

國內 稀貴植物의 遺傳多樣性 保全을 위한 再考

張珍成¹, 金輝¹, 朴泰潤²

¹서울大學校 農業生命科學大學 山林資源學科 및 樹木園, ²韓國教員大學 環境教育學科

A Reconsideration of Genetic Conservation on Rare Plant Species in South Korea

Chin-Sung Chang¹, Hui Kim¹ and Tae Yoon Park²

¹The Arboretum and Dept. of Forest Resources, Agriculture and Life Sciences,
Seoul National University, Suwon, 441-744, Korea, ²Department of Environmental
Education, Korea National University of Education, Cheong-won-gun, Chung-buk,
363-791, Korea.

Summary

Biological conservation is to maintain the diversity of living organism, their habitats and the interrelationships between organisms and their environment. Within ecological and genetic conservation, this study plans to develop of an overall system for genetic conservation that includes both in situ and ex situ strategies. Several characteristics, such as breeding system, geographical range, genetic mobility, are known to be associated with significant differences in the distribution of genetic variation of rare or endangered plant species. Genetic variability in the nationally endangered plants, *Leontice microrhyncha* S. Moore and *Berchemia berchemiaeefolia* (Makino) Koidz. were assessed in five and four populations using starch gel electrophoresis. Overall levels of genetic variation was very low for both species, but the proportion of total genetic diversity found among populations was fairly large for both species. The presumed self-pollinating species, *Leontice microrhyncha* showed the high ratio of among-population to total variation and probably reflecting both the breeding system and restriction of these plants to discrete, isolated populations. Populations in the northern populations were more variable than those in the southward. Allozyme data seemed to

provide the evidence of founder event associated with gradual migration from north to south. From a conservation perspective, the high genetic diversity maintained among populations of *Leontice microrhyncha* was encouraging. Genetic variation within southern populations of *Berchemia berchemiaefolia* was very low and no heterozygous individuals were detected. The diminished genetic diversity found within these southern populations was probably attributable to human disturbances. In subsequent generations, the loss of heterozygosity that resulted from the massive cutting during the Korean War, inbreeding was likely to lead to diminished fitness in these plants which typically outcrossed. On the other hand, since several genotypes were found within Mt. Sok-ri population, expedient sampling should permit the capture of the high genetic diversity found within these taxa for *ex situ* safeguarding. Hybridization between individuals from Korean and Japanese populations may be the only possibly way to lead to greater genetic diversity, given the high potential for heterozygosity in Japanese populations, although a possible harmful consequence is outbreeding depression. Inventory, survey and monitoring; assessment of population structure and genetic variability; maintenance and reconstruction of essential habitat are all important approaches for rare and endangered species in Korea.

서 론

국제적으로 CITES가 조성되면서, 120 여개 국가는 종의 보호를 위해 규정된 동식물의 수입, 수출을 통제하며 가입국가는 법적 효력을 가지고 각 국가별로 엄격하게 규제하고 있다. 이런 현실에서 국내 야생 식물에 대한 생물자원으로서 보호전략이 시급한 상황이다. 특히, 국내 자생 희귀 식물에 대한 관심과 연구 부족으로 대상 희귀/멸종식물의 설정에서부터 국내집단의 분포까지(이, 1980), 국가적으로 이에 대한 적절한 보호대책 수립조차 되어 있지 않다.

생물학적 보전방안은 살아 있는 생물의 다양성과 생육지, 유기체생물과 환경과 상호관계를 유지하는 것이 주 목적이다. 보전생물학은 몇몇 동식물의 개체를 보호, 보전하는 것이 아니라 군집내, 식물간, 집단간 그리고 종내 유전다양성을 통해 생태계의 모든 다양성을 포괄적으로 관리, 경영하는 것이다. 최근에는 생태적, 유전적 보전방안으로 양분하는데 본 연구에서는 유전적 보전방안에 대한 문제점과 발전방향을 부각시키는 관점에서 기술하였다.

1. 식물이 멸종되는 원인과 과정

현재 식물이 멸종하는 경우는 크게 두 가지 경우로서 1) 확정적 과정

(deterministic extinction)과 2) 우연적 과정(chance or stochastic extinction)이 있다. 전자의 경우는 기후나 환경의 악화(예 식물의 교배를 도와주는 매개충(媒介蟲)이나 동물들의 감소)로 인하여 서서히 진행되며, 후자의 경우는 환경의 갑작스런 교란에 의해 급속하게 진행되는 것이 차이점이다. 그러나 자연에서는 두 개의 과정이 동시 다발적으로 발생하는 경우도 있다. 즉, 확정적 과정에 의해 집단의 크기가 서서히 감소하는 상황에서 우연적 과정의 영향에 의해 집단에서 완전히 짧은 시간 내에 사라지는 경우가 많다. 우연적 과정에 의한 멸종현상은 1) 개체 통계적인 변화(출생, 사망의 변화), 2) 유전적 영향(근친교잡, 악성유전자의 발현, 유전자 다양성의 소실), 3) 환경적 요인 등을 들고 있다. 확정적 과정은 쉽게 집단의 변화 추이를 확인할 수 있는 경우도 있지만, 대부분 서서히 진행되기 때문에 그 추세를 알 수 없다. 따라서, 희귀식물에 대한 장기적인 모니터링을 통해 생식율, 번식률, 개체군생태의 특징을 관찰하는 이유가 바로 두 과정의 정도를 확인, 관찰하기 위한 방법이다.

집단에서 종의 멸종 방지를 위해서는 최소한의 집단 크기(minimum viable population concepts-MVP concepts)가 유지되어야 하는데 이 개념은 오직 집단의 크기만 관련 있는 것이 아니라, 종간의 상호관계, 병/충의 중간숙주관계 등 여러 복합적인 생태적 인자까지 고려하는 것이다

개체식물의 분포에는 교잡되는 기본 단위(individual breeding unit)의 용어를 사용하거나, 혹은 큰 집단내에 세부집단(부집단)이라 하는데 이러한 것을 포괄하는 것은 메타집단(metapopulation)이라 칭한다. 집단의 크기이외에 유전자가 이동 가능한 집단의 크기(patchiness, or contagion)까지 고려하는 것이다. 이는 종에 따라 많은 차이가 존재하며, 이를 모든 식물에 일반화하여 일정 수치를 제시하는 것은 매우 어렵고 위험한 기준잣대이지만, 통상적으로 집단별로 500여 개체수를 말한다. 따라서, 긴 시간 동안 일정한 유전자 다양성과 집단을 유지할 수 있다고 생각하는 것은 바로 메타집단 개념 때문이다. 유전자 다양성은 집단간(among populations) 변이와 집단내(within a population) 변이로 나누어지는데 종의 보전 전략은 바로 이러한 집단내 유전변이양상에 따라 적절한 방안을 제시하여야 한다(Given, 1997).

그러나, 집단의 크기가 작고 유전변이가 적다고 반드시 종이 멸종하는 것은 아니다. 집단의 크기는 시간에 따라 진폭이 있고 이 진폭과정에서 유전자병목현상으로 유전자 다양성이 소실되며 이러한 상황에 외부의 교란에 의해 집단이 진폭과정에서 멸절할 수 있는 기회(확률)가 높다는 것이다. 따라서, 보전전략에서는 집단의 크기 이외에 유효집단의 크기까지 고려한 보전전략이 더욱 강조되는 이유가 여기에 있다(Given, 1997).

우리 나라의 경우 식물 집단의 크기 감소에 가장 영향을 주는 것은 자연 현상에 의한 사항보다 오히려 인간의 교란에 의한 피해가 더 심각하다. 즉, 인간에 의한 식물 생육지의 지속적인 감소현상(과다연료림의 사용, 농업작물재배에 따른 토양의 풍화현

상, 지하수의 과도한 이용, 빈번한 등산객의 방문, 가축방목에 의한 자연 식생의 파괴)이 있고, 外來 식물의 증가로 인해 생태계내에서 경쟁열세로 집단의 감소 가능성이 존재하며 또한, 오염, 기후변화, 자연식생 근처에 거주 주민의 증가로 인해 직접적으로 집단 감소의 악영향이 존재한다.

희귀 식물의 보전/보호는 현지내(*in situ*), 현지외 보전(*ex situ*)으로 나누어지는 데, 현재 국내에서는 보호라는 측면에서만 중요시되고 種 혹은 집단에 대해서는 따로 천연기념물로 지정하지만 장기적으로 어떻게 얼마나 되는 개체를 보전하고 생태학적 관점에서 대책수립을 해야 하는지, 또한, 훼손된 경우 어떻게 복원해야 하는지 국가적으로 체계화된 방안은 전무 한 상황이다. 한편, 현대 보전생물학에서 중요시되는 관점은 유전적 다양성과 관련된 집단복원의 대책수립이다. 그러나, 일부에서는 집단구분 없이 몇몇 개체를 중심으로 현지외에서 증식시켜 현지내에 이식하는 방법이 마치 중요한 복원사업으로 인식되어 이에 대한 막대한 예산과 투자를 하고 있다.

장기간 집단에서 절멸하지 않고 자연 집단으로 유지되기 위해서는 각 종에 알맞은 생태적 조건(=생활사; 종자발아율, 생존율 등)에 대한 이해와 함께 유전적 다양성에 따른 적절한 개체 수에 근간을 둔 복원사업이 중요하다(Barrett and Kohn, 1991; Hamrick et al., 1991). 따라서, 실험적 방법을 이용한 특정 식물의 집단 유전구조의 분석과 이해는 곧바로 미래 보전전략과 밀접한 관계가 있다. 이는 단순한 집단내 개체의 유전형에 대한 조사보다는 국한된 집단에서 어떠한 유전적 적응을 하고 있으며 과거나 혹은 미래의 교란(disturbance)에 의해 유전자부동현상에 의한 유전다양성 소실의 가능성을 예측/판단할 수 있다. 따라서, 국내 일부 집단에만 국한되어 분포하는 희귀식물의 유전적 구조에 대한 이해는 바로 어떻게 식물을 보호할 것인가 하는 대책 수립과도 관련이 있다. 즉, 집단간/집단 내에서 유전 변이는 얼마나 존재하며, 집단 내, 집단간 변이의 분포는 어떠한가, 그리고 집단 내에서의 유효유전자이동(혹은 크기, effective population size)과 집단 내에서의 유전자이동이 얼마나 되는가에 대한 답을 얻을 수 있다(Given, 1997). 따라서, 잘 계획된 실험기법에 의해 희귀식물의 천연집단에 대한 복원은 성공 가능성이 훨씬 높다(Barrett and Kohn, 1991). 이는 집단 유전분석을 통해 표본추출의 정도를 구체적으로 설정할 수 있고 단순한 개체 확보보다는 유전다양성에 근간을 둔 집단복원 방법이기 때문이다.

현재 우리 나라에서는 긴 시간에 걸쳐 유전 다양성의 소실을 겪은 특정식물에 대한 기초자료의 부족으로 극히 일부 식물의 유전 보호전략을 다른 종에 무조건 적용하기는 어렵다. 특히 유전적 영향이 외에 식물은 생태적 위협에 의한 유전다양성의 소실(집단크기, 집단간 분리의 정도, 수분 기작, 종자 산포의 특징)도 있어 보전전략에 대한 자료를 중심으로 한 복원/보호 전략에도 어려움이 많다(Barret and Kohn, 1991). 그러나, 유전 다양성에 직접적으로 영향을 주는 인자를 중심으로 보편적인 추측과 예측이 가능하다. 특히 교배기작은 희귀식물 연구에 절대적인 요인으로 알려져 있어

자가수정, 타가수정, 무성생식등의 유형별 연구는 필수적이다. 그리고 분포가 한정된 식물과 특산종의 경우 대부분 유전적 변이가 많이 떨어져 분포와 개체의 빈도는 유전 다양성(변이)과 밀접한 관계가 있다(Hamrick et al., 1991). 과거 특정 종의 식물역사와 유전변이와는 밀접하여 이에 대한 정보가 있을 경우 역으로 유전적 다양성에 대한 추측이 가능하다고 보고되고 있다(Hamrick et al., 1991). 따라서, 관심을 두고 있는 것은 식물의 분포와 집단의 크기를 유전다양성 비교에 주요 인자로 생각하는 보전전략개발이다.

본 연구에서 논의하고자 하는 희귀식물은 집단수가 작아 극히 일부에 국한되지만 집단내에서는 많은 개체가 있어 최소한 집단 보호가 요망되는 식물로 한정시켰다. 이에 해당되는 식물로는 현재 환경부 멸종위기 및 보호야생 동·식물에 기재되어 있는 강원도 지역의 한계령풀과 충청북도와 경상북도에 국한되어 분포하는 목본식물인 망개나무[충청북도와 경상북도 일부 산(속리산, 월악산, 주왕산, 내연산, 천령산, 피산군, 문경)] 등이다. 본 연구는 천연 집단이 몇몇 남아 있지 않지만 개체 수는 많아 일부에서는 희귀/멸종식물로 분류하고 있는 유사한 식물들에 대한 문제점과 고려해야 할 사항을 제시하고자 한다.

2. 유전다양성에 대한 조사

유전다양성은 희귀식물 종의 생존과 밀접한 관계가 있으므로 이에 대한 정보는 필수적이다. 즉 다음과 같은 사항을 고려한다(Falk and Holsinger, 1991).

● 희귀종이 분포하는 전 지역에 있어 변이의 분포는 어떠한가 ?

우리 나라에만 국한하는 고유종(endemic species, 예, 미선나무, 금강초롱)의 경우는 남한, 혹은 북한과 남한의 지역에 대한 조사가 수반되지만 북방계통식물의 경우는 그 분포가 중국동북부와 러시아 남부까지 분포한다. 이러한 많은 종의 남한계선은 우리나라 강원도 남부나 충북 소백산 혹은, 전남 지리산이 되는 경우가 많다. 주변집단(marginal population)의 경우 주 분포지에 비해 변이양상이 많은 차이가 있으므로 우리나라의 희귀식물대상 식물에 대한 이해와 적절한 보전을 위해서는 북방 혹은 남방에 대한 한계조사가 필수적이다.

● 집단간, 집단내 변이 양상은 어떠한가 ?

집단 유전변이는 집단간(among population)과 집단내(within population)로 나누어 생각할 수 있는데 대부분 타가수정하는 식물의 유전변이는 집단내(약 80%)에서 볼 수 있다. 그러나 무성생식을 하거나 자가수정을 하는 식물의 경우는 집단내보다는 집단간에 변이가 더 많다. 따라서, 유전변이에 직접적으로 영향을 주는 인자는 교배와 번식기작을 꼽을 수 있다. 다음으로 중요한 것은 유전자 이동과 지리적 영역이

다. 지리적으로 넓게 분포하는 종은 그렇지 않은 종보다 전체적으로 유전변이가 많으며 유전자 이동이 많은 종은 집단간 변이 차가 적고 변이의 대부분이 집단내에 존재한다. 한편, 종에 따른 생태, 진화적 특징에 대한 자료를 중심으로 집단변이에 대한 이해도 중요하다.

● 교배양식기작 및 이동은 ?

식물의 교배양식은 유전다양성에 직접적 영향을 주는 요인이다. 특히, 자가수정과 타가수정에 의한 유전변이와의 관계가 중요하며 자가 불합성(self-incompatibility), 자가합성(self-compatibility)에 의한 차이 역시 중요하다. 즉, 자가 불화성의 경우 수정을 위해서는 반드시 수분매개자가 필수적인데 인간에 의한 교란으로 인해 수분매개자의 급격한 감소는 바로 희귀식물 집단의 절멸과 관계가 높다. 특히, 인간에 의한 교란으로는 살충제살포, 가축의 방목으로 인한 자연서식처를 훼손함으로서 진행된다. 따라서, 자가합성 혹은 불합성인지 이에 대한 기초 자료가 필수적이다.

3. 환경부의 멸종위기 보호야생동식물로 등재된 2종의 연구

● 한계령풀 (*Leontice microrhyncha* S. Moore)

▶ 집단조사

다년생 초본인 한계령풀은 중국북동부(만주)에서 한국의 강원도에까지 분포하는 북방식물로서 한국이 남한계선이다. 현재 남한에서 알려진 집단은 태백산맥을(백두대간)을 따라 분포하는데 강원도 인제군 칠절봉(1172m), 인제군 인제읍 진동계곡의 점봉산(1424m), 양양군 내면 구룡령(1100m), 평창군 진부면 가리왕산(1560m), 태백시 태백산(1560m), 정선군 금대봉(1418m), 강릉시 자병산(875m) 등 7개 집단이 알려져 있다. 본 연구에서는 칠절봉(정상부근)과 태백산 집단(유일사-장군봉사이)을 제외한 5개 집단을 직접 확인하였다(Fig. 1). 현지조사된 각 집단별 크기와 분포는 다음과 같다.

1) 정선군 金台峰 집단 (Map 1)

상층목으로는 신갈나무가 주를 이루지만 때로 일본잎갈나무 조림지에서도 발견된다. 고도는 약 1000m이며 집단의 크기는 약 400 x 200m정도로서 10m x 10m의 조사구에서 발견된 개체수는 55, 44, 109, 41, 49, 84, 18, 11, 46, 4 등의 밀도에서 많은 차이가 있지만 평균 46개체가 발견되었다.

2) 평창군 평창군 진부면 중왕산(가리왕산 자락) 부근 (Map 2)

집단은 1050m고도에 임도를 중심으로 분포하고 있어 다른 어느 집단보다 쉽게 노출되어 있다. 본 지역은 국유림 천연림보호로 지정되어 산림벌채에 의한 산림훼손 가능성은 없다. 상층목은 물푸레나무, 들메나무가 상층목을 차지하고 있으며 집단의 크기는 약 300 x 50 m정도이다.

3) 강릉시 자병산 (Map 3)

집단은 700m고도에 42번 국도에서 채 1km도 떨어져 있지 않은 집단으로 학계에는 잘 알려져 있지 않은 집단이다. 일본잎갈나무 조림지로서 굴참나무 등이 상층목으로 발견되기도 한다. 크기는 50 x 30 m로서 다소 작은 집단이며 10m x 10m의 조사구에서 발견된 개체수는 64, 109, 168, 152, 208, 300, 260, 208, 232, 172이며 밀도가 다른 집단에 비해서 훨씬 높아 평균 187개체가 발견되었다. 본 발견된 집단이외에도 자병산과 석병산 사이에 몇몇 개체로 발견되는 경우도 있어 한계령풀이 반드시 집단으로만 분포하지 않음을 알 수 있었다.

4) 인제군 점봉산 (Map 4)

진동계곡을 중심으로 분포하며 고도는 약 950에서 1,100m에 걸쳐 있으며 집단의 크기는 2,000 x 1,000m로서 한계령풀 조사지역중 가장 큰 집단이다. 상층목으로는 젓나무, 거제수, 신갈나무, 고로쇠, 음나무, 물푸레등 다양한 수종 밑에서 자생하고 있으며 10m x 10m의 조사구에서 발견된 개체수는 72, 41, 15, 20, 24, 51, 37, 26, 44이며 평균 36개체가 발견되었다.

5) 양양군 구룡령 (오대산) (Map 5)

집단은 고도 950-1100m에 걸쳐 분포하고 있으며 국도 56번 도로에 인접한 집단이다. 크기는 200 x 100m로서 젓나무, 물푸레나무, 층층나무 상층목을 차지하고 있는 집단으로 10m x 10m의 조사구에서 발견된 개체수는 19, 42, 34, 36, 53, 35, 7, 53, 54, 46이며 평균 38개체가 발견되었다.

상기 조사된 한계령풀의 개체군 특징을 보면 대부분 고도 1,000m를 중심으로 분포하며 자생여부는 상층식생과는 무관하며 집단에서 대부분 면적당 일정 개체수 크기를 유지한다. 현재 문헌만으로 확인되었지만 조사되지 못한 두 지역은 1999년 3-4월에 조사를 실시하여 논문을 통해 발표하고자 한다. 현재 조사된 집단 중 가리왕산의 경우 종자채집을 실시하여 이번 겨울에 파종하고자 하며 일부 구근을 채취하여 이에 대한 번식가능성도 확인 중에 있다.

▶ 보전현황

한계령풀의 경우는 일반인에게 많이 알려져 있지만 현지내에서 이에 대한 보전현황이나 경고문 등은 전혀 되어 있지 않았다. 개체수로는 각 집단별로 100 m^3 내에 30-50개체 정도 되며 일정 면적의 집단이 형성되어 있어 인간의 교란에 의하지 않는다면 집단유지에는 별 어려움이 없을 듯 하나 집단내에서도 극히 일부 지역에 편중되어 있어 이런 특정 지역(sites)이 훼손되었을 때는 집단에서 절멸될 가능성은 매우 높다.

▶ 유전구조 및 보전전략

한계령풀의 경우 5개 집단에서 동위효소(enzymes)에서 유전좌위(loci)에 대한 분

석을 시도하였는데 다른 외국의 희귀식물과 비슷한 유전변이를 보였지만 등대시호(김, 1996)와 미선나무(강, 1998)보다는 낮았다. 유전변이를 집단간과 집단내 유전변이로 나누어서 보는데 집단간 차이가 약 60-70%로서 집단간 변이가 집단내 변이(30-40%)보다 크게 나타났다. 집단별 유전유사도를 보면 점봉산-오대산, 자병산-가리왕산의 유전유사도가 99%, 94%의 일치함을 보인 반면, 두 그룹간에는 약 88%의 유사성을 보였다. 즉, 한계령풀의 집단은 남한에서 2개 유전군으로 분류되며 이는 영동고속도로를 중심으로 남쪽과 북쪽으로 양분되는 양상이다. 이중 가리왕산은 자병산-금대봉과 약 92%의 유사성을 보여주어 지리적 거리로 보면 가리왕산이 오대산과 더 가깝지만 유전유사성은 남쪽집단인 자병산-금대봉에 더 가까웠다. 집단중 유전변이가 가장 높은 집단은 자병산이고 가장 낮은 곳은 오대산이다. 면적으로만 보면 집단의 면적이 가장 큰 북쪽의 점봉산과 남쪽의 금대봉 집단을 끊을 수 있지만 유전다양성을 보면 남쪽에서 가장 면적이 작은 자병산이 오히려 유전다양성이 높고 면적이 넓은 금대봉이 가장 낮아 보전가치로는 자병산이 훨씬 높다. 따라서, 면적과 개체 수 만을 중심으로 보전전략을 설정하였을 때 일반적으로 점봉산과 금대봉을 지정할 수 있지만 유전다양성 입장에서는 점봉산과 자병산 두 집단이 가장 보전가치가 높다. 유전변이는 이형접합자의 정도로 판단하는데 한계령풀의 경우 매우 낮게 나타났는데 이는 집단에서 어느 정도 자가수정이나 근친교배가 일어나거나 혹은 매우 좁은 지역내에서 유전적 이동이 일어나고 있음을 알 수 있다. 특히, 자가수정을 하는 좋은 작은 집단을 형성하여 집단간 유전교환이 적어 분화의 수준이 매우 높다고 보고되는데 한계령풀이 바로 여기에 해당된다. 또한, 한계령풀은 집단내에서 클론(clone)구조나 근친 교배에 의한 많은 개체가 유전동일성을 형성하는 것으로 추측된다. 현재 교잡방법이 무성생식일 가능성이 큰 것은 수분매개곤충이 전혀 발견되지 않았고 3 m 거리에서 실시된 모든 개체의 유전자료분석에서도 2-3개의 유전자형이 확인되었다.

Bayer *et al.* (1987)의 미국 희귀식물 백합과의 *Trillium nivale* (연영초 종류)의 연구결과에 의하면 매우 낮은 유전다양성을 보였고 이러한 유전전 양상은 자가수정을 하는 종의 특징으로서 생활사관점에서 보더라고 모집단에서 다른 집단으로 이주하여 형성할 경우 단 하나의 종자(single-seed colonization)에 의한 창시자효과(founder event)의 가능성이 높음을 주장하였다. 이런 일련의 연구결과를 보더라도 한계령풀은 정확한 개체군생태를 모르더라도 유전분석의 결과를 토대로 교배방식과 생활사를 일단 추정이 가능한데, 북쪽의 근원지(러시아의 아무르, 우수리, 중국의 길림성)에서 남쪽으로 이주할 때 극히 일부개체가 창시자역할을 하여 남하하면서 집단 내에서 자가수정에 의해 개체 수 증가가 되었으리라 추측된다. 현재 조사된 집단 중 북쪽의 점봉산이 가장 유전다양성이 높고 남쪽으로 내려가면서 이런 유전다양성이 감소하는 데 일련의 연속변이를 보여주고 있다. 물론 자병산은 남단에 위치하지만 예외적으로 점봉산보다 유전다양성이 높은데 카르스트지형에 힘몰되는 특이한 지형 특징을 가지고

있어 자가수정을 주로 하는 한계령풀이 작은 집단에서 많은 개체끼리 밀집되어 있어 개체가 타가수정을 할 가능성이나 혹은 종자가 비산되지 않고 합물된 지역으로 몰려 들어 이러한 경향을 보이는 것으로 생각된다.

현재 점봉산과 금대봉 집단은 국도로부터 상당거리(5 km 이상)가 떨어져 있어 인간에 의한 교란으로 집단파괴 위험은 낮지만 가리왕산, 자병산, 구룡령 집단은 임도, 국도변에 접근지역에 분포하여 집단 파괴가 우려된다. 이 지역에 대한 적절한 대비책은 도로를 중심으로 완충지대(약 10 km)를 지정하여 장기적인 모니터링과 함께 적극적인 보호가 수반되어져야 한다.

한계령풀에 대한 보전방안은 각 집단별로 뚜렷한 유전변이를 보이기 때문에 모든 집단에 대한 보전이 매우 중요하다. 그러나, 집단크기로 보아서는 점봉산이 가장 중요하며 유전다양성을 보아서는 자병산이 중요하다. 현지와 보전을 위해서는 집단내에서는 개체수 확보가 최소한 10-20개체정도가 적절할 것으로 생각된다. 또한, 한계령풀에 대한 조사를 통해 알 수 있었던 것은 유전조사뿐만 아니라 교배양식과 생활사에 대한 정보가 있어야 올바른 보전방안이 수립된다는 점이다.

● 망개나무 [*Berchemia berchemiaefolia* (Makino) Koidz.]

▶ 집단조사

망개나무는 1935년 충북 속리산 계곡에서 처음 발견된 후, 일본 중남부 및 중국에서도 그 서식지가 발견되었다(이, 1979, 1980). 특히 산악지대의 사면 전석지에 서식하는 희귀식물로서, 우리나라에서는 천연기념물로 보호되고 있다. 망개나무가 서식하고 있는 곳의 환경은 매우 척박해 보이는 계곡부로 계곡내에서 서식하고 있거나 그 위의 전석지에 분포하는 경우가 대부분이다. 같이 서식하는 교목성 수목으로는 굴참나무(*Quercus variabilis*), 신갈나무(*Q. mongolica*), 졸참나무(*Q. serrata*), 소나무(*Pinus densiflora*), 서어나무(*Carpinus laxiflora*) 그리고 느티나무(*Zelkova serrata*) 등이 있는데 이들은 중남부 지역의 대표적인 식생형으로 이들 식생의 구조에 대한 이해가 망개나무 개체군의 유지기작을 이해하는 데 상당히 중요하다. 현재 알려진 망개나무의 분포지와 집단에 대한 내용은 다음과 같다.

1) 충북 괴산군 속리산 (Map 8)

국립공원 속리산과 주변지역이 포함된 지역으로 괴산군 청천면 소담리 지역으로 덕가산, 남산 그리고 백악산으로 전체 면적 100 ha 정도의 산지 및 계곡에 상당수가 분포하고 있다. 덕가산 개체군의 경우 수고 2 m에서 16 m에 이르는 개체들로 이루어져 있었고 특히 주의 할 한 것으로는 2 m이하의 유수도는 치수가 전혀 출현하지 않았다는 점이다. 특히 망개나무의 흡고직경 분포를 살펴보면 5 cm~35 cm까지 분포하였고 11 cm~15 cm범위의 개체수가 가장 많았으며 20 cm이상의 개체는 많지 않았다. 추정되는 개체수는 약 200-300개체정도이다.

2) 제천시의 월악산 (Maps 6, 7)

국립공원 지역내에서 발견되는 망개나무 개체군은 약 30여 개체로 대부분이 충북대학 연습림 구내에 서식하고 있다. 약 10여 개체 발견되었는데 많은 개체수가 분포하지는 않는다. 이 지역이외의 부근에서 발견된 곳으로 충북 조령시 제3관문 근처로서 약 10개체가 있다.

속리산과 월악산 두 곳이 충북지역에 자생하고 있는 대표적인 망개나무 서식지이다.

3) 경북 청송군 주왕산 (Map 9)

충북지역의 개체군과는 상당히 거리를 유지하고 있는 주왕산 국립공원지역은 중앙계곡부와 그 사면에 약 1 km구간에 약 10 ha정도의 면적에 많은 수가 분포한다. 주로 등산로 주변을 중심으로 많은 개체가 분포하고 있다. 추정되는 개체 수는 약 100개체 정도이다.

4) 포항시 청하면 내연산 (Map 10)

인접지역인 포항시 내연산 지역은 보경사 약 3 km 정도의 계곡에 분산되어 분포하고 있다. 내연산의 반대 편 지역은 바로 주왕산 지역과 연계되어 있어 이 지역도 또 다른 분포지로 예상된다. 본 지역은 타 지역(평균 13-14 cm)에 비해 흙고직경이 크고(20 cm) 수고도 높아 형성시기가 훨씬 오래 된 것으로 추측된다. 발견된 개체 수는 34개체이나 전체적으로 많은 개체수(100개체 미만)가 분포하는 것 같지는 않다.

5) 소백산 지역

소백산 지역에 대한 자생여부는 현재 일부 학자들이 몇 개체가 존재함을 확인하였으나 본 조사에서는 발견할 수 없었다. 극소수 개체가 있을 가능성성이 있으나 집단으로 분포하는 것 같지는 않다.

망개나무의 생물계절학적(phenology)의 특성은 처음 잎이 나오기 시작하는 시기는 4월 말경이고 개화기의 시작은 그보다는 약간 늦은 5월 중순부터 시작되어 약 한 달간 지속된다. 종자의 결실기는 6월 중순부터 9월 중순까지의 기간으로 약 3개월 동안 지속되는 것으로 보고되고 있다. 상당한 양의 종자가 결실되고 있으나 일부 비립의 종자가 있는 것으로 보고되었고, 밀원식물인 것으로 알려져 있어 총매를 통한 유전적 교류를 하는 것으로 생각되나 구체적으로 알려진 생식전략은 없다((강외, 1991; 이, 1979, 1980).

망개나무 개체군의 갱신(regeneration) 현상에 대해서는 다음과 같은 가설이 제시되었다. 현재 울폐된 망개나무의 임분내에서는 거의 치수를 발견할 수 없고 임연부의 수관이 열린 곳이나 개울가 혹은 다른 나무가 쓰러져서 생긴 숲틈(gap)내에서만 일부 발견되는 것으로 보아 이러한 숲에서 생기는 지속적인 교란(disturbance)에 의해 이러한

한 망개나무 개체군이 유지되는 것으로 생각된다. 망개나무의 종자는 $489\sim1,628$ 개/ m^2 으로 상당히 많이 생겨난다. 또한 발아율도 높은 것으로 알려져 있으며 종자의 무게가 가벼워 자체의 산포 능력도 또한 뛰어 난 것으로 알려져 있다. 물가나 전석지의 방치와 자연스러운 교란이 이러한 개체군의 유지에 필요한 반면 사방공사와 여러 가지 계안공작물의 설치는 망개나무개체군의 유지 기작에 저해요인으로 작용할 수 있을 것으로 생각된다 (강외, 1991; 이, 1979, 1980)

본 연구에서 몇 개체 묘목을 이식하여 보았으나 뿌리 활착에 실패하여 망개나무를 이식하는 것은 대체적으로 어려운 듯하다.

▶ 보전현황

망개나무의 경우 속리산에는 망개나무 자생지 표시가 되어 있으나 일반인들의 취사와 교란으로 인해 훼손위험이 높다. 주왕산의 집단은 국립공원내 길가변과 계곡에 주로 분포하는데 공원내 시설물 설치로 인한 직접적인 훼손이 없는 한 집단보전은 양호하다고 할 수 있다. 포항시 내연산의 상기 언급 된 바와 같이 타 지역에 비해 흡고 직경이 크고(20 cm) 수고도 높아 형성시기가 훨씬 오래 되었으리라 추측된다. 이에 대한 자생지표시와 보전현황에 대한 경고문 등은 발견되지 않았다.

▶ 유전구조

망개나무에 대한 집단조사는 속리산, 주왕산, 내연산, 월악산 등 4곳을 조사하였는데 유전다양성은 거의 발견되지 않았고 한계령풀보다 다소 낮은 수치를 보였다. 집단간과 집단내 유전변이의 양상을 보면 집단간 차이가 약 40%로서 집단간 변이가 집단내 변이(40-60%)보다 크게 나타났지만 한계령풀보다는 다소 낮은 값이다. 그러나, 내연산과 월악산에는 전혀 유전변이가 없었다. 특히, 집단별 유전적 유사도를 보면 주왕산-내연산-월악산은 유전적 유사도가 100% 일치함을 보인 반면 속리산이 다른 3개집단과 0.931-0.934로서 약간의 차이를 보였다. 즉, 속리산만이 약간의 유전다형성(polyomorphic)을 보인 반면 주왕산-내연산-월악산은 모두 단형성(monomorphic)을 보여 망개나무 종수준에서는 유전적 다양성이 거의 없음을 보여준다.

현재 조사된 자료로 볼 때 망개나무의 경우 과거 100년 이내 인간의 극심한 교란에 의해 유전적인 다양성을 소실하여 현재는 유일하게 속리산 집단만이 약간의 유전적 다양성을 보이는 듯하다. 그러나, 다른 가능성 있는 가설로는 본 종 자체가 유전적 다양성이 다른 종에 비해 낮아 현재의 속리산 집단을 제외한 다른 3개 집단에서 유전변이를 보이지 않을 가능성도 있다. 특히 후자의 경우에는 일본과 중국 자연집단에 대한 유전적 조사를 통해 확인할 수 있는 사항이다. 본 연구에서 표출된 결과가 전자의 경우이든 후자의 경우이든 이미 망개나무는 집단내 개체 수와 유전적 다양성을 볼 때 멸종단계에 접어들었다고 볼 수 있다. 특히, 망개나무 보전을 위해서는 속리산 집단이 절대적으로 보전되어져야 한다. 즉, 다른 3개 집단에서 볼 수 있는 유전적 변이가 속리산 집단에서 모두 발견될 뿐만 아니라 집단내에서 가장 높은 다형성을 보여

보전할 가치가 가장 높은 것으로 판명되었다. 유전적 다양성이 극히 낮고 개체 수 역시 속리산 집단내에서도 200-300개체밖에 없어 선택의 여지는 없다.

망개나무의 보전방안으로는 가장 개체수가 많고 유전다양성이 높은 속리산지역을 보호해야 한다. 현지외(ex situ)보전을 위해서는 20여 개체의 종자를 속리산에서 선발해서 수목원이나 식물원에 파종하여 생체표본을 보관하는 것이 멸종위기의 적극적인 대책방안이며 특히, 보다 장기적인 관점에서는 일본에 있는 망개나무 집단에 대한 유전다양성을 조사하여 만약 다른 유전양상을 보일 경우 일본집단의 개체와 교배를 통해 유전다양성(heterozygosity)을 증식시키는 것도 바람직한 보전방법이다.

4. 희귀식물에 대한 일반적 사항과 국내 연구를 위한 제언

본 연구에서 조사된 한계령풀과 망개나무의 경우 등대시호(김, 1996)나 *Sarracenia rubra* ssp. *alabamensis*(Godt and Hamrick, 1998)는 미선나무(강, 1998)에 비해 유효 대립유전자수, 다형성빈도, 이형접합자의 평균 등이 매우 낮다. 미국의 백합과 식물인 *Trillium nivale*와 국화과 *Antennaria arcuata* (Bayer, 1992)에서 나타나는 유전다양성정도로서 외국에서 조사된 전체 희귀식물에 대한 유전변이에 비해 상당히 낮은 수치이다. 미선나무는 광범위하게 분포하는 다른 종 정도의 유전변이를 보인 반면 등대시호는 이보다는 다소 낮지만 전체 희귀식물의 유전다양성 수치보다는 높다. 유전다양성은 식물의 교배양식과 밀접한 관계가 있어 자가수정의 예로서 제시된 미국 석죽과 식물의 *Arenaria uniflora*에서는 매우 낮은 유전변이를 보이고 있다. 특히, *Arenaria uniflora*는 한계령풀과 같이 집단간 변이가 집단내 변이보다 높아 집단간 분화는 크지만 집단내의 유전변이는 상대적으로 떨어진다(Wyatt et al., 1992). 반면 타 가수정을 하는 *Echinacea tennesseensis* (Baskauf, 1994), *Sarracenia rubra* ssp. *alabamensis* (Godt and Hamrick, 1996, 1998)에서는 집단간 변이보다는 집단내 변이가 더 높고 전체 종 수준의 유전변이가 높아 교배양식이 유전다양성과 직접적으로 관련이 있음을 시사한다.

그러나, 희귀식물 대부분이 낮은 유전다양성을 보이는 것은 아니다. 잡종현상, 광범위하게 분포하는 종으로부터의 최근의 분화, 피난처(refugia)로 형성된 집단내에서의 다양성유지를 통한 최근의 유전적 병목현상 등에 의해 때때로 오히려 높은 유전다양성을 보이기도 한다(Lewis and Crawford, 1995; Friar et al., 1996; Smith and Pharm, 1996). 그러나, 우리나라에서는 현재까지 이러한 경향이 보고된 적은 없다.

한편, 희귀식물에 대한 보전전략은 지리적인 분포에 대한 조사가 중요하다. 환경부에 의해 멸종위기 및 보호야생 동·식물은 지난 해(1997년) 일부 식물분류학자들에 의해 설문조사를 통해 작성되었다. 식물분류학자들의 희귀식물에 대한 인식은 일단 국한된 지역에서 개체수가 적은 경우를 희귀식물로 생각한다. 그러나, 집단유전학적 관점에서 볼 때 일정 유전변이가 유지되어야 하기 때문에 유전변이와 관련된 집단의

수와 개체가 희귀식물의 보전에 중요하다고 생각한다. 특히, 집단에 대한 자연선발, 자연/인위적 교란 등에 의해 크기가 감소되었을 때 극심한 유전자부동현상에 의해 유전다양성이 소실될 가능성이 높고 이러한 영향으로 점차적으로 이에 해당되는 종들이 멸종되게 된다. 현재 일반인에게는 희귀식물로 인식되지는 않지만 집단의 수와 개체가 일종수준에 못 미치는 종들이 많다. 예로서 전라남북도에 극히 일부지역에 자생하는 단풍나무, 전남 지리산과 백운산, 경기도 북부의 광덕산과 수원의 광교산의 허어리, 전라남북도와 경북 가야산, 충북 소백산지역의 노각나무 등은 우리나라에 500에서 1000개체의 적은 개체로 형성된 천연집단이 자생하고 있다. 따라서, 우리나라에서 희귀식물에 대한 조사로는 먼저 분포지와 분포지에서의 개체수에 대한 사항이다. 특히, 전국적으로 분포하는 종은 국지적으로 분포하는 식물에 비해 유전다양성이 높기 때문에 분포지 정보는 유전다양성 추정에 매우 중요한 인자로 생각한다. 멸종위기 및 보호야생 동·식물에 기재되어 있는 식물 중 분포측면에서 북방계통으로서 남한계선으로 희귀하게 나타나는 종(노랑만병초, 가시오갈피나무, 홍월귤)은 특정식물목록에 등재하는 것은 적절하지만 멸종위기 및 보호야생 동·식물에서 삭제하는 것이 바람직하다. 즉, 북한이나 러시아, 중국에는 흔하지만 남한에서는 남방한계에 분포하는 식물로서 분포론측면에서는 중요한 종이지만 멸종위기의 식물로 보는 것은 적절하지 못하다.

식물의 유전변이에 직접적으로 영향을 주는 인자가 있다.

첫째로, 타가수정을 하면서 극히 일부 지역에 분포하는 종(집단형성)을 들 수 있는데 대체적으로 희귀식물 중 가장 높은 유전변이를 보인다. 현지의 보전을 위해서는 집단별로 많은 개체(30~50개체)를 선발하는 것이 적절하다. 여기에 해당되는 식물로는 미선나무가 해당된다.

둘째로, 자가수정을 하면서 극히 일부 지역에 분포하는 종(집단형성)의 경우로서 집단내 변이보다는 집단간 선발이 중요하다. 집단내 개체수가 많더라고 극히 낮은 유전변이를 보인다. 여기에 해당되는 식물로는 한계령풀이 있다.

세 번째 경우, 타가수정을 하면서 전국적으로 분포하지만 집단형성이 미약하거나 극히 일부 개체만 발견되는 경우로서 유전다양성이 매우 낮게 나타난다. 대부분의 난과 식물이 여기에 해당된다.

상기 지적된 사항이외에 고려해야 할 부분은 생육지에 대한 보호이다. 일부 희귀식물의 경우 특정 생육지에서 자생하는 경우가 있다. 이는 유전적 양상보다는 생태적 영향에 의해 좌우되는데 개체군생태를 중심으로 희귀식물에 대한 보다 정확한 자료를 중심으로 보호해야 한다. 이에 해당되는 종으로는 물부추, 순채, 등대시호 등이다. 특히, 멸종위기 및 보호야생 동식물에 기재된 종 중 극히 일부 지역에 자생하는 종의 경우(개느삼, 섬시호, 나도승마) 자생지에 대한 생태적 조사와 함께 집단보다는 개체에 대한 유전다양성을 조사하여 이에 대한 현지의 종식작업이 필수적이다.

현재 멸종위기 및 보호야생 동·식물과 특정식물목록에 해당되는 식물들을 상기 제시된 사항을 중심으로 항목을 나누어 이에 대한 보호대책 수립이 요구된다. 또한, 보전생물학은 생태학, 집단유전학, 분류학, 지질학 등 종합과학으로서 희귀식물이나 특정야생식물 선정을 위해서는 이러한 분야의 전문가를 중심으로 이루어져야 할 것으로 생각된다. 한편, 분류학적으로 연구되어 있지 않은 분류군(예, 고사리류, 벼과, 사초과)에 대해서는 희귀식물에 대한 자료가 미비하여 이에 대한 자료 보완이 절실히 요구된다.

요 약

생물학적 보전방안은 살아 있는 생물의 다양성과 생육지, 유기체생물과 환경과 상호관계를 유지하는 것이 주목적이다. 생태적, 유전적 보전 방안 중 본 연구에서는 유전적 보전방안에 대한 문제점과 발전방향을 제시하고자 하였다. 희귀 식물의 보전은 분포하는 지역내 변이의 분포, 집단간, 집단내 변이 양상, 교배양식 기작 및 이동은 유전구조와 밀접한 관계가 있다. 환경부에 의해 지정된 멸종위기 보호야생동식물 중 한계령풀과 망개나무를 중심으로 이에 대한 상관관계를 연구하였다. 이중 한계령풀은 5개 집단을 망개나무의 경우 4개 집단을 조사하였다. 한계령풀의 경우 집단간 차이가 집단내 변이보다 크게 나타났고 집단별 유전유사도는 점봉산-오대산, 자병산-가리왕산으로 양분되며 집단중 유전변이가 가장 높은 집단은 자병산이고 가장 낮은 곳은 오대산이다. 유전적 양상은 자가수정을 하는 종의 특징으로서 북쪽의 근원지(러시아의 아무르, 우수리, 중국의 길림성)에서 남쪽으로 이주할 때 극히 일부 개체가 창시자 역할을 하여 남하하면서 집단 내에서 자가수정에 의해 개체 수 증가가 되었으리라 추측된다. 보전방안은 각 집단별로 뚜렷한 유전변이를 보이기 때문에 모든 집단에 대한 보전이 매우 중요하다. 그러나, 집단크기로 보아서는 점봉산이 가장 중요하며 유전다양성을 보아서는 자병산이 중요하다. 현지외 보전을 위해서는 집단내에서는 개체 수 확보가 최소한 10-20개체정도가 적절할 것으로 생각된다. 망개나무는 집단간 차이가 크게 나타났지만 한계령풀보다는 다소 낮은 값이다. 내연산과 월악산에는 전혀 유전변이가 없었다. 보전방안으로는 가장 개체수가 많고 유전다양성이 높은 속리산지역을 보호해야 하며 현지외(ex situ)보전을 위해서는 20여 개체의 종자를 속리산에서 선발해서 수목원이나 식물원에 파종하여 생체표본을 보관하는 것이 멸종위기의 적극적인 대책방안이며 특히, 보다 장기적인 관점에서는 일본에 있는 망개나무 집단에 대한 유전다양성을 조사하여 만약 다른 유전양상을 보일 경우 일본집단의 개체와 교배를 통해 유전다양성(heterozygosity)을 증식시키는 것도 바람직한 보전방법이다. 희귀식물의 유전변이에 직접적으로 영향을 주는 인자는 교배양식에 대한 정보로서 이에 대한 자료가 중요하며 보전방안중 생육지에 대한 보호, 유전다양성 확보를 위한 유전구

조 분석의 필요성, 그외 일부 지역에 자생하는 종에 대한 자생지 생태적 조사, 개체에 대한 유전다양성을 조사하여 이에 대한 현지의 중식작업이 필수적이다.

인 용 문 헌

- 강상준, 김홍은, 이창석. 1991. 망개나무림의 분포, 구조 및 유지기작, 한국생태학회지, 14:25-38
- 강우창. 1998. 미선나무(*Abeliophyllum distichum* Nakai) 천연 집단의 유전구조 및 보전방안. 서울대학교 석사학위 논문.
- 김 휘. 1996. 희귀식물인 등대시호(*Bupleurum euphorbioides* Nakai) 설악산 개체군의 동태, 유전적 다양성 및 보전에 관한 연구. 서울대학교 석사학위 논문.
- 산림청. 1996. 희귀 및 멸종위기식물. 생명의 나무 출판사, 서울.
- 이창복. 1979. 망개나무와 이의 보전을 위한 조사, 식물분류학회지, 9:1-6
- 이창복. 1980. 멸종위기식물의 보전. 서울대학교 관악수목원연구보고 3:190-196.
- Barrett, S. C. H. and J. R. Kohn. 1991. Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: Implications for conservation. in Genetics and Conservation of Rare Plants. Falk, D. A. and K. E. Holsinger (eds.). Oxford University Press, New York.
- Baskauf, C. J., D. E. McCauley and W. G. Eickmeier. 1994. Genetic analysis of a rare and a widespread species of *Echinacea* (Asteraceae). Evolution 48:180-188.
- Bayer, J. R. 1992. Allozyme variation, genecology and phytogeography of *Antennaria arcuata* (Asteraceae), a rare species from the Great Basin and Red Desert with small disjunct populations. 79:872-881.
- Bayer, R. J. J.C. La Duke and D. J. Crawford. 1987. Isozyme variation in *Trillium nivale* (Liliaceae) Can. J. Bot. 65:2250-2254.
- Falk, D. A. and K. E. Holsinger. 1991. Genetics and Conservation of Rare Plants. Oxford University Press, New York.
- Given, D. R. 1997. Principles and Practice of Plant Conservation. Timber Press, Portland, Oregon.

- Godt, M. W. and J. L. Hamrick. 1996. Genetic structure of two endangered pitcher plants, *Sarracenia jonesii* and *Sarracenia oreophila* (Sarraceniaceae) Amer. J. Bot. 83:10916-1023.
- Godt, M. W. and J. L. Hamrick. 1998. Allozyme diversity in the endangered pitcher plant *Sarracenia rubra* ssp. *alabamensis* (Sarraceniaceae) and its close relative *S. rubra* ssp. *rubra*. Amer. J. Bot. 85:802-810.
- Hamrick, J. L., M. J. W. Godt, D. A. Murawski and M. D. Loveless. 1991. Correlations between species traits and allozyme diversity: Implications for conservation biology. Holsinger (eds.). In Genetics and Conservation of Rare Plants, Falk, D. A. and K. E. Holsinger (eds.). Oxford University Press, New York.
- Hamrick, J. L., M. J. W. Godt, and S. L. Sherman-Broyles. 1992. Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species. New Forest. 6:95-124.
- Lewis, P.O. and D. J. Crawford. 1995. Pleistocene refugium endemics exhibit greater allozymic diversity than widespread congeners in the genus *Polygonella* (Polygonaceae). Amer. J. Bot. 82:141-149.
- Smith, J. F. and R. V. Pharm. 1996. Genetic diversity of the narrow endemic *Allium aaseae* (Alliaceae). Amer. J. Bot. 83:717-726.
- Wyatt, R. E. A. Evans, and J. C. Sorenson. 1992. The evolution of self-pollination in granite outcrop species of *Arenaria* (Caryophyllaceae). VI. Electrophoretically detectable genetic variation. Syst. Bot. 17:201-209.

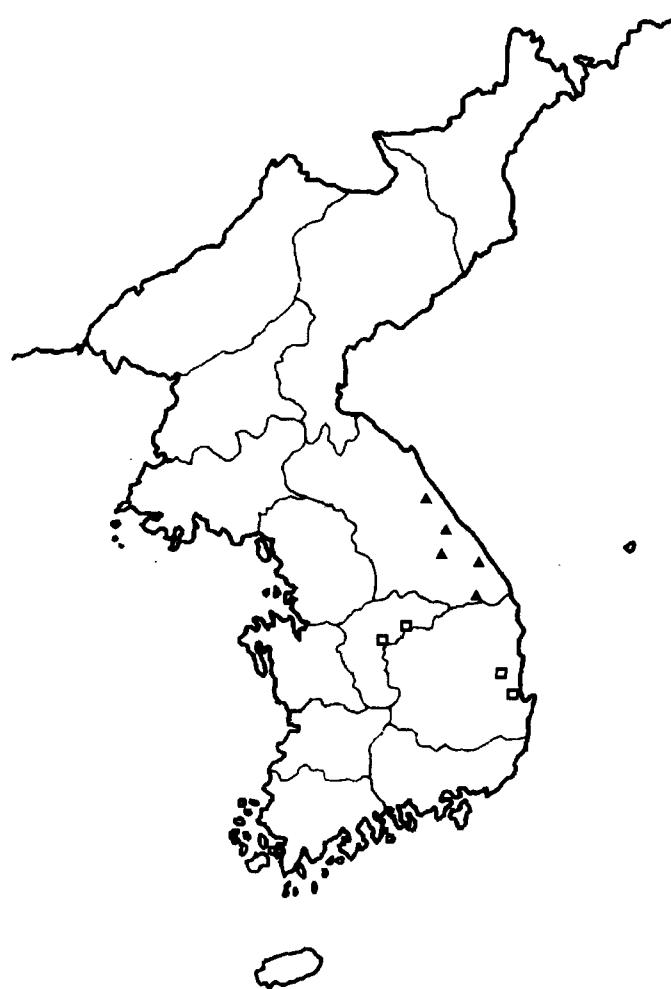
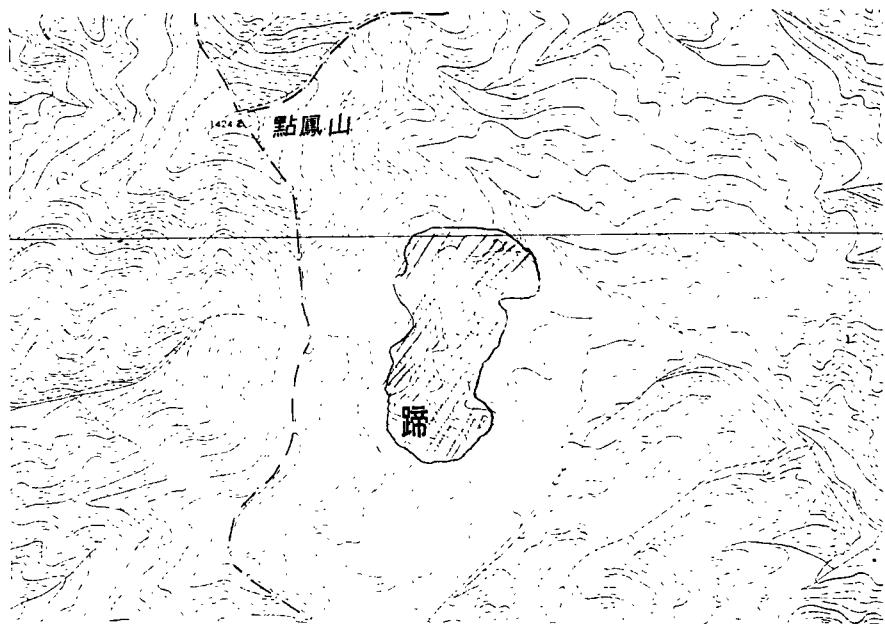
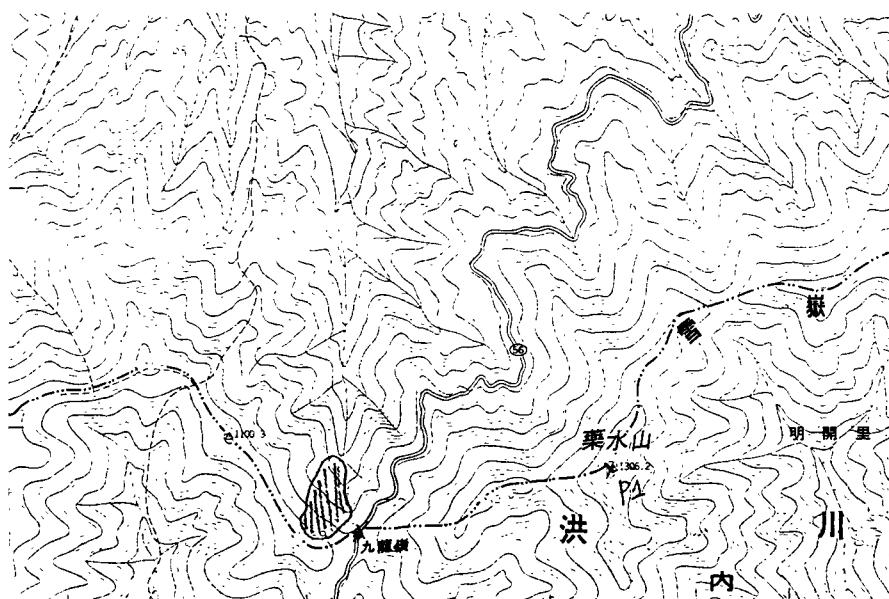


Fig. 1. Locations of *Bechemia berchemiaeefolia* (□), and *Leonice microhyncha* (▲)

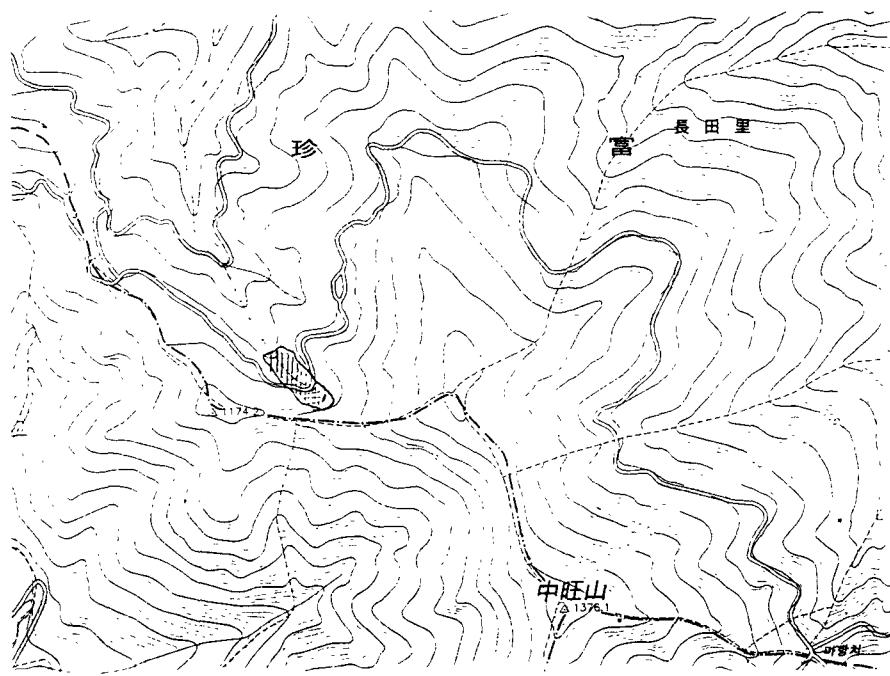
Map 1. 인제군 점봉산 (설악 NJ-52-6-24-4)



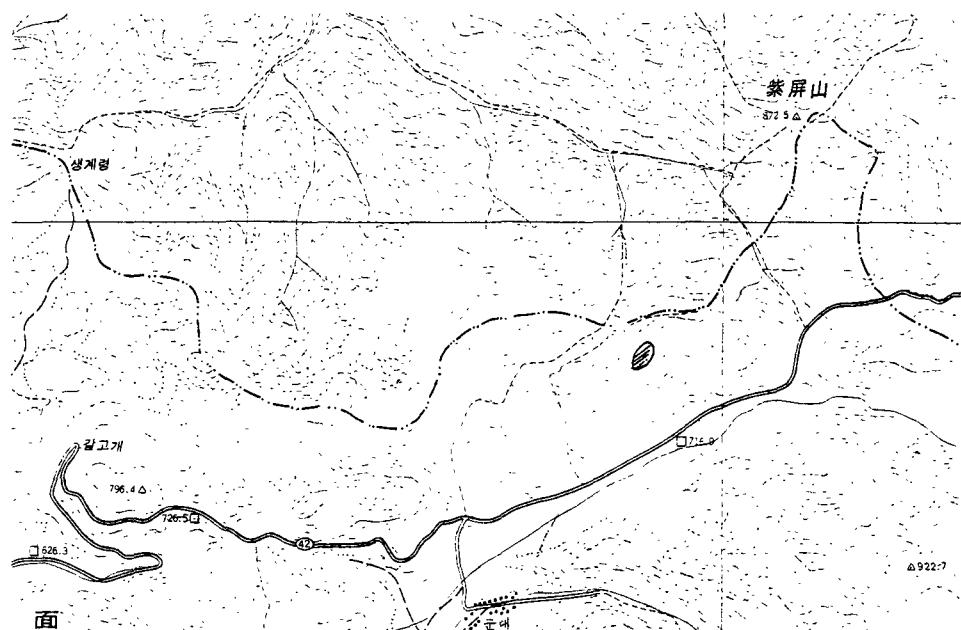
Map 2. 양양군 구룡령 (갈천 NJ-52-10-04-1)



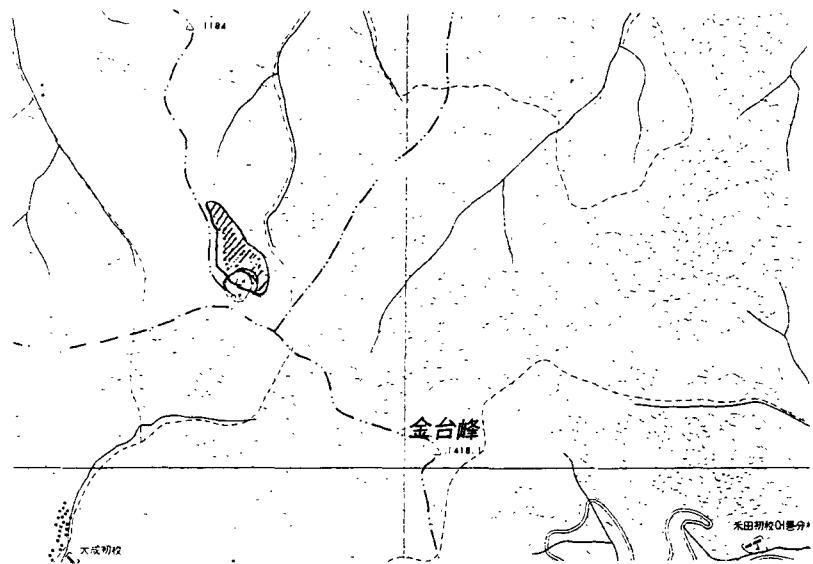
Map 3. 평창군 진부면 중왕산 부근 (용탄 NJ-52-10-18-1)



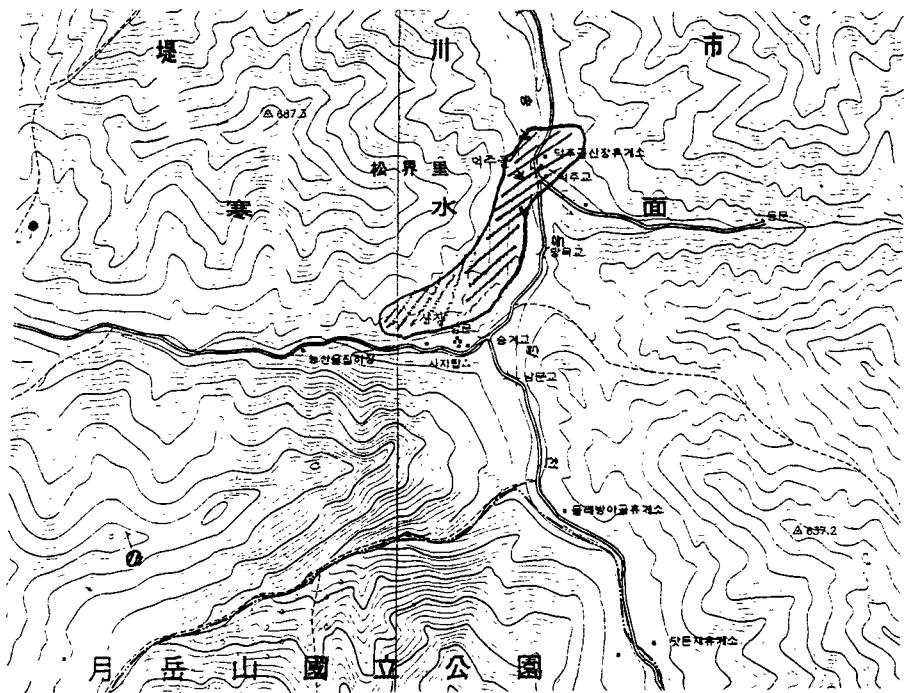
Map 4. 강릉시 자병산 (석병 NJ-52-10-12-4)



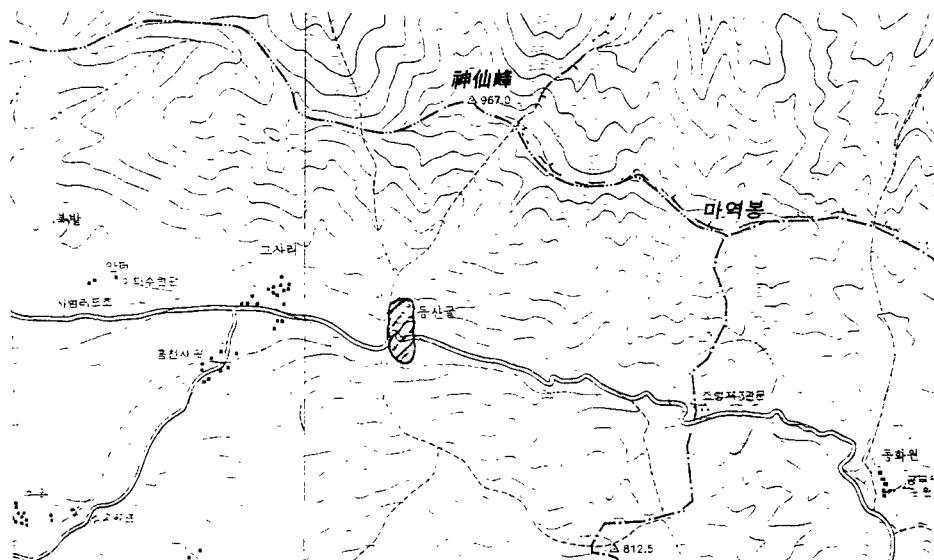
Map 5. 정선군 금대봉 (함백 NJ-52-10-26-2)



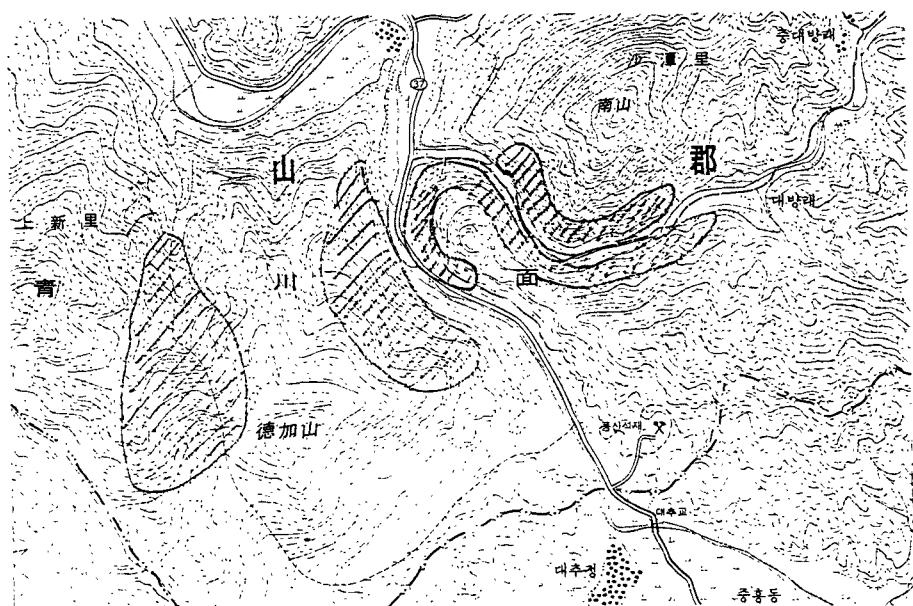
Map 6. 제천시 월악산 한수면 (안보 NJ 52-14-02-3)



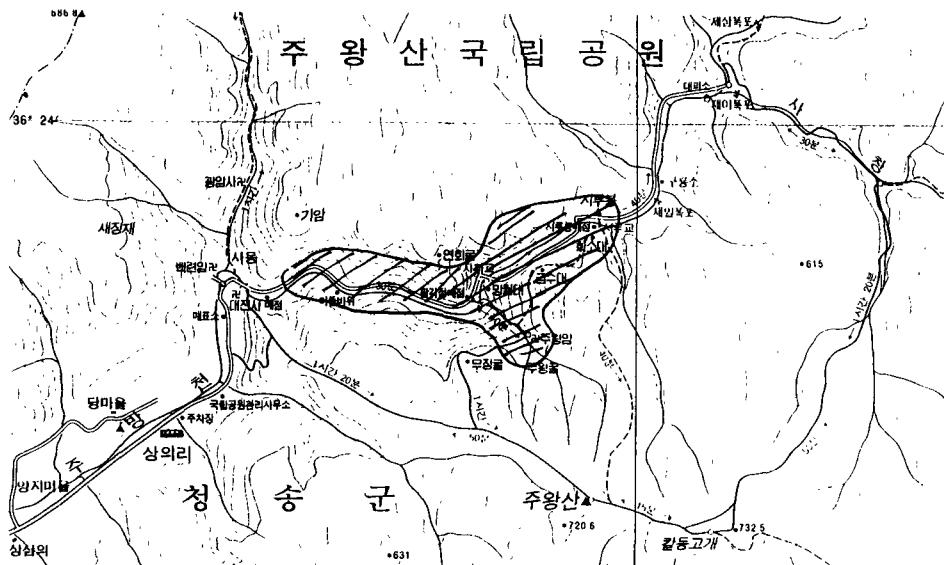
Map 7. 충북 조령시 제 3관문 근처 (NJ 52-14-02-3)



Map 8. 괴산군 청천면 소담리 덕가산 (상판 NJ 52-12-08-3)



Map 9. 경북 청송군 부동면 주왕산



Map 10 경북 포항시 송나면 내연산(도천 NJ-52-12-21-3)

