에 열매를 맺는 반면 조류에 의존하는 초본은 늦은 여름에 결실하는 경향이 있다고 하였다. Handel 등(1981)은 뉴욕 중습지림의 초본종 연구에서 개미에 의존하는 초본종은 한 방형구안에 평균 전체종의 33 ~ 46%를 차지하며, 지질이 풍부한 elaiosome을 가지며 빨리 분산한다고 하였다. 이는 번식 적응도를 높이기 위한 전략으로 조류에 의해 분산되는 종보다 빨리 결실한다. Stiles(1980)는 열매의 양분 축적을 위해 어느 정도의 성숙기간이 필요하며, Rathke와 Lacey(1985)는 새와 같은 척추동물이 주요 분산매개자인 종들은 비싼 열매를 만들기 위해 많은 에너지와 시간을 소요하기 때문에 초본보다는 목본이 대부분이라고 하였다. 스페인 남부지역 연구에서 겨울에 분산하는 종은 육과와 같이 영양분이 많은 열매를 만들며(Herrera, 1982; 1986), 여름에 열매가 익는 무리는 무척추동물 또는 비생물적 분산매개자(바람, 중력)에 의해 분산되는 종으로 건과를 만든다고 알려졌다(Herrera, 1986). 우리나라의 경우, 피자식물 중 초본종(75.5%)이 목본종(24.5%)보다 3배나 많으며(Kang and Jang, 2006), 우리나라 식물은 건과종(85.5%)이 육과종

(14.5%)의 6배에 달한다고 보고 되었다(장선영, 2005). 건과의 비가 높은 것은 번식 자원이 상대적으로 제한된 초본종이 많기 때문이라 생각되어진다. 이러한 선행연구들에 근거할 때 초본과 목본의 생육형에 따라 결실시기가 달라질 것이다. 초본종은 주로 건과를 맺으므로 단기간에 성숙되어 개화계절과 같거나 개화한 다음 계절에 결실한다. 이와는 달리 목본종은 질 좋은 양분을 가진 육과를 맺기 위해 장시간이 필요하므로 가을 또는 봄에 결실할 것으로 기대된다. 또한 일본에서처럼 열매섭식 동물매개자의 풍부도와 육과종의 비율이 동반하여 증가하는지에 대해 확인해보고자 한다.

식물 생활사의 시기적 양상은 강우량, 광선, 온도 등과 같은 비생물적 요인(Opler et al., 1976; van Schaik, 1986; Ashton et al., 1988; van Schaik et al., 1993)과 수분매개자 또는 종자 분산매개자의 활동(Snow, 1965; Frankie et al., 1974; Rathke and Lancey 1985), 열매의 종류에 따른 생물매개자의 분산유형(Smythe, 1970) 등 여러 요인의 변이에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, Chapman 등(2005)은 우간다 열대지역의 관목은 강우량이 가장 많은 달에 결실되는 경향을 보인다고 하였다. 열대성 고산기후인 볼리비아의 건조림 39곳 453종에서 대부분 임관수종은 건조한 계절에 결실하고, 아임관수종은 우기에 결실한다(Fredericksen, 2000). 각 특성이 개별적으로 작용할 뿐 아니라 생태특성의 상호작용에 의한 효과에 대한 연구도 이루어지고 있으며 생물의 시기적, 생태적 특성에 대한 연구는 각 생태특성 간의 상관관계를 고려하여야만 한다. 예를 들면 뉴질랜드 지역의 70% 식물종이 목본이며, 주로 육과를 맺고 암수딴몸인 경향이 있으며 분산매개자인 새와의 관련성이 높을 것이다(Webb and Kelly, 1993). 또한 새의 먹이로 50%이상이 과육이 있는 식물 종이며, 빨간색 열매를 선호한다고 하였다(Webb and Kelly, 1993). 우리나라의 경

우, 박헌우 등(2002)은 조류의 섭식행동에서 색이 먹이 선택에 중요한 역할을 하는지를 모의실험으로 확인했으며, 임선재와 이우신(2000)에 의하면 들꿩은 참나무류와 피나무류의 겨울눈 및 찔레꽃 열매, 노박덩굴, 까치밥나무, 인동과식물, 고뢰쇠나무 열매 등을 먹는다고 하였다. 이우신 등(1998)은 남산 지역 조류 군집 연구에서 텃새는 16종, 여름철새 14종, 겨울철새 4종, 나그네새 7종으로 구성되며, 여름철새의 경우 5월에 도래, 흰배지빠귀는 11월까지 서식하고, 겨울철새는 11월, 나그네새는 5월 초순에 북상하여 10월 중순에 남하한다고 하였다.

아프리카동부 케냐의 타나강 유역(Kinnaird, 1992), 뉴욕 중습지림(Handel et al., 1981), Barro Colorado Island의 저지대 열대림(Milton et al., 1982; Smythe, 1970)의 다양한 지역의 식물상자료를 기초로 한 결실기와 관련된 생태적 특성의 연구 뿐 아니라, 미국 캐롤라이나와 일본(Kochmer and Handel, 1986), 스페인 동남부 초지(Bosch et al., 1997), 코스타리카 열대우림(Kang and Bawa, 2003)의 식물상 자료를 기초로 한 개화와 생태적 특성에 관해 수행된 외국의 연구들을 많이 찾아볼 수 있다. 그러나 우리나라의 경우, 식물상의 개화기 생물계절학적 연구는 아직까지 단편적이었으며 결실기 생물계절학적 연구는 거의 전무하다. 임양재 등(1998)은 서울시 내 귀화식물의 분포와 특성조사에서 대부분의 귀화식물은 햇빛과 적습한 곳을 선호한다고 하였다. 한국 내 두 지역 식물상의 눈이 싹트는 시기, 잎이 나는 시기, 꽃이 피는 시기를 비교한 연구 결과가 발표되었으나 우리나라 수도권 내의 조사에 그쳤다(민병미, 1998). 우리나라 식물종들의 계통효과를 고려한 Kang과 Jang(2004)은 현화식물의 63%가 여름에 개화하며 나머지 19.5%, 16.5%가 봄과 가을에 개화함을 밝혔다. 후속적인 연구(Kang and Jang, 2006)에 의하면 현화식물의 개화기는 초본, 목본종간에 다르고 또한 수분매개자의 유형에 따라서도 차이가

있었다. 본 연구에서는 결실기와 생태특성 간의 상호작용에 초점을 맞추어 식물의 결실기의 양상을 확인하고자 한다.

같은 계통의 종들은 공통 조상을 가지고 있기 때문에 유사한 형질을 나타내게 된다(Harvey et al., 1995; Westoby et al., 1995). 그러나 생태적, 형태적 특성의 변이는 특성에 따라 각기 다른 분류 수준에서 발생하고 있다(Peat and Fitter, 1994). 예를 들면, 종자의 무게와 기공분포는 과 수준, 바람매개자와 곤충매개자는 강, 문 수준에서 계통효과가 가장 크게 나타난다. Wright와 Canderon(1995)의 Barro Colorado Island의 식물상 연구에서도 강과 과, 속의 모든 수준에서 개화시기의 변이가 제한되었으나 각기 다른 개화특성은 서로 다른 분류 수준에서 제한되는 경향을 보였다. 강 내에서도 목에 따라, 목 내의 과에 따라, 과 내의 속에 따라 개화시기와 개화기간 모두에서 차이가 나타났으나 이들 계통은 개화기간보다는 개화시기의 변이를 더 많이 설명하였다. 우리나라 현화식물의 경우 미나리아재비과, 장미과, 콩과, 국화과, 백합과, 화본과, 사초과와 같은 주요 과의 개화시기가 서로 다르다(Kang and Jang, 2004). 예를 들어, 미나리아재비과는 봄에, 콩과는 여름, 국화과는 가을철에 개화하여 과 수준에서도 계통효과가 작용하는 것으로 해석된 바 있다. 그렇다면 개화기에 후속적으로 발생하는 생활사 특성인 결실기 또한 일정 분류체계에서 작용하는 계통효과에 의해 제한될 것으로 사료된다.

우리나라에는 산과 계곡이 많은 복잡한 지형과 온대몬순의 기상 환경으로 인하여 다양한 생태적 특성을 가진 많은 자생식물들이 자라고 있다. 현재까지 조사된 우리나라 자생식물은 귀화종 438종을 포함하여 4,596종으로 국토의 단위 면적당 종 수가 일본이나 중국에 비해 많은 수이다(장정운, 2003). 특히 고유식물의 경우 매우 귀중한 유전자원으로 보전의 가치가 높음에도 불구하고 우리나라 고유식물,

자생식물의 기본적인 생태적 특성에 대한 자료는 아직도 매우 빈약한 상태이다. 자연환경의 파괴로 인해 생물 보존을 위한 연구가 시급한 지금의 상황에 비추어보아 우리나라 식물에 대한 생태적 데이터 축적은 시급히 시행되어야 할 과제이다. 최근 Primack 등(2004)은 지구온난화로 인해 미국 보스톤 지역에서의 개화시기가 빨라지고 있음을 밝혔다. 우리나라 또한 지구의 온난화로 인한 기온과 강우량의 변화로 개화시기가 빨라질 것이며(이승호 등, 2003) 결실기에도 많은 변화가 발생하리라는 예측을 가능케 한다. 지구온난화로 인해 고산식물의 서식지 축소(공우석, 1998), 난대림 지역의 확장, 온대림의 북상, 구상나무, 가문비나무등의 아고산 침엽수림의 감소 등 산림식생대 분포의 이동(뉴스한국, 2007)이 일어나고 산림 분포의 변화는 공적응된 동물 매개자의 종류와 다양성에 심대한 영향을 미칠 것이다. 이런 잠재적 변화에 대한 보전생물학 측면의 대안을 마련하기위해 우리나라 식물의 결실기에 대한 연구를 조속히 수행할 필요성이 있다.

본 연구에서는 우리나라 현화식물의 전반적인 결실기에 영향을 미치는 잠재적인 생태 특성들을 조사하고 특히 다음과 같은 몇 가지 의문점을 연구하였다.

첫째, 우리나라 현화식물의 전반적인 결실기 양상은 어떠한가?

둘째, 결실기도 개화기와 유사하게 계통 효과에 의해 제한되는가?

셋째, 결실기가 생육형과 개화기, 열매형, 분산매개자 등의 생태적 특성과 상관되어 있는가?

II. 재료 및 방법

데이터 획득 및 범주 형성

우리나라 현화식물 2강 48목 164과 918속 3,030종의 결실기에 대한 데이터를 한국식물도감(이영노, 1998)에서 추출하였으며, 이때 계통효과를 고려하기 위해 과, 속, 종을 표기하였다. 각 종에 대하여 결실을 시작하는 달과 끝나는 달의 정보를 기록하였다. 결실을 시작하는 달과 끝나는 달의 중간값을 취하여 결실절정기를 나타내는 결실달로 표기했다. 예를 들어, 당조팝나무의 경우 결실 시작달이 7월, 결실 끝나는 달이 10월이므로 결실달은 9월이 된다. 10월에 결실을 시작하여 이듬해 10월에 결실이 끝나는 굴참나무의 경우는 10월이 결실달이 된다. 결실계절은 봄(3~5월), 여름(6~8월), 가을(9~11월), 겨울(12~2월)의 4범주로 정의하였다. 개화달도 결실달과 마찬가지로 개화 시작하는 달과 끝나는 달의 중간값을 취하여 개화절정기로 나타내는 개화달로 표기하였으며 개화계절은 봄(3~5월), 여름(6~8월), 가을(9~11월), 겨울(12~2월)의 4범주로 정의된 바 있다(Kang and Jang, 2004). Herrera(1982)의 경우는 스페인 남서부의 새에 의해 분산되는 식물종의 야외 관찰을 통해 열매가 성숙되는 것을 확인하고 식물의 결실기를 열매의 성숙계절로 보고 이를 여름(6~8월), 가을(9~10월), 겨울(11~2월)로 나타내었다. 추가적으로 성숙기간을 개화 이후 결실까지로 정의하고 결실달에서 개화달을 뺀 값으로 산출하였다. 예를 들어, 장미과의 긴조팝나무는 개화달이 4월이고 결실달이 10월이므로 성숙기간은 6개월이 된다. 같은 과에 속하는 딱지꽃은 7월에 개화하여 8월에 결실하므로 성숙기간은 1개월이 된다. 또한 개

화 후 다음해 결실이 일어나는 경우는 결실달에 12를 더한 후 개화 달을 빼준다. 예를 들면, 목련과의 가마귀쪽나무는 10월에 개화하여 다음해 10월에 결실하므로 성숙기간이 12개월이 된다.

우리나라 현화식물의 개화양상과 생육형과 같은 생태특성에 관한 정보(Kang and Jang, 2004; Kang and Jang, 2006)와 종자를 퍼뜨리는 분산매개자에 관한 정보(이우철, 1996)를 추출하여 범주화시켰다. 생육형과 열매형, 분산매개자와 같은 생태특성에 관한 부가적인 데이터 수집을 위하여 다른 문헌들과 인터넷(이창복, 2003; 오용자, 2000; 환경부, 2005; <http://plants.usda.gov/>, <http://100.naver.com/>)을 참고하였다.

생태특성에 관한 데이터는 다음과 같이 각기 몇 개의 범주로 나누었다.

생육형: 일차적으로 일년생 초본, 이년생 초본, 다년생 초본, 초본성 덩굴, 일~이년초 또는 월년초를 포함한 다양한 수명을 갖는 기타 초본, 관목, 소교목, 교목, 목본성 덩굴, 기생성 식물의 10개의 범주로 구분하였다. 이차적으로 일년생 초본, 이년생 초본, 다년생 초본, 초본성 덩굴, 기타 초본류를 포함하여 초본류로, 관목과 교목을 포함하는 목본류의 두 범주로 재범주화 하였다. 마지막으로 목본류에서 관목과 교목을 분리시켜 초본, 관목, 교목의 세 범주로 구분하였다.

열매형: 열매형은 수과(achene), 영과(caryopsis), 시과(samara), 포과(urticule), 분열과(shizocarp), 견과(nut), 소견과(nutlet), 꿀돌과(follicle), 협과(legume), 삭과(capsule), 분리과(loment), 단각과(silicle), 장각과(silique), 장과(berry), 핵과(drupe), 박

과(pepo), 감과(hesperidium), 이과(pome)로 구분하였다. 하나의 꽃의 여러 개 자방이 성숙하여 열매를 이루고 있는 딸기, 목련의 열매는 집합과(aggregate fruit)로, 상과(sorosis)나 은화과(synconium)와 같이 여러 꽃의 자방이 모여서 이루어진 열매는 복합과(multiple fruit)로 구분하였다. 이렇게 구성된 범주를 가지고 견과와 육과 두가지 열매형으로 재범주화 하였다. 수과, 영과, 시과, 분열과, 견과, 소견과, 골돌과, 협과, 삭과, 분리과, 단각과, 장각과와 집합과에 해당하는 목련의 열매는 견과로, 장과, 핵과, 박과, 감과, 이과, 목련의 열매를 제외한 집합과와 상과, 은화과는 육과로 구분하였다.

분산매개자: 일차적으로 바람, 새나 설치류 등의 동물매개자(동물), 자동산포, 중력, 바람과 동물(바람/동물), 바람과 중력(바람/중력), 동물과 중력(동물/중력), 자동산포 후 동물에 먹힘(자동산포/동물)으로 구분하였다. 이차적으로는 동물매개자를 생물매개자로 표기하였고, 바람이나 중력, 자동산포를 포함하여 비생물 매개자로, 바람/중력, 동물/중력, 자동산포/동물처럼 생물과 비생물 두 요인이 함께 작용하는 경우를 혼합형으로 표기하여 생물매개자, 비생물매개자, 혼합매개자의 세 범주로 구분하였다.

전반적인 결실기의 양상을 파악하기 위해서 계통에 관계없이 3,030종을 모두 포함하는 총괄데이터를 이용하여 결실달, 결실계절의 각 범주의 빈도에 대한 분석을 수행하였다. 결실기의 계통 효과는 두가지 방법으로 조사하였다. 우선 총괄데이터를 가지고 수행한 분석 결과가 주요 과의 경향을 반영하는지를 확인하기 위해 현화식물 중 주요 7과를 추출하여 각 과의 결실 양상을 조사하였다. 결실기 데이터를 가지는 주요 7과는 장미과(119종), 국화과(71종), 콩과(58종), 백합과(49종), 미나리아재비과(46종), 인동과(41종), 버드나무과(40종)로

결실 데이터가 있는 1,177종 중 424종으로 36%를 차지하였다. 따라서 결실기 데이터가 존재하는 주요 7과의 결실기 양상을 분석하여 과 수준에서 계통효과가 나타나는 것을 확인하였다. 주요 7과 중 일부 과에서는 속 수준에서 결실기를 비롯하여 결실기와 상관된 생태특성의 분리가 확인되었다. 예를 들면 인동과의 병꽃나무속은 비생물매개자에 의해 분산되고 인동덩굴속은 동물과 중력이 같이 작용하는 혼합매개자에 의해 분산된다(이우철, 1998). 따라서 주요 7과 중 일부 과에서는 속 수준에서 작용하는 계통효과가 유추되었으므로 후속적으로 속 수준에 작용하는 계통효과를 고려하기 위해 각 속에서 한 종씩을 무작위로 추출하여 918속의 918종으로 된 재추출데이터를 구성하고 생태특성과의 관계를 확인하였다.

데이터 분석

One-way contingency table analysis를 이용하여 결실달과 결실 계절의 분포를 확인하였고, 결실달의 분석 결과를 토대로 개화에서 결실까지 걸리는 성숙기간을 조사하였다. 결실계절에서는 겨울에 결실하는 종 수가 적은 관계로 이들 종은 가을과 병합하여 봄(3~5월), 여름(6~8월), 가을_겨울(9~2월)의 세 범주에 걸친 결실계절의 분포를 확인하였다. 또한, 생육형, 열매형, 분산매개자의 각 범주에 걸친 분포는 one-way contingency table analysis를 이용하여 분석하였다. 생육형은 일년생 초본, 이년생 초본, 다년생 초본, 초본성 덩굴, 기타 초본, 관목, 소교목, 교목, 목본성 덩굴, 기생의 10개 범주로 그 양상을 확인하였다. 열매형은 수과, 영과, 시과, 포과, 분열과, 견과, 삭과, 장과, 핵과 등의 20개 범주에서 결실 계절의 양상을 확인하였다. 분산매개자의 경우에는 바람, 동물, 자동산포, 중력, 바람/동물, 바

람/중력, 동물/중력, 자동산포/동물의 8개 범주로 구분하여 분포 양상을 보았다.

개화기와 결실기의 연관 관계는 two-way contingency table analysis를 이용하여 확인하였다. 이 연구에 사용된 데이터는 모두 이산형 변수로서, 생태특성들 간에 발생하는 다차원의 상호작용 효과를 해석하는 데 어려움이 있었다. 따라서 결실계절과 다른 생태특성들 간의 연관 관계는 결실계절×생육형, ×개화기, ×열매형, ×분산매개자의 two-way contingency table analysis로 분석하였다. Two-way contingency table analysis를 이용한 X^2 검증에서 분석의 타당성을 높이기 위해서는 80% 이상의 칸(cell)들에서 기대빈도가 5 이상이 되어야 하므로(Marascuilo and Levin, 1983) 범주를 축소하여 분석하였다. 즉, 초본과 목본의 두 범주로 구성된 생육형과 결실계절과의 상관관계 양상을 확인하였고, 다시 목본을 관목과 교목으로 구분하여 초본, 관목, 교목의 세 범주화에서 결실계절과의 상관관계 양상을 분석하였다. 열매형은 건과와 육과의 두 범주로, 분산매개자의 관계에서는 생물과 비생물, 혼합매개자의 세 범주와 결실계절과의 연관 관계를 분석하였다.

본 연구에서는 Sakai 등(1995)을 따라 초본과 목본의 각 무리에 대해 결실계절×개화기, ×열매형, ×분산매개자의 상관관계에 대해 각기 two-way contingency table analysis를 수행하였다. 이는 생육형의 효과를 통제한 상관관계 분석에 해당한다.

총괄데이터에서 전반적인 결실기의 양상 및 생태특성의 분포 양상을 확인하고, 주요 7과의 분석을 통해 계통효과가 나타났으므로, 개화기나 생태특성과의 상관관계 분석에 대한 논의는 재추출데이터에서 이루어졌다. 조사된 총 종 수는 3,030종, 재추출 종 수는 918종이나 각 종의 결실 정보 및 생태특성에 대한 정보가 결여되어 있는

경우가 있어 실제 분석 시 표본 수는 약간 감소하였다. 이 연구에 사용된 모든 통계분석은 SAS 9.1(2004)을 사용하여 이루어졌다.

Ⅲ. 결 과

1. 계통 효과를 고려하지 않은 총괄데이터 분석

1.1. 결실기 양상

우리나라 식물을 계통에 상관없이 모두 포함하여 월 별로 보았을 때 결실데이터를 가지는 종이 총 1,177종이었으며 이 중에서 10월에 결실하는 식물이 537종으로 가장 많아 전체의 45.6%, 9월에 결실되는 식물은 301종(25.6%)으로 10월 다음으로 많았고, 결실기가 8월인 식물이 128종으로 10.9%를 차지하고 있었다(Fig. 1). 그 다음으로 7월(76종, 6.5%) > 11월(59종, 5%) > 5월(36종, 3.1%) > 6월(35종, 3%) > 12월(3종, 0.3%) 순 이었다. 결실기가 3월인 식물은 한란, 4월인 식물은 당느릅나무 각각 한 종씩 나타났다. 따라서 계절 간 결실은 균등하지 않았다(Table 1). 총 1,177종 중 가을_겨울에 결실하는 종이 자작나무, 차나무 등 76.5%, 여름에 결실하는 종은 할미꽃, 노루귀 등 20.3%, 봄에 결실하는 종은 개구리발톱과 사시나무나 양버들나무 등의 버드나무과에 속하는 종들을 포함하여 3.2%로 나타났다.

우리나라 식물들의 성숙기간은 1~11개월까지 다양하였으나 평균 2개월 정도 걸렸다(Fig. 2). 도꼬마리, 붉은 가지딸기, 사시나무나 양버들나무 등의 버드나무과에 속하는 종들을 비롯해 201종의 식물은 성숙기간이 1개월로 매우 짧았다. 차나무는 12월에 개화하여 이듬해 10월에 결실하므로 성숙에 10개월이 걸렸으며, 참식나무, 백량금, 자금우의 경우는 7월에 개화하고 이듬해 6월에 결실하여 성숙기간이 11개월로 가장 긴 식물로 나타났다. 초본종 열매의 성숙기간은 1 ~ 4달 정도이며 초본종의 50% 정도가 2개월의 성숙기간을 가진

다. 반면에 목본종은 1 ~ 11개월로 다양하나 열매의 성숙기간이 45% 정도가 4 ~ 5개월로 초본에 비해 2개월 이상 더 소요되어 평균 4개월이 걸렸다.

1.2. 생태특성의 분포 양상

생육형 각 범주의 빈도를 One-way contingency table analysis를 통해 확인한 결과 다년생 초본이 55.3%로 절반 이상을 차지하고 있었다(Table 2A). 다음으로는 관목(12.5%) > 일년생 초본(10.7%) > 교목(6.8%) > 이년생 초본(4.5%) > 초본성식물(2.9%) = 소교목(2.9%) > 목본성 식물(3.2%) 순으로 나타났다. 초본과 목본 두 범주에서는 초본이 관목의 3배 였고(75.6% vs. 24.4%), 초본과 관목, 교목의 세 범주 경우는 관목과 교목의 비율은 유사했으며(13.5% vs. 10.4%) 초본은 이들 목본의 거의 4배에 달했다(76.1%).

열매형의 빈도를 조사한 결과, 삭과의 빈도가 928종으로 31.2%를 차지했으며, 이어 수과가 722종으로 전체의 24.3%를 차지하였다(Table 2B). 다음으로 영과(7.8%) > 장과(6.5%) > 견과(5.7%) > 협과(5.5%) > 분열과(4.4%) = 골돌과(4.4%) > 분리과(2.2%) > 포과(1.2%)순으로 나타났다. 버드나무과와 콩과, 꿀풀과, 국화과, 장미과의 뱀무등 견과와 백합과 은방울꽃, 천남성과 반하, 진달래과 산매자나무, 시로미과 시로미 등의 육과 두 범주에서 확인한 결과 견과(85.5%) > 육과(14.5%)로 나타났다. 따라서 삭과 및 수과, 영과 등과 같은 견과가 장과나 협과와 같은 육과보다 훨씬 많이 생산됨을 알 수 있다.

One-way contingency table analysis를 이용하여 분산매개자 각 범주의 빈도를 확인한 결과 중력이 484종으로 전체의 절반을 차

지하였다(Table 2C). 바람(13.4%) > 동물(13.1%) > 바람/중력(8.3%) > 자동산포(5.1%) > 동물/중력(4.6%)순으로 나타났다. 예를 들면, 중력이 매개자인 식물종은 화본과 식물, 세바람꽃, 모란 등의 미나리아재비과, 십자화과, 산형과, 앵초과, 꿀풀과 등이 속하며, 버드나무과, 낙지다리, 미선나무, 국화과의 금잔화, 조밥나물 등의 식물종은 바람매개자, 무화과속 천선과나무, 섬자리공, 후박나물, 쇠무릎, 송악, 시로미, 참반디, 나도풍란 등은 동물매개자이다. 바람/중력은 삼백초, 왕호장, 털부채꽃, 여뀌바늘, 애기노루발, 난초과 등의 식물종이 해당되고, 개느삼, 흰대극, 각시붓꽃 등의 식물종은 자동산포에 의해, 노박덩굴, 벽오동, 식나무, 상동나무 등의 식물종은 동물/중력매개자이다. 생물매개자 비생물매개자, 혼합매개자의 세범주에서의 빈도는 생물매개자와 혼합매개자는 유사했으며(11.8% vs. 11.5%) 비생물매개자는 이들매개자의 3배정도 많았다(76.7%).

2. 주요 7개 과의 결실기 양상

장미과, 국화과, 콩과, 백합과, 미나리아재비과, 인동과, 그리고 버드나무과의 7개 주요 과의 식물들은 과에 따라 특정한 시기에 결실하였다(Fig. 3). 미나리아재비과는 평균적으로 9월, 장미과는 8월에 가장 결실이 많았으며, 콩과는 9월, 국화과는 9월, 백합과는 8월, 버드나무과는 5월, 인동과는 9월에 결실 절정에 이르는 것으로 나타났다.

계절을 봄, 여름, 가을_겨울로 구분하였을 때, 특정 과의 식물은 특정시기에 결실하는 경향을 보였다(Table 3). 버드나무과의 경우 봄에 결실하는 종이 60%로 기대치보다 12배나 많았으며, 여름에는 40%로 기대치의 1.6배, 가을_겨울에는 기대치가 27종이었으나 결실하

는 종이 한 종도 없었다. 반대로 국화과는 가을_겨울에 결실하는 종이 84.5%로 기대치보다 1.3배나 많았으며 여름의 결실 비율이 14.5%로 기대치보다 낮았으며 봄에 결실하는 종은 없었다. 콩과도 여름에는 기대치가 16종이었으나 결실하는 종은 한 종에 불과했다. 반면에 가을_겨울에 결실하는 종은 98.3%로 기대치보다 약 1.5배정도 많이 나타났다. 장미과는 여름에는 43.7%로 기대치보다 1.6배나 많은 식물이, 가을_겨울에는 결실하는 종이 56.3%(67종)로 기대치보다 적게 나타났다. 미나리아재비과, 인동과, 백합과의 경우는 유의하지 않았다.

3. 계통효과를 고려한 재추출데이터 분석

3.1. 결실기 양상

각 속에서 무작위로 한 종씩을 추출하여 이루어진 재추출데이터 분석결과, 결실기가 10월인 식물은 166종으로 전체의 45.6%를 차지하고 있으며, 9월에 결실되는 식물은 94종(25.9%)으로 나타났다 (Fig. 1). 총괄데이터와 비교하여 보면 10월에 결실할 확률은 총괄데이터의 결과와 같으며, 11월에는 2% 높은 비율로 나타났고 7월 결실종은 1.6%, 5월에는 1.2% 감소하여 큰 차이를 보이지 않았다. 계절별로 분석하였을 때 가을_겨울철 결실종이 288종으로 79.3%를 차지하였고, 여름철 결실종은 66종(18.7%), 봄철 결실종은 7종에 불과하였다 (Table 1). 따라서 총괄 데이터와 재추출데이터의 양상은 크게 다르지 않았다.

재추출데이터에서 알아본 우리나라 현화식물들의 성숙기간은 총괄데이터와 마찬가지로 1~11개월로 다양하였으며 전반적인 양상도 유사하였다(Fig. 2). 성숙기간이 2개월인 식물이 117종으로 32.2%

를 차지하였으며, 3개월인 식물이 78종(21.5%), 4개월인 식물이 67종(18.4%) 순으로 나타났다.

3.2 재추출데이터에 근거한 결실기와 생태특성간 상관관계

결실기와 생육형

생육형은 결실계절과 유의하게 상관되었다(Table 4A). 목본과 초본은 여름철 결실하는 확률에 있어서 큰 차이가 있었다. 기대치 보다 1.6배 많은 초본종들이 여름철에 결실하였다. 목본의 경우에는 여름철 결실이 적어 기대치의 절반에 불과하였다. 목본, 초본 모두 대부분 종이 가을에 결실하고 극히 적은 종만이 봄에 결실하여 여름을 제외한 결실계절의 차이를 보이지 않았다. 초본, 관목, 교목의 세 범주로 분석하였을 때에도 세 생육형들은 여름철 결실 양상에 있어서만 차이가 있었다. 즉 초본은 여름에 결실할 확률이 높았고 관목과 교목은 모두 여름결실 확률이 낮았다(Table 4B). 여름에 결실하는 종에서 유의한 상관관계를 보였다. 초본종에서는 기대치보다 결실될 확률이 높게, 교목과 관목은 결실될 확률이 기대치보다 낮게 나타났다.

결실기와 개화기

결실기는 개화기와 유의하게 상관되어 있었다(Table 4C). 봄철 개화종의 경우는 여름에 결실할 확률이 기대치보다 2.2배 높았으며 가을_겨울에 결실할 확률은 기대치보다 낮았다. 여름철 개화종의 경우, 여름에 결실할 확률은 기대치보다 낮았으며 봄에 결실하는 종은 유의하게 한 종도 없었다. 가을철 개화종의 경우는 가을_겨울에 결실할 확률이 기대치보다 약간 높게 나타났다. 봄에 결실할 확률은 기대치의 4배로 높았으나 4종에 불과했으며, 여름에 결실할 확률은

기대치보다 매우 낮았다.

결실기와 열매형

전반적으로 특정 열매형은 특정계절에 결실하는 경향이 있었다(Table 4D). 그러나 육과가 결실할 확률은 기대치에 비해 2.5배나 높았으나 다른 계절에서는 상관관계를 찾아볼 수 없었다.

결실기와 분산매개자

특정 분산매개자에 의해 열매를 분산하는 종이 특정 계절에 결실한다는 증거는 없었다(Table 4E). 그러나 여름철 결실종에서 혼합매개자로 매개되는 종은 다른 매개체를 가진 종에 비해 기대치보다 다소 적은 경향이 있었다.

3.3 생육형 효과를 통제한 결실기와 생태특성간 상관관계

결실기와 개화기

초본 무리에서는 특정계절에 개화하는 종이 특정계절에 결실하는 유의한 관계를 보였다(Table 5A). 봄철 개화종의 경우, 결실기가 여름인 종은 27종으로 기대치보다 3배 정도 많았으며 가을_겨울철 결실종은 2종으로 기대치의 1/10에 불과하였다. 가을철 개화종은 모두 가을_겨울철 결실종이며 28종으로 기대치보다 1.4배 많았다. 그러나 여름철 개화종이 다른 철 개화종과 다른 계절에 결실한다는 증거는 없었다. 목본 무리에서도 개화기와 결실기는 상관되어 있었다(Table 5A). 봄철 개화종의 경우 여름에 결실할 확률이 기대치보다 2배 정도 높게 나타났으며 여름철 개화종의 경우, 봄철에 기대치가 4종이었으나 결실한 종은 한 종도 없는 반면에 가을_겨울에는 116종

으로 결실하는 종의 94.4%를 차지하나 유의하지 않았다. 가을철 개화 종의 경우는 봄에 결실될 확률이 기대치에 비해 4배나 높게 나타났다. 이는 상동나무나 왕볼레나무 등이 10월, 11월에 개화하여 이듬해 4월, 5월에 결실되는 양상을 보이고 있기 때문인 것으로 확인되었다. 따라서 가을철 개화하는 초본종은 가을_겨울에, 목본종은 봄에 결실할 확률이 상대적으로 높은 것으로 나타나 생육형 간의 결실계절 차이를 보였다.

결실기와 열매형

초본 무리에서 열매형과 결실기가 유의하게 상관되어 있었다 (Table 5B). 육과일 때 봄철에 결실중에 결실할 확률이 높은 것으로 나타났지만 표본수는 단 1종에 불과했다. 이는 연복초로서 개화 직후 바로 결실하였다. 목본 무리에서 결실기와 열매형과의 상관성을 확인할 수 없었다(Table 5B). 따라서 초본과 목본 모두에서 열매형에 따라 결실기가 달라진다는 확실한 증거는 존재하지 않았다.

결실기와 분산매개자

초본과 목본 모두에서 특정 분산매개자에 의해 열매를 분산하는 종이 특정계절에 결실하지는 않았다(Table 5C). 초본 무리에서 비생물매개자가 81.5%로 매우 높았으며 생물매개자에 의해 분산되는 종은 6.8%에 불과했다. 목본에서는 비생물매개자는 55.5%로 초본에 비해 낮았으나 생물매개자에 의해 열매가 분산되는 종은 초본에 거의 5배나 높았다(33.7%). 따라서 초본과 목본 모두 분산매개자 효과를 확인할 수 없었으나 초본종은 비생물매개자에 의해, 목본종은 생물매개자에 의해 분산되는 경향을 보였다.

Table 1. Frequency distribution of Korean angiosperm species fruiting at each season. The overall data included all species examined, while the subset data included only species each selected randomly from each genus. Autumn_Winter fruiting season consists of both groups of species fruiting in autumn and winter.

	Fruiting season		
	Spring	Summer	Autumn_Winter
A. Overall data	38	239	900
	$\chi^2 = 1036.84, df = 2, P < 0.0001, N = 1177$		
B. Subset data	7	68	288
	$\chi^2 = 361.12, df = 2, P < 0.0001, N = 363$		

Table 2. Frequency distribution of various categories of life form (A), fruit type (B) and seed dispersal vector (C) in Korean angiosperm species.

A. Life form			B. Fruit type			C. Dispersal vector		
Categories	N	%	Categories	N	%	Categories	N	%
Annual herb	325	10.7	Achene	722	24.3	Animal	340	11.8
Biennial herb	137	4.5	Aggregate	20	0.7	Autochory	230	8.0
Perennial herb	1676	55.3	Berry	194	6.5	Gravity	1527	53.2
Herbaceous vine	88	2.9	Capsule	928	31.2	Wind	446	15.5
Parasite	24	0.8	Caryopsis	232	7.8	Animal/gravity	122	4.3
Shrub	378	12.5	Drupe	163	5.5	Autochory/animal	2	0.1
Small tree	88	2.9	Follicle	130	4.4	Wind/animal	2	0.1
Tree	205	6.8	Legume	135	4.5	Wind/gravity	203	7.1
Woody vine	64	2.1	Loment	64	2.2			
Undefined herb	43	1.4	Multiple	14	0.5			
			Nut	169	5.7			
			Pepo	10	0.3			
			Pome	30	1.0			
			Samara	33	1.1			
			Schizocarp	92	3.1			
			Urticle	36	1.2			
$X^2 = 8375.15$, df = 10 P < 0.0001, N = 3029			$X^2 = 5537.95$, df = 15 P < 0.0001, N = 2972			$X^2 = 4802.80$ df = 7 P < 0.0001, N = 2872		

Table 3. Frequency distribution of Korean angiosperms species in a two-way contingency table of fruiting season and seven large families.

Family membership	Fruiting season		
	Spring	Summer	Autumn_Winter
Caprifoliaceae	0/2	11/11	30/27
Compositae	0/4-	11/19-	60/48+
Leguminosae	0/3-	1/16-	57/39+
Liliaceae	0/2	10/11	32/28
Ranunculaceae	1/3	12/12	33/31
Rosaceae	0/7-	52/32+	67/80
Salicaceae	24/2+	16/11	0/27-

$$\chi^2 = 289.13, df = 12, P < 0.0001, N = 417$$

Observed/expected values are provided for each cell. +/- sign indicates that observe values are greater or less than the expected values at alpha = 0.05 level.

Table 4. Association of fruiting season with herbaceous vs. woody species (A) herb vs. shrub vs. tree (B) flowering season (C), fruit type (D) and dispersal vector (E) among Korean angiosperm species. Two-way contingency table analyses were conducted using subset data.

Ecological characters	Fruiting season		
	Spring	Summer	Autumn_Winter
A. Herbs vs. Woody			
Herb	1/3	49/31+	115/131
Woody	6/4	19/37-	173/157
	$X^2 = 25.70$, $df = 2$, $P < 0.0001$, $N = 363$		
B. Herb vs. Shrub vs. Tree			
Herb	1/3	47/31+	102/116
Shrub	3/2	9/17-	70/63
Tree	2/2	10/18-	75/67
	$X^2 = 21.40$ $df = 4$, $P = 0.0003$ $N = 319$		
C. Spring vs. Summer vs. Autumn			
Spring	3/1	38/17+	52/74-
Summer	0/4-	29/43-	201/182
Autumn	4/1+	1/7-	35/32+
	$X^2 = 61.95$, $df = 4$, $P < 0.0001$, $N = 363$		
D. Dry vs. Fleshy			
Dry	2/5	52/46	186/189
Fleshy	5/2+	16/22	93/90
	$X^2 = 7.44$, $df = 2$, $P = 0.0242$, $N = 354$		
E. Biotic vs. Abiotic vs. Mixed			
Biotic	2/1	13/14	61/60
Abiotic	3/5	51/45	183/188
Mixed	2/1	3/8	37/33
	$X^2 = 7.04$, $df = 4$, $P = 0.1338$, $N = 355$		

Observed/expected values are provided for each cell. +/- sign indicates that observed values are greater or less than the expected values at alpha = 0.05 level.

Table 5. Association of fruiting season with flowering season (A), fruit type (B) and dispersal vector (C) among Korean angiosperm species after controlling for life form. Two-way contingency table analyses were conducted using subset data.

Ecological characters	Fruiting season					
	Herbaceous species			Woody species		
	Spring	Summer	Autumn_Winter	Spring	Summer	Autumn_Winter
A. Flowering season						
Spring	1/0+	27/9+	2/21-	2/2	11/6+	50/55
Summer	0/1	22/32	85/75	0/4-	7/12	116/107
Autumn	0/0	0/8	28/20+	4/0+	1/1	7/10
	$X^2 = 74.80$, df = 4, P < 0.0001, N = 165			$X^2 = 48.42$, df = 4, P < 0.0001, N = 198		
B. Fruit type						
Dry	0/0	44/45	106/104	2/3	8/9	80/78
Fleshy	1/0+	5/4	7/9	4/3	11/10	86/88
	$X^2 = 12.36$, df = 2, P = 0.0021, N = 163			$X^2 = 0.73$, df = 2, P = 0.6955, N = 196		
C. Dispersal vector						
Biotic	0/0	3/3	8/8	2/2	10/6	53/57
Abiotic	1/1	42/39	89/92	2/3	9/10	94/91
Mixed	0/0	3/6	16/13	2/1	0/2	21/20
	$X^2 = 2.38$, df = 4, P = 0.6671, N = 162			$X^2 = 7.61$, df = 4, P = 0.1069, N = 193		

Observed/expected values are provided for each cell. +/- sign indicates that observed values are greater or less than the expected values at alpha = 0.05 level.

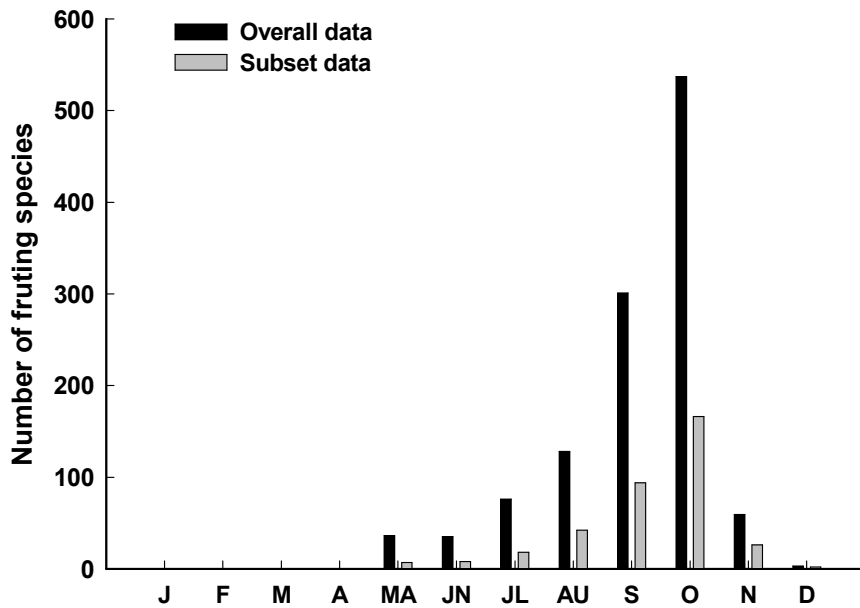


Figure 1. Number of fruiting species at each month of the year among angiosperm species in Korea. The overall data (N = 1177) included all species examined, while the subset data (N = 363) included only species each selected randomly from each genus of angiosperm families.

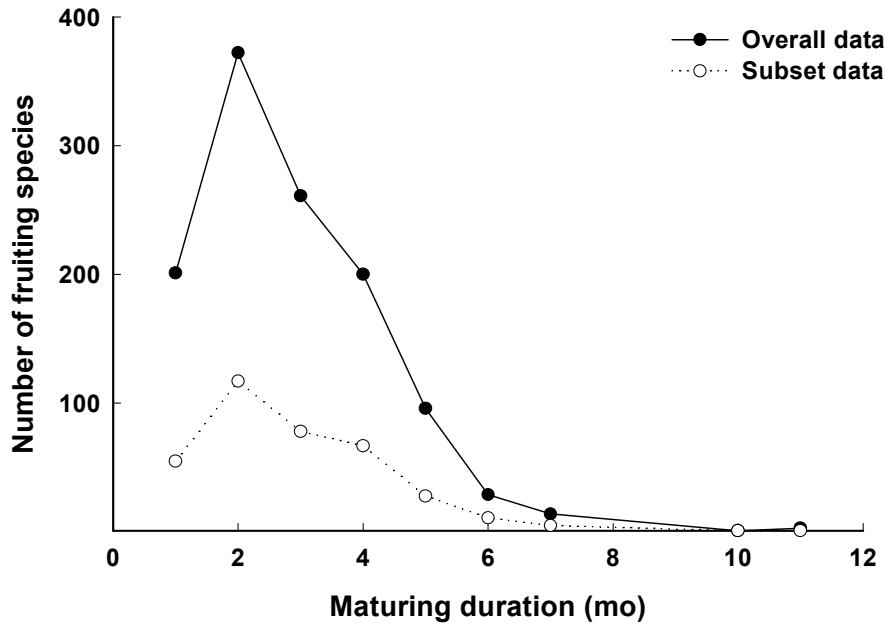


Figure 2. Frequency distribution of maturing duration of Korean angiosperm species. The overall data (N = 1177) included all species examined, while the subset data (N = 363) included species each selected randomly from each genus of angiosperm families. Lines were drawn to show general trends of flowering duration among examined.

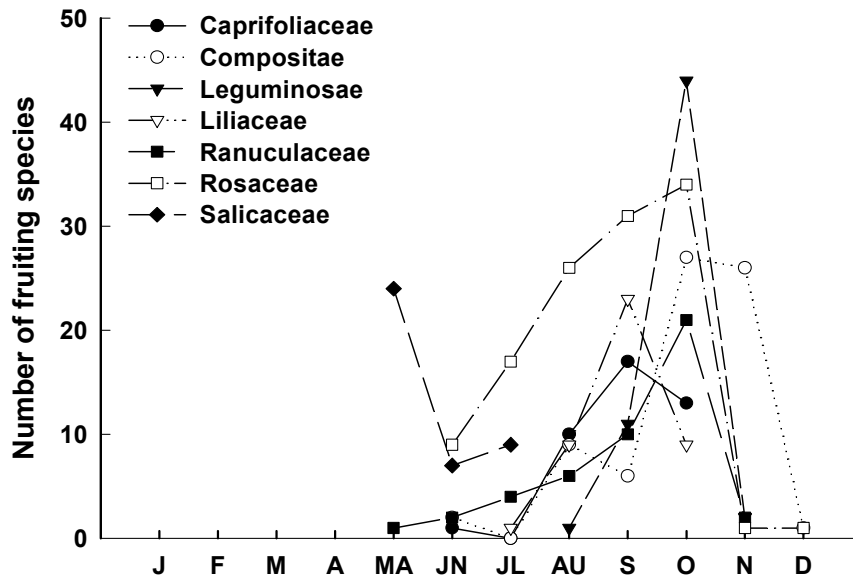


Figure 3. Number of fruiting species of seven large families at each month. N for each family is as follows: Caprifoliaceae N = 41; Compositae N = 71; Leguminosae N = 58; Liliaceae N = 42; Ranunculaceae N = 46; Rosaceae N = 119; Salicaceae N = 40. Lines were drawn to show general trends of fruiting species of diverse families.

IV. 고찰

1. 전반적인 결실기 양상

우리나라 현화식물은 45.6%가 10월에, 25.6%가 9월에 결실하여 조사된 종의 76.5%가 가을에 결실하였다. 동일한 현화식물의 개화기 연구(Kang and Jang, 2004)에 의하면, 조사종의 63.8%가 여름에 개화하고 봄과 가을에 각기 19.5%, 16.5%가 개화하였다. 아프리카동부 케냐 타나강 유역의 결실기 연구(Kinnaird, 1992)에 의하면 결실기가 종에 따라 달라지며, *Albizia gummifera*는 2월에 *Garcinia livingstonei*는 4월에 *Acacia robusta*는 10월에 각각 결실한다고 하였다. Herrera(1984)에 따르면, 스페인 남서부 지중해 관목지의 과육이 있는 열매를 생산하는 종은 대부분 봄에 개화하고 여름, 가을 또는 겨울에 열매를 맺으며, 성숙기간은 평균적으로 2.2 ~ 3.5개월로 북부 온대림(0.6 ~ 1.3개월)보다 길고, 열대림(4.3 ~ 5.8개월)보다는 짧다고 하였다. 필리핀 아고산우림지 수목의 경우 결실과 개화 간 3개월의 기간이 걸리며(Hamann, 2004), 지중해성 다년생초본인 *Lobularia maritima*(십자화과)는 9월에 개화하고 이듬해 6월에 결실하여 개화에서 결실까지 10개월이 걸렸다(Pico et al, 2002). 온대 기후인 우리나라의 경우 십자화과인 고추냉이나 꽃다지는 6월에 개화하여 8월에 결실하며, 노란장대는 6월에 개화하여 9월에 결실하여 개화에서 결실까지 3개월이 걸렸다. 오순자 등(2001)은 한라산의 고산식물의 종자 성숙시기를 조사한 결과 사초과(보통 3 ~ 4개월)를 제외한 대부분의 초본종은 개화기로부터 1 ~ 2개월 이내에 성숙한다고 하였다. 본 연구에 의하면 개화 후 결실에 평균 2달이 소요된다. 따라서 여름철에

개화한 많은 종들은 가을철에 결실하였음을 의미한다.

2. 주요 7개 과의 결실기 양상

우리나라 현화식물의 36%를 차지하는 주요 7과의 식물들이 과에 따라 특정 계절에 결실한다는 본 연구 결과는 과 수준에서 계통 효과가 작용하고 있음을 시사한다. 예를 들어, 버드나무과 식물은 대부분 봄에 결실하고 장미과 식물은 여름에 열매를 맺으며 국화과와 콩과 식물은 가을에 열매를 맺는다. 이들과 달리 미나리아재비과, 인동과, 백합과의 경우는 결실의 계절적 양상이 뚜렷하지 않았다. 미나리아재비과, 백합과, 인동과의 경우는 속에 따라 열매형과 분산매개자가 달라졌다. 예를 들면 백합과의 삿갓나리속은 건과를 맺고, 비생물매개자에 의존하지만, 애기나리속 윤판나물은 육과를 맺고, 생물매개자에 의해 분산되는 것으로 확인되었다. 인동과의 경우 병꽃나무속은 비생물매개자에 의해 분산된다(이우철, 1996). 계통효과의 정량적인 분석은 과 수준에서만 이루어졌으나 몇몇 과에서는 결실기를 비롯하여 결실기와 상관된 생태특성이 속에 따라 다른 경향이 있었다.

Peat와 Fitter(1994)에 의하면 바람에 의한 분산은 버드나무목과 같은 목 수준에서는 뚜렷하였으나 다양한 분산 전략으로 인해 속 수준에서의 계통 효과가 가장 크게 나타났다. 파나마의 Barro Colorado Island의 식물상 연구에서 속이 가장 강력한 계통 효과를 발휘하는 분류 수준(Wright and Calderon, 1995)이며, Kang과 Jang(2004)은 우리나라 현화식물의 개화시기와 개화기간은 모든 분류 수준에서 계통 효과에 의해 제한되는 경향이 있으나 과 안의 속 사이에서 가장 유의한 차이를 보였다. Herrera(1986)는 전형적인 지중

해성 식물상의 *Cistus*, *Thymus*, *Helianthemum* 속의 모든 식물은 우기에서 건기로의 전이기에 꽃이 피며, 이 식물종들은 얇은 뿌리와 저장조직의 부족으로 인해 건조지역에 정착하는 경향이 있다고 말했다. 파나마 신열대지역의 *Ficus* 두 종간의 열매가 맺고 성숙되는 기간의 차이를 보였다(Milton et al., 1982). 예를 들어 *F. yoponensis*는 우기(5월 ~ 7월)에, *F. insipida*는 건기(11월 ~ 1월)에 열매가 맺기 시작한다. 따라서 이런 결과들은 대진화 수준에서 진화적 양상을 파악할 때 계통효과의 통제가 매우 중요함을 보여준다.

3. 재추출데이터에 근거한 생태특성간의 상관관계

생육형에 따라 특정 계절에 결실한다는 본 연구 결과는 결실기가 생육형의 영향을 받고 있음을 보여준다. Kang과 Jang(2006)은 초본종은 여름과 가을에, 목본종인 관목과 교목은 봄에 개화할 확률이 높아 생육형에 따라 개화시기가 달라짐을 밝힌바 있다. 이런 결과는 생육형이 같은 종이라도 특정계절에 개화하는 종은 특정계절에 결실함을 시사한다. 특히 가을철 개화종들은 생육형에 따른 결실기의 뚜렷한 차이를 보인다. 예를 들어, 초본종의 경우 가을철 개화종 대부분이 가을_겨울에 결실하였으며 목본종에서는 가을_겨울에 결실하는 종도 있으나 왕볼레나무, 황철나무, 송악 등과 같이 이듬해 봄에 결실하는 종이 있어 봄에 결실하는 것으로 나타났다. 또한 열매의 성숙기간은 초본종이 2개월, 목본종이 평균 4개월로 초본에 비해 2개월 정도 더 걸렸다. 이는 목본종의 경우 개화 후 열매가 성숙하기까지 장시간이 소요됨을 의미하며 결실기가 초본에 비해 늦어짐을 시사한다.

본 연구결과 열매형에 따라 결실시기가 달라지나 초본과 목본

내서도 열매형과 분산매개자에 따라 결실시기가 분리될 것이라는 가설을 뒷받침해줄 증거는 확인되지 않았다. 일반적으로 초본은 건과를 맺고 주로 비생물매개자에 의해 분산되며, 목본은 과육이 많은 육과를 만들며 생물매개자에 의존한다(Primack, 1987; Rathke and Lacey, 1985). 또한 열매형은 분산매개자에 의해 영향을 받는다. 예를 들어 건과는 비생물매개자, 육과는 생물매개자에 의존한다. 이러한 경향은 본 연구에서도 나타났으나 결실기를 봄, 여름, 가을_겨울로 구분하였을 때 그 경향성은 사라졌다. 본 연구에 의하면 과 내에서 생육형, 열매형, 분산매개자가 항상 일치하는 것은 아니다. 예를 들면, 꼭두서니과의 구슬꽃나무는 목본이나, 건과(삭과)를 맺고 중력에 의한 비생물매개자에 의해 분산되며, 동과의 털둥근갈퀴는 초본이며 건과이나 생물매개자에 의존한다(이우철, 1996). Eriksson와 Bremer(1991)에 의하면 전세계에 분포하는 꼭두서니과 630속 중 427속의 9,900종에 대한 연구에서 과 내의 22%는 초본, 67.5%는 교목, 10.5%는 관목으로 협과, 장과, 견과, 삭과 등의 열매를 맺으며 날개달린 종자를 가지기도 한다. 예를 들면, 교목과 관목의 경우 일부 육과는 날개달린 종자를 가지고 있어 비생물매개자에 의해 분산된다. 우리나라 현화식물 중 목본종인 자작나무과 개박달나무, 사스래나무, 오리나무속은 견과이며 날개를 가진 종자로 비생물매개자에 의해 분산되는 종이다. 초본종에서 견과가 생물매개자에 의해 분산되는 종은 다양한 열매의 부속지를 가진다. 그 예로 산형과의 참반디는 가시를, 자주개자리와 남가새는 돌기를, 도둑놈의 갈고리속, 바늘꽃과의 털이슬속, 꼭두서니과의 선갈퀴, 털둥근갈퀴 등은 갈고리부속지를 가지고 있으며, 국화과의 진득찰속은 끈끈액을 가지고 있어 생물매개자에 의해 분산된다. 따라서 부속지를 가진 열매는 식물의 분산전략의 하나로 사료되며, 초본종과 목본종 내에서 열매형과 매개자효과에 의한 결실기 분리가

나타나지 않은 것은 열매형 및 분산매개자의 정보를 가지는 표본 수의 감소와 한 생육형을 가진 종들에서 열매형 및 분산매개자가 혼재되어 있기 때문이라 생각된다. 또한 two-way contingency table analysis로 여러 변수의 상호작용을 고려하지 못했기 때문에 결실기와의 상관성이 나타나지 않은 것으로 생각되어진다.

가까운 일본의 연구에서는 열매섭식조류가 풍부할 때 육과의 비율이 건과에 6배나 높게 나타났으며(Takanose and Kamitani, 2003), 철새와 상관성이 높다고 하였다(Skeate, 1987; Noma and Yumoto, 1997). 일본에서의 연구에 영향을 주는 흰배지빠귀(pale thrush)는 이우신 등(1998)의 연구에 의하면 우리나라에 11월까지 서식하며, 겨울철새도 11월에 도래한다고 하였다. 그러나 일본 연구와 달리 본 연구에서는 열매섭식 동물매개자의 풍부도와 육과종의 비율의 동반 증가를 확인할 수 없었다. 이러한 결과는 우리나라 현화식물의 육과종의 비율이 현저히 낮고, 동일 과 내에서 속에 따라 열매형이 혼재되어 있기 때문이며, two-way contingency table analysis로 여러 변수의 상호작용을 고려하지 못했기 때문인 것으로 생각되어진다.

지구 온난화는 식물분산의 중대한 장애요인으로 작용할 것이며 식물상, 종간 상호작용, 생태계의 큰 변화를 가져올 것으로 예측된다(공우석, 1998; 신준환 등, 2003; 뉴스한국, 2007; Chmielewski, 2001; Badeck, 2004)). 지구온난화로 인해 우리나라를 찾는 겨울 철새들이 늘어났으며 쇠기러기 같은 철새의 수가 점점 줄어드는 경향이 있다(환경부 보도자료, <http://www.me.go.kr/>). 공우석(1998)은 극지·고산식물과 고산식물을 온도 범위가 좁고 고온에 민감하여 지구온난화에 취약한 종이라고 주장하였다. 기후변화에 따라 식생대가 저지대에서 고지대로 이동하면 특히 한라산의 구상나무나 시로미 등과 같

은 고산식물의 분포지역이 줄어들 것으로 예측된다(뉴스한국, 2007). 온도가 평균 2℃ 상승하면 남부지방의 저지대에 서식하는 동백나무의 분포가 중부지방까지 확대될 것이며. 온난화로 인한 기온 상승은 지형적 특성으로 인해 수평적 뿐 아니라 수직적인 식생의 이동에도 중요하게 작용할 것으로 보인다(신준환 등, 2003). 산업화와 도시화가 이루어진 주변지역의 벚꽃의 개화시기가 빨라지며(이승호 등, 2003) 2월과 3월 등 늦겨울이나 초봄에 온난화로 인한 기온 상승으로 진달래, 매화, 개나리같이 이른 봄에 개화하는 식물의 개화일이 빨라지고 있다(오창호 등, 2005). 따라서 식물의 개화시기의 변이, 서식지의 변화 및 철새의 이동 변화로 인해 결실기가 빨라지고 열매형의 변이 등 식물의 생활사의 변화가 예상되어진다.

본 연구에서는 우리나라 전체 현화식물의 결실기와 생태특성간의 상관관계를 보았으나, 남과 북으로 길게 뻗어있는 위도효과와 산이 많은 지형적 효과, 고도효과에 대해서는 고려하지 않았음을 밝힌다. 따라서 후속적으로는 고산식물의 결실기와 생태특성과의 상관관계에 대한 연구가 필요할 것으로 사료되며, 이는 지구온난화로 인한 식물상의 변화추이를 확인하는데 있어 중요한 역할을 할 것이라 생각되어진다.

V. 참고문헌

- 공우석. 1998. 제주도 기온 온난화가 한라산 고산식물의 분포에 미치는 영향. 대한지리학회지 48: 1-41.
- 뉴스한국 2007. 8. 13. 기후변화, 한반도 고산지대 생물 멸종위기 초래.
- 민병미. 1998. 남산공원 내 애기나리와 큰애기나리 군락의 동태 및 종간 경쟁의 추정. 한국생태학회지 21: 649-663.
- 박헌우, 김수일. 2002. 먹이의 색깔과 맛이 조류의 먹이선택에 미치는 영향. 한국조류학회지 9: 49-60.
- 신준환, 임종환. 2003. 기후변화가 한반도 산림생태계에 미치는 영향과 대응방안. 제1차 기후변화 학술대회 구술발표.
- 오순자, 고정균, 고석찬. 2001. 한라산 고산식물의 개화시기 및 화색에 관한연구. 식물학회지 14: 1-7.
- 오용자. 2000. 한국산 사초과 식물. 성신여자대학교 출판부.
- 오창호, 정수종, 정지훈. 2005. 봄꽃으로 보는 한반도 도시화와 온난화. 제3차 기후변화 학술대회 초록집.
- 이승호, 이경미. 2003. 기온변화에 따른 벚꽃 개화시기의 변화 경향. 환경영향평가 12: 85-99.
- 이영노. 1998. 원색한국식물도감. 교학사.
- 이우철. 1996. 한국식물명고. 아카데미서적.
- 이우신, 조기현, 임신재. 1998. 남산 지역 조류 군집의 서식 현황과 보호 및 관리방안. 한국생태학회지 21: 665-673.
- 이창복. 2003. 대한식물도감. 향문사.
- 임신재, 이우신. 2000. 들꿩(*Bonasa bonasia*)의 겨울철 식성에 관한 연구. 한국조류학회지 7: 77-81.

- 임양재, 양금철. 1998. 서울 남산공원의 식생변화. 한국생태학회지 21: 589-602.
- 장선영. 2005. 우리나라 자웅이주 식물의 생태와 진화. 성신여자대학교 교육대학원 석사논문.
- 장정운. 2003. 우리나라 현화식물의 개화기: 계통과 수분매개자의 효과. 성신여자대학교 교육대학원 석사논문.
- 환경부. 2005. 한국 고유생물종 도감.
- Ashton, P. S., T. J. Gubinish, and S. Appanah. 1988. Staggered flowering in the Dipterocarpaceae: new insights into floral induction and the evolution of mast fruiting in the aseasonal tropics. *American Naturalist* 132: 44-66.
- Badeck, F. W., A. Bondeau, K. Bottcher, D. Doktor, W. Lucht, J. Schaber, and S. Sitch. 2004. Reponse of spring phenology to climate change. *New Phytologist* 162: 295-309.
- Bosch, J., J. Retana, and X. Cerda. 1997. Flowering phenology, floral traits and pollinator composition in a herbaceous Mediterranean plant community. *Oecologia* 109: 583-591.
- Chapman, C. A., L. J. Chapman, T. T. Struhsaker, A. E. Zanne, C. J. Clark, and J. R. Poulsen. 2005. A long-term evaluation of fruiting phenology: importance of climate change. *Journal of Tropical Ecology* 21: 1-14.
- Chmielewski, F. M. and T. Rotzer. 2001. Reponse of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology* 108: 101-112.
- Eriksson, O. and B. Bremer. 1991. Fruit characteristics, life forms, and species richness in the plant family *Rubiaceae*.

- American Naturalist 138: 751–761.
- Frankie, G. W., H. G. Baker, and P. A. Opler. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology* 62: 881–919.
- Fredericksen, T. S. 2000. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. *Biotropica* 32: 276–281.
- Hamann, A. 2004. Flowering and fruiting phenology of a Philippine submontane rain forest: climatic factors as proximate and ultimate causes. *Journal of Ecology* 92: 24–31.
- Handel, S. N., S. B. Fisch, and G. E. Schatz. 1981. Ants disperse a majority of herbs in a mesic forest community in New York State. *Torrey Botanical Club* 108: 430–437.
- Harvey, P. H., A. F. Read, and S. Nee. 1995. Why ecologists need to be phylogenetically challenged. *Journal of Ecology* 83: 535–536.
- Herrera, C. M. 1982. Seasonal variation in the quality of fruits and diffuse coevolution between plants and avian dispersers. *Ecology* 63: 773–785.
- Herrera, C. M. 1984. A study of avian frugivores, bird-dispersed plants, and their interaction in mediterranean scrublands. *Ecological Monographs* 54: 1–23.
- Herrera, J. 1986. Flowering and fruiting phenology in the coastal scrublands of Doñana, south Spain. *Vegetatio* 68: 91–98.
- Kang, H., K. S. Bawa, and M. H. Grayum. 2003. Relationships among time, frequency, and duration of flowering in tropical

- rain forest trees. *American Journal of Botany* 90: 877–887.
- Kang, H. and J. Jang. 2004. Flowering patterns among angiosperm species in Korea: diversity and constraints. *Journal of Plant Biology* 47: 348–355.
- Kang, H. and S. Jang. 2006. Ecological correlates of flowering seasons in Korean angiosperms. *Journal of Ecology and Field Biology* 29: 353–360.
- Kinnaird, M. F. 1992. Phenology of flowering and fruiting of an east African riverine forest ecosystem. *Biotropica* 24: 187–194.
- Kochmer, J. P. and S. N. Handel. 1986. Constraints and competition in the evolution of flowering phenology. *Ecological Monographs* 56: 303 - 325.
- Marascuilo, L. A., and J. R. Levin. 1983. *Multivariate statistics in the social sciences*. Brooks/Cole, Monterey, California, USA.
- Mckey, D. 1975. The ecology of coevolved seed dispersal systems. Pages 159–191 *in* L.E. Gilbert and P.H. Raven, editors. *Coevolution of animals and plants*. University of Texas Press, Austin, Texas, USA.
- Milton, K., D. M. Windsor, D. W. Morrison, and M. A. Windsor. 1982. Fruiting phenologies of two neotropical *Ficus* species. *Ecology* 63: 752–762.
- Noma, N. and T. Yumoto. 1997. Fruiting phenology of animal-dispersed plants in response to winter migration of frugivores in a warm temperate forest on Yakushima Island, Japan. *Ecological Research* 12: 119–129.

- Opler P. A., G. W. Frankie, and H. G. Baker. 1976. Rainfall as a factor in the release, timing, and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *Journal of Biogeography* 3: 231-236.
- Pico, F. X., H. D. Kroon, and J. Retana. 2002. An extended flowering and fruiting season has few demographic effects in a mediterranean perennial herb. *Ecology* 83: 1991-2004.
- Peat, H. J. and A. H. Fitter. 1994. Comparative analyses of ecological characteristics of British angiosperms. *Biological Reviews* 69: 95-115.
- Primack, R. B. 1985. Patterns of flowering phenology in communities, populations, individuals, and single flowers, Pages 571-593 in J. White, editor. *The population structure of vegetation*. Dr. W. Junk, Dordrecht. The Netherlands.
- Primack, R. B. 1987. Relationships among flowers, fruit, and seeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 409-430.
- Primack, D., C. Imbres, R. B. Primack, A. J. Miller-Rushing, and P. D. Tredici. 2004. Herbarium specimens demonstrate earlier flowering times in response to warming in Boston. *American Journal of Botany* 91: 1260-1264.
- Rathke, B. and E. P. Lacey. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 179-214.
- SAS. 2004. SAS System for Window, Release 9.1. SAS Institute, Cary, North Carolina. USA.
- Sakai, A. K., W. L. Wagner, D. M. Ferguson, and D. R. Herbst.

1995. Biogeographical and ecological correlates of dioecy in the Hawaiian flora. *Ecology* 76: 2530–2543.
- Sakai, A. K., Wagner, W. L., D. M. Ferguson, and D. R. Herbst. 1995. Origins of dioecy in the Hawaiian flora. *Ecology* 76: 2517–2529.
- Skeate, S. T. 1987. Interactions between birds and fruits in a northean Florida hammock community. *Ecology* 68: 297–309.
- Smythe, N. 1970. Relationships between fruiting seasons and seed dispersal methods in a neotropical forest. *American Naturalist* 104: 25–35.
- Stiles, E. W. 1980. Patterns of fruit presentation and seed dispersal in bird-disseminated woody plants in the eastern deciduous forest. *American Naturalist* 116: 670–688.
- Stiles, E. W. 1982. Fruit flags: two hypotheses. *American Naturalist* 120: 500–509.
- Takanose, Y. and T. Kamitami. 2003. Fruiting of fleshy-fruited plants and abundance of frugivorous birds: phenological correspondance of in a temperate forest in central Japan. *Ornithological Science* 2: 25–32.
- Thompson, J. N. and M. F. Willson. 1979. Evolution of temperate fruit/bird interactions: phenological strategies. *Evolution* 33: 973–982.
- van Schaik, C. P. 1986. Phenological changes in Sumatran rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 2: 327–347.
- van Schaik, C. P., J. W. Terborgh, and S. J. Wright. 1993. The phenology of tropical forests: adaptive significance and

consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 353-377.

Webb, C. J. and D. Kelly. 1993. The reproductive biology of the New Zealand flora. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 442-447.

Westoby, M., M. R. Leishman, and J. M. Lord. 1995. On misinterpreting the 'phylogenetic correction'. *Journal of Ecology* 83: 531-534.

Wright, S. J. and O. Canderon. 1995. Phylogenetic patterns among tropical flowering phenologies. *Journal of Ecology* 83: 937-948.

<http://plants.usda.gov/>

<http://100.naver.com/>

<http://www.me.go.kr/>

ABSTRACT

Ecological patterns of fruiting phenology in Korean angiosperm species

Ahn, Eunkang

Major in Biology Education

Graduate School of Education

Sungshin Women's University

The fruiting phenology is an important trait contributing to plant fitness, and is often described by fruiting time and maturing duration from flowering to fruiting. However, it is difficult to identify selective factors affecting fruiting phenology partly because the latter is known to be correlated with diverse ecological factors. Phylogeny of plants may be another factor confounding the relationships between fruiting phenology and ecological factors. I examined the relationship between fruiting phenology and ecological characters such as flowering season, life form, fruit type, and fruit dispersal vector to infer the evolutionary pattern of fruiting phenology of Korean angiosperm species.

Information on fruiting phenology and ecological characters was obtained from monographs treating 3,033 angiosperm species in Korea (2 classes, 48 orders, 164 families, and 918 genera). Concurrently, taxonomic membership was also noted for each

species. Analyses were conducted based on three data sets: 1) overall data set including all species examined, 2) subset data set including species randomly selected from each genus, and 3) family data set including species of seven large families. After evaluating the overall pattern of fruiting phenology and phylogenetic effects at the family level, I examined the relationship between fruiting phenology, mainly fruiting season, and ecological characters using subset data.

In overall data, species producing fruits in autumn e.g., October and September (45.6% and 25.6%), were most abundant, followed by those fruiting in summer (20.3%) and spring (3.2%). Distribution of ecological factors examined was as follows. Herbaceous species was three times more abundant than woody species (75.6% vs. 24.4%); species producing dry fruits were six times as many as those with fleshy fruits (85.5% vs. 14.5%); species involved with abiotic vectors were about three times more abundant than those with biotic vectors (76.7% vs. 23.3%). Among the seven large families, certain families tended to fruit in certain seasons, suggesting the influence of phylogeny at the family level on variations in fruiting season. The two-way contingency tables of fruiting season and each ecological character based on the subset data showed that fruiting season was associated with flowering season, life form, and fruit type, but not with fruit dispersal vector. However, in subsequent analyses for each life form, the relationship between fruiting season and ecological characters differed between life forms. Herbaceous species

flowering in autumn produced fruits in the same season, whereas woody species flowering in autumn tended to mature fruits in next spring. This result reflects a longer maturing duration for woody species than herbaceous species. Unlike my hypothesis, the evidence that species fruiting in autumn bore fleshy fruits was not obvious in both life forms. On the other hand, the association of autumn fruiting with biotic vectors was detected weakly only in woody species.

After all, this study reveals that 1) three-fourths of Korea angiosperm species produce fruits in autumn, 2) related species of certain families are constrained in fruiting phenology, and 3) woody species spend longer time to mature fruits, but commonly observed correlations such as woody species bearing fleshy fruits or fruiting in autumn are not so evident in Korean angiosperm species. Further study to identify the major selective factors affecting fruiting phenology is urgently needed in particular under rapid global climate change.

감사의 글

먼저 모든 것의 근원 되시며 힘들 때마다 지혜와 용기를 주시고 인도하시는 하나님께 감사드립니다.

본 논문이 완성되기 까지 관심과 지도를 아끼지 않으신 지도 교수님이신 강혜순 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또한 바쁘신 와중에도 논문심사를 위해 귀한 시간을 내주시고 많은 조언을 해주신 이은주 교수님과 김성하 교수님께도 감사의 마음을 전합니다. 더불어 생물학과 김진일 교수님, 박경숙 교수님, 윤진호 교수님, 전용필 교수님, 김인순 교수님께 감사드립니다.

많은 격려와 조언을 해주신 정부희 선생님께 감사의 마음을 전합니다. 소중한 시간들을 함께 한 식물생태연구실 식구들, 너무 고맙고 항상 행복이 가득하길 기도할게요. 또한 교육대학원 동생들과 생물학과 연구실의 선후배들과 논문이 나오기까지 도움을 주신 모든 분들에게 고마움을 전합니다.

힘들 때 마다 힘이 되어주던 든든한 경희언니, 수진언니와 자주 만나지는 못하지만 소중한 친구들에게도 고마운 마음을 전합니다. 마지막으로 막내 딸을 위해 항상 기도하시는 부모님과 가족들에게 진심으로 감사드리고 사랑합니다.