

한국산 진범 종집단의 서식상황: GIS를 이용한 분석과 검증

이수랑* · 정종철** · 박종욱*

Distribution of Subgenus *Lycocotum* in Korea: Analysis and Verification by GIS

Soo-Rang Lee* · Jong-Chul Jeong** · Chong-Wook Park*

요 약

국내에 분포하는 진범아속의 식물종 개체군을 대상으로 GIS분석을 통해 서식환경을 분석·검증함으로써 이를 통해 환경변화에 취약한 고산식물종의 보전과 관리를 위한 새로운 방안을 모색하고자 본 연구를 수행하였다. 표본조사와 문헌조사를 바탕으로 작성된 진범아속의 분포도를 중심으로 현장조사에서 정확한 분포좌표와 서식환경 등의 지리적 및 생물학적 인자를 조사하여 이를 바탕으로 수치지형도를 이용하여 서식지 모형을 만들어냈다. 진범아속의 식물개체군은 해발고도 470~1320m 구간이며 북향의 15.5~36° 사이의 경사지역으로 수계에서 가까운 활엽수림에 주로 분포하였다. 이를 바탕으로 GIS 프로그램을 사용하여 서울인근의 양수와 목동 두 개의 도엽에서 고도·향·경사 등의 요소의 중첩과 수계와의 거리, 토지피복분류에 따른 주변 식생 등을 조합하여 적합서식지를 확인하였고 현장 검증에서 이 적합서식지에 실제 진범아속 식물의 분포를 검증하였다. 이를 통하여 보전을 요하는 식물군의 미확인 서식지의 추측이나 대체서식지의 선정과정에 있어 GIS가 획기적으로 사용될 수 있음을 확인하였다.

주요어 : 진범, GIS, 서식지모형

ABSTRACT : The purpose of this study was to ascertain and analyze environmental factors of subgenus *Lycocotum* in Korea for conservation and management of rare high land plant species by GIS. We derived the habitat model of *Lycocotum* from GPS coordination, habitat factors and digital topology maps. Suitable altitude for the subgenus *Lycocotum* is from 470m

*서울대학교 생명과학부(Department of Biological Sciences, College of Natural Sciences, Seoul National University, Seoul 151-742, South Korea)

**남서울대학교 지리정보공학과(Department of GIS, Namseoul University Chonan 330-707, South Korea)

to 1320m, and northern slopes(between 15.5 and 36 degrees) are ideal for the *Lycocotum* populations. In addition to altitude, slope and aspect, deciduous forest and approximation to water source were found as important factor. Using GIS and the *Lycocotum* habitat model, we overlaid elevation, aspect, slope and land cover layers and analyzed buffer from the water source on two topology maps, Yang-Soo and Mock-Dong. After making prediction map for *Lycocotum* habitat, we verified the existence of *Lycocotum* populations on the predicted sites through field survey. Through this research, we're convinced that GIS software is powerful tool for plants conservation, such as finding unknown habitat or selecting alternative habitat.

Keywords : *Lycocotum*, GIS, habitat model

1. 서 론

진범은 미나리아재비과(Family Ranunculaceae), 초오속(Genus *Aconitum*), 진범아속(Subgenus *Lycocotum*)의 식물로, 남한 내에는 진범(*Aconitum pseudolaeve*), 흰진범(*A. longecassidatum*) 및 줄바꽃(*A. alboviolaceum*)과 한라투구꽃(*A. quelpaertense*), 노랑투구꽃(*A. sibiricum*)의 5종이 분포하고 있다. 이 중 노랑투구꽃을 제외한 흰진범과 진범, 줄바꽃, 한라투구꽃 등 네 종은 서식 특성 및 외부 형태가 유사하고 형태변이가 매우 심하여 구별이 쉽지 않다(이수랑, 2006). 이와 같이 서식 특성이 유사한 식물종들의 경우 속단위의 분포연구가 중요하지만(Scheldeman et al., 2007; Vargas et al., 2004), 진범아속 식물종들의 분포나 서식지 특성에 관한 국내 연구는 전무한 실정이다. 특히, 진범아속 식물은 주로 지하경(Rhizome)을 통해 번식하기 때문에 다른 종자번식 식물에 비해 넓게 분산하지 못하여 서식지의 요소가 개체군 생장에 있어 큰 제한요인으로 작용하고 있다

(Tamura, 1995). 서식지의 보호 및 관리에 관한 사항은 진범아속 식물에 국한된 문제가 아닌 멸종위기의 법적보호식물종을 포함한 국내에 서식하는 대부분의 식물종을 보전·관리하기 위해 필수적이다. 그러나 이를 수행하기 위한 각 식물 종의 분류학 및 생태학적 연구는 아주 미진한 상황이며, 특히, 안정된 서식지를 요구하는 고산성 식물의 경우 도로 건설 등으로 인한 서식지의 훼손과 그에 따른 주변 환경의 변화에 민감하게 반응하므로 보전 관리 방안이 필요하다.

이러한 야생 동·식물의 서식지의 보전 및 관리를 위한 GIS의 이용은 급속하게 발전되어 왔다(Pullin, 2002; Cox, 1997; Van Dyke, 2003; 한국경관생태연구회, 2001; Draper et al., 2003). 특히, 국가지리정보체계 사업을 통한 다양한 지리정보의 활용은 동·식물의 보전관리에 비약적인 발전을 가져왔다(김영표, 2002; 정필만, 2001; 정문섭과 김동한, 2003; 김태진, 2002). 이미 국외에서는 희귀야생 식물종이나 외래종의 서식지 모형의 설정과 대안 서식지 파악 또는 외래종의 확산방지를 통한 생

태계의 보전을 위해 GIS가 이용되고 있다 (Jarvis et al., 2005; Boylen, 2006; Wu and Smeins, 2000; Luoto, 2000; Vanderpoorten et al., 2006).

오용자 등(1997)의 연구에서 단순한 분포도 작성으로 시작된 국내 식물학의 GIS 이용은 비약적으로 발달하여 수치지형도의 이용과 더불어 인공위성영상을 이용한 원격탐사를 통해 여러 목적의 적지분석 등으로 다양하게 사용된다(김상욱과 정종철, 2002; 김상욱, 2006; 서정욱 등, 2000). 특히, 조명희 등(2001)은 아카시나무의 생육특성을 감안하여 이 종의 서식상황에 대한 모형을 설정한 후 적절한 밀원단지를 선정하였다. 그러나 활발한 해외의 연구에 비해 국내의 식물종 서식지 모형을 위한 GIS연구는 시작되지 않았고 본 연구에서의 GIS를 통한 식물서식지 모형과 검증의 시도는 기초적이나 국내 식물종 보전을 위한 GIS를 통한 서식지 연구의 효시라 생각한다.

이처럼 생물종의 보전에 대한 인식의 성장과 함께 보전생물학적 관리를 더욱더 용이하게 할 수 있는 GIS의 이용은 더욱 더 커지고 있다(Guisan and Zimmermann, 2006; Pullin, 2002; Cox, 1997; Van Dyke, 2003; Vanderpoorten et al., 2006). 또한, 표본정보와 함께 GIS 데스크톱 소프트웨어의 발전은 식물의 분포모형 설계에 큰 도움을 주고 있다(Vargas et al., 2004; Horssen et al., 1999). 따라서, 본 연구는 산업화에 의한 서식지 변화로 급감하고 있는 국내 고산성 야생 식물종의 보전과 관리를 위해 GIS를 이용하여 진범아속 식물의 서식지 특성을 알아보고자 한다.

2. 재료 및 방법

진범아속 식물의 현지조사를 하기에 앞서, 문헌과 표본조사를 통해 기존의 분포를 조사하였다. 국가생물종지식정보시스템(www.nature.go.kr)의 표본검색을 통하여 정확히 동정된 표본의 정보와 서울대학교 자연과학대학과 농업생명과학대학 식물표본관에 소장된 표본을 이용하여 분포정보를 수집하였다. 또한, 제2차 전국자연환경조사의 식물상과 식생에 기록된 분포지역을 확인하여 분포도를 작성한 후 현장조사를 수행하였다.

현장조사는 분포가 기록된 산지의 기부에서 산정부에 이르는 구간을 선형으로 종단하며 진범 종집단의 출현여부를 확인하는 방법으로 2004년 초여름에서 2005년 가을까지 진행하였다. 현장조사에서는 십 개체 이상, 오랜 기간 서식했거나 서식할 수 있는 개체군만을 대상으로 하여 서식지의 지리좌표를 획득하였다. 또한 진범 종집단의 서식에 영향을 미칠 수 있는 생물학적 및 비생물학적 요소들을 조사하였다.

조사된 개체군의 좌표는 ArcView 3.3 (ESRI Inc.)과 ArcGIS 9.0(ESRI Inc.)을 이용하여 디지털고도모형(DEM)에 중첩시켜 고도, 경사, 향 분석을 수행하였고 버퍼분석을 통해 수계로부터의 거리를 확인하였다. 이를 통해 진범 종집단의 적합 서식지 모형을 생성하였다.

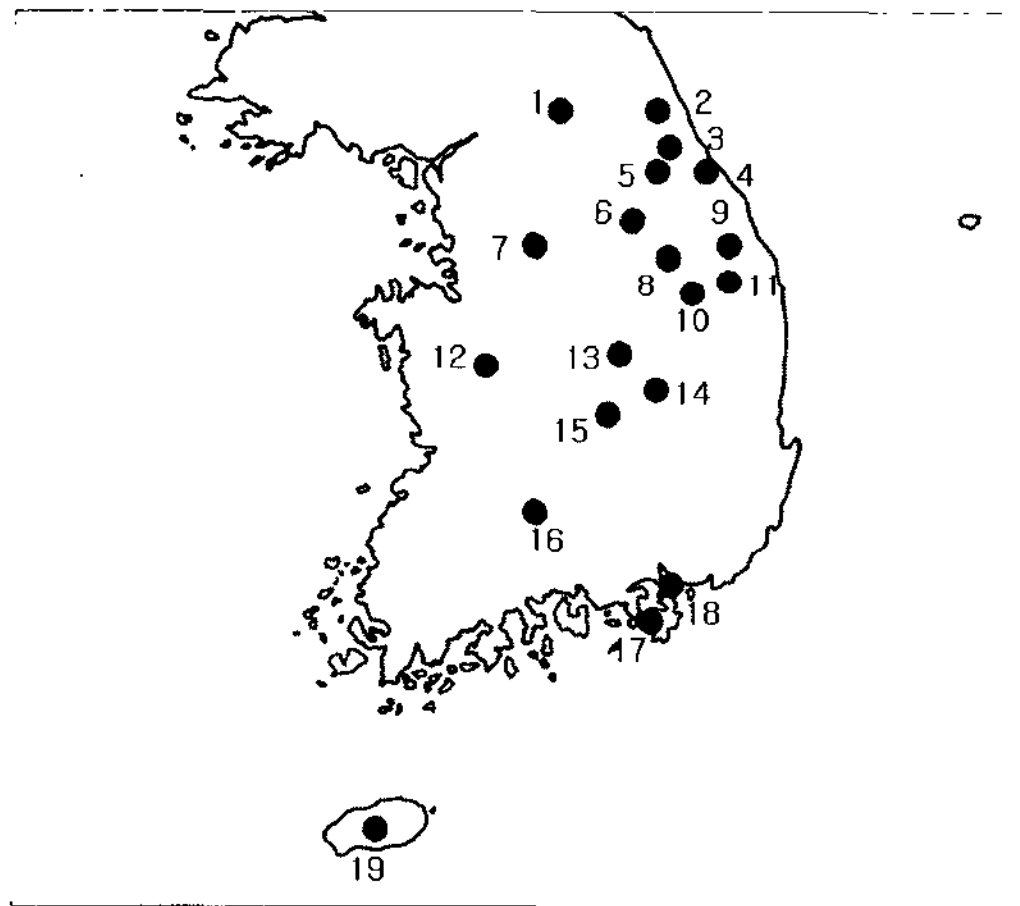
또한, 모형의 검증을 위해 기존의 진범의 존재 유무가 알려지지 않은 경기권의 두 지역 양수(377063)와 목동(377031)의 수치지형도를 이용하여 도출된 모형이 부합되는 지역을 확인한 후 접근이 용이한 곳

에 대한 현장조사를 수행하여 진범아속 식물종의 서식여부를 확인하였다.

3. 결 과

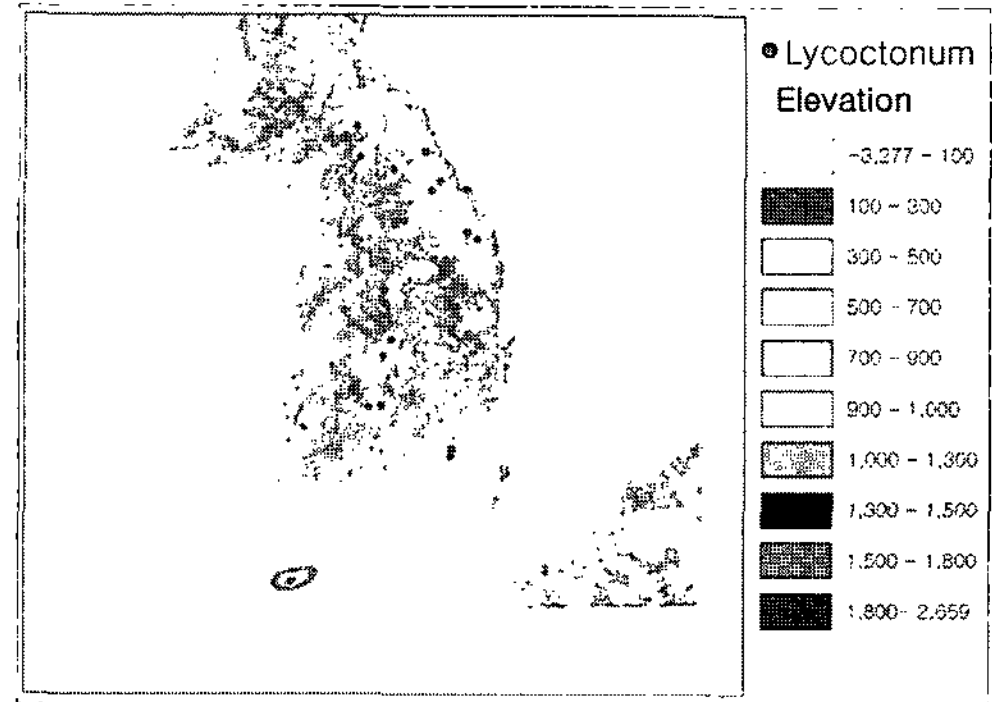
현장조사를 통해 확인된 진범 종집단의 개체군은 [Figure 1]과 같이 내륙에서는 지리산(1,915m)에서 설악산(1,708m)에 이르는 백두대간을 중심으로 이루어지고 있었다. 또한, 제주도의 한라산(1,950m)과 거제도의 가라산(585m)과 북병산(465m)과 같은 섬 지역의 산지에서도 진범아속의 개체군을 확인할 수 있었다.

진범 종집단 개체군의 분포 정보를 이

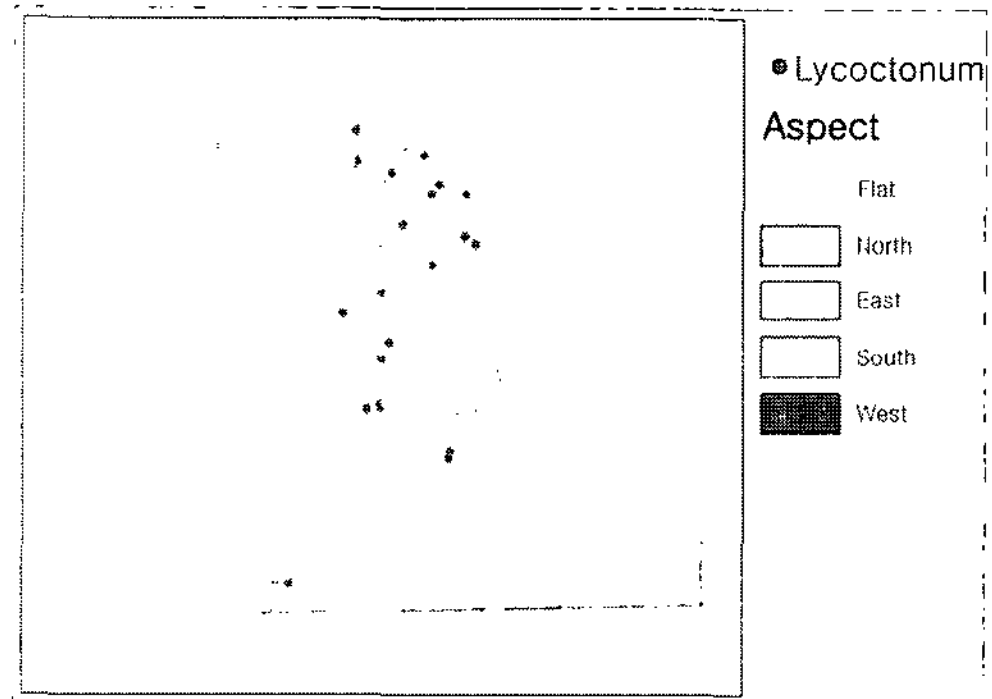


[Fig. 1] Collection sites of the *Aconitum pseudolaeve* Nakai complex. 1. Mt. Baekun; 2. Mt. Seorak; 3. Mt. Odae; 4. Seonjaryong; 5. Mt. Gyebang; 6. Mt. Chiak; 7. Aengjabong; 8. Machari; 9. Geomryongso; 10. Mt. Sobaek; 11. Mt. Baekbyung; 12. Mt. Kyeryong; 13. Mt. Minjuji; 14. Mt. Hwangak; 15. Mt. Deokyu; 16. Mt. Chiri; 17. Mt. Gara; 18. Mt. Bukbyung; 19. Mt. Halla

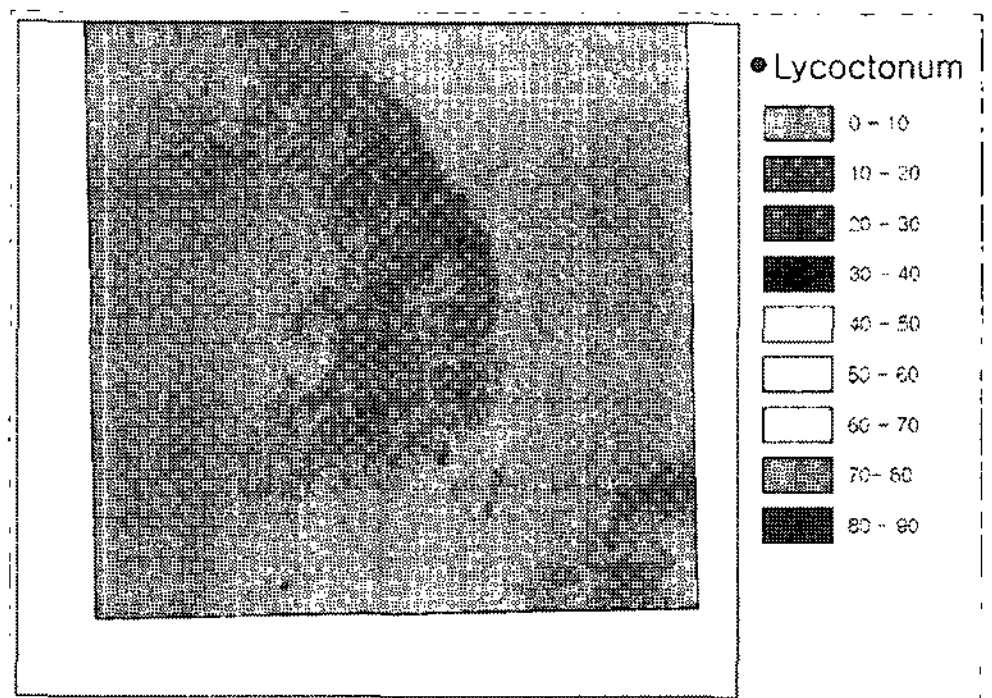
용하여 고도, 향, 경사 분석을 한 결과와 각 개체군의 인근 수계로부터의 거리를 분석한 결과는 각각 [Figure 2, 3, 4, 5] 및



[Fig. 2] Elevation of *Lycoctonum* populations



[Fig. 3] Aspect of *Lycoctonum* populations



[Fig. 4] Slope of *Lycoctonum* populations

<Table 1>과 같다. 진범 종집단의 개체군이 분포하는 지역의 고도는 거제도 154m에서 지리산의 1654m에 이르기까지 다양하였으나 평균 898m(SD±425)의 고산으로 확인되었다. 인제 설악산, 강릉 선자령, 태백 백병산, 영월 봉래산과 같이 경사가 없는 평평한 능선부나 산의 기부를 제외한 지역의 평균 경사도는 25.92°(SD±10.29)로 확인되었고 향을 확인할 수 없는 평탄지를 제외한 18지역 중 북향은 12지역, 동향과 남향은 각각 3지역이 확인되었으나 서향에 위치한 개체군은 확인되지 않았다.

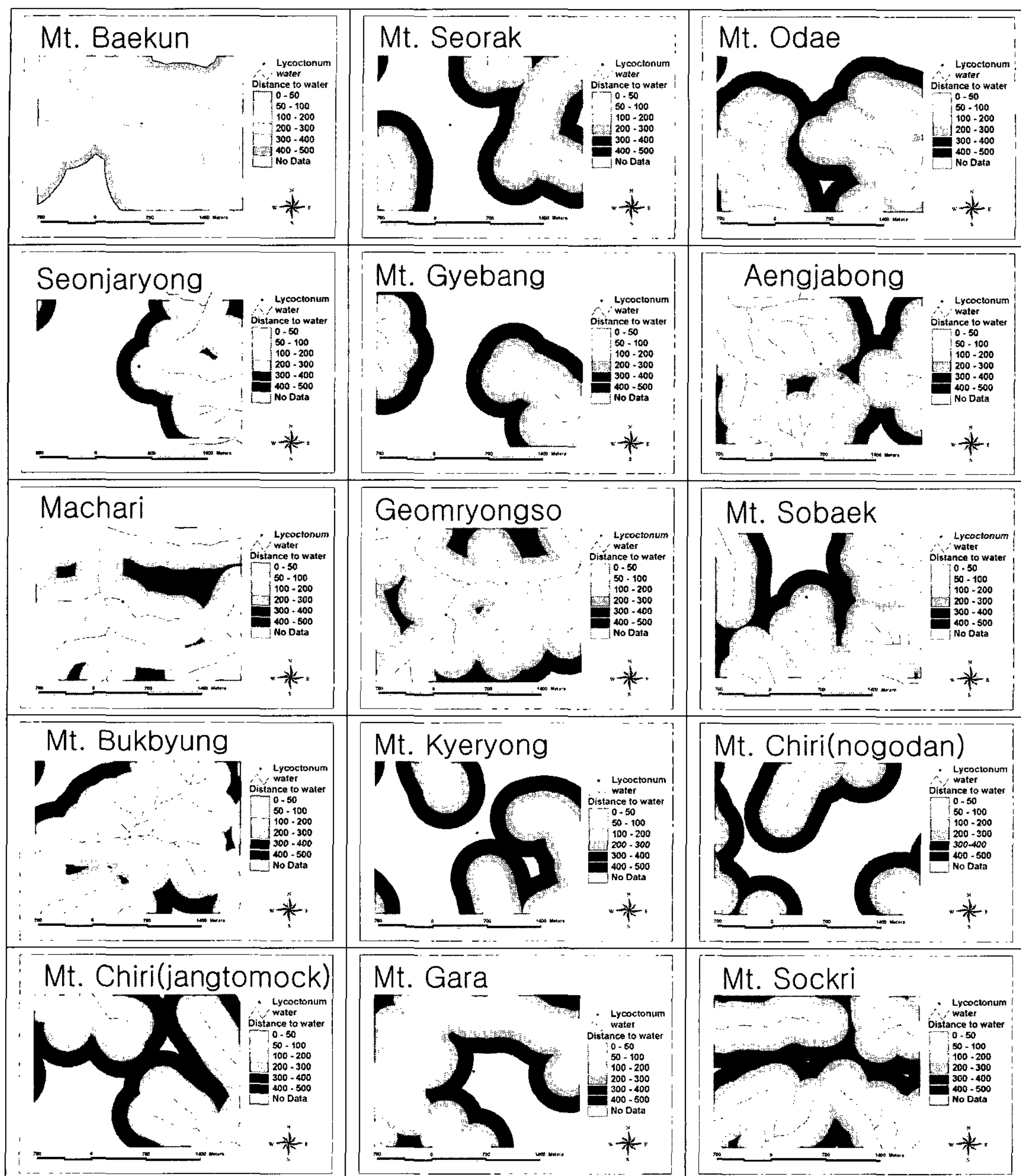
수계와의 거리를 분석한 결과는 [Figure 5]와 같으며 총 22개의 지역 중 14개의 지역이 수계로부터 500m 이내에 있었으

며 이 중 5개 지역은 수계로부터 50m 이내의 지역에 위치하고 있었다. 또한, 수계 중심으로부터 500m 이상 떨어진 개체군 중 덕유산, 가라산, 북병산, 민주지산 등의 개체군의 중심좌표는 수계 중심으로 500m 이상 550m 미만을 가리키고 있어 가장자리 개체와 수변과의 거리를 감안할 때 이들 역시 수계의 영향을 밀접하게 받고 있음을 확인하였다. 현장조사에서 확인한 결과에 의하면 수치지형도 분석에서 수계로부터 1800m 이상 떨어진 한라산의 개체군을 포함한 모든 개체군에서 지형도 상에는 없으나 주변 수십에서 백 미터 사이에서 간헐적 또는 영구적으로 계곡수가 흐르고 있음을 확인할 수 있었다.

타감작용 등을 통해 식물의 생육에 큰

<Table 1> Features of each population.

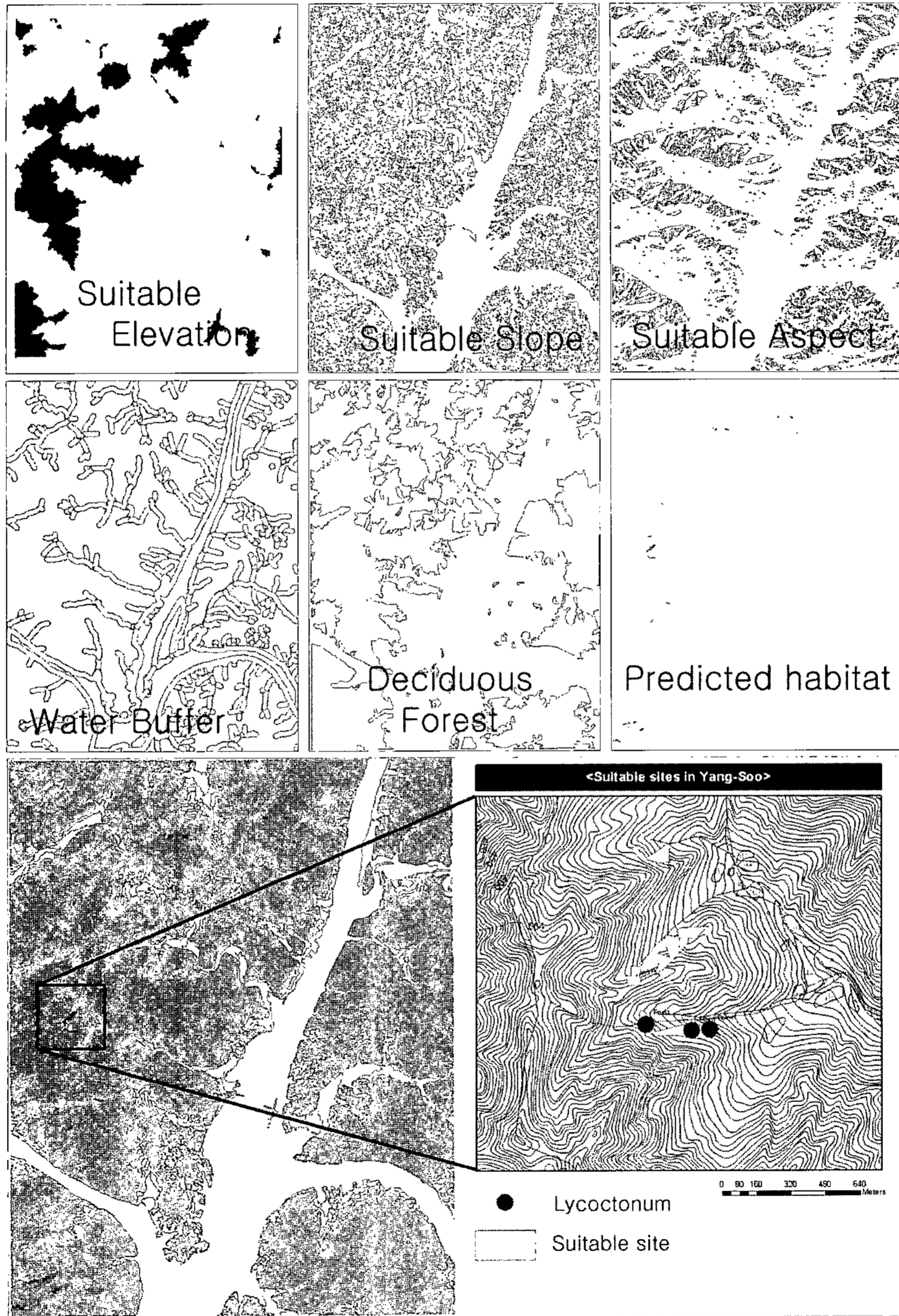
| | Elevation(m) | Slope(°) | Aspect |
|-----------------------|--------------|-----------------|--------|
| Mt. Baekun | 337 | 19.45 | South |
| Mt. Seorak | 1,180 | 0.00 | Flat |
| Mt. Odae | 1,270 | 19.41 | East |
| Seonjaryong | 1,010 | 0.00 | Flat |
| Mt. Gyebang | 1,105 | 21.34 | North |
| Mt. Chiak | 935 | 21.71 | North |
| Aengjabong | 536 | 35.28 | North |
| Machari | 310 | 0.00 | Flat |
| Geomryongso a | 932 | 41.72 | East |
| Geomryongso b | 888 | 50.84 | North |
| Mt. Sobaek | 1,334 | 9.20 | South |
| Mt. Baekbyung | 790 | 0.00 | Flat |
| Mt. Kyeryong | 583 | 32.52 | South |
| Mt. Minjuji | 998 | 19.39 | North |
| Mt. Deokyu | 1,577 | 28.33 | North |
| Mt. Chiri(nogodan) | 1,356 | 29.51 | North |
| Mt. Chiri(jangtomock) | 1,654 | 22.81 | East |
| Mt. Gara | 154 | 25.93 | North |
| Mt. Bukbyung | 306 | 29.07 | North |
| Mt. Halla | 1,356 | 30.93 | North |
| Mt. Sockri | 452 | 37.72 | North |
| Mean | 898(SD±425) | 25.92(SD±10.29) | |



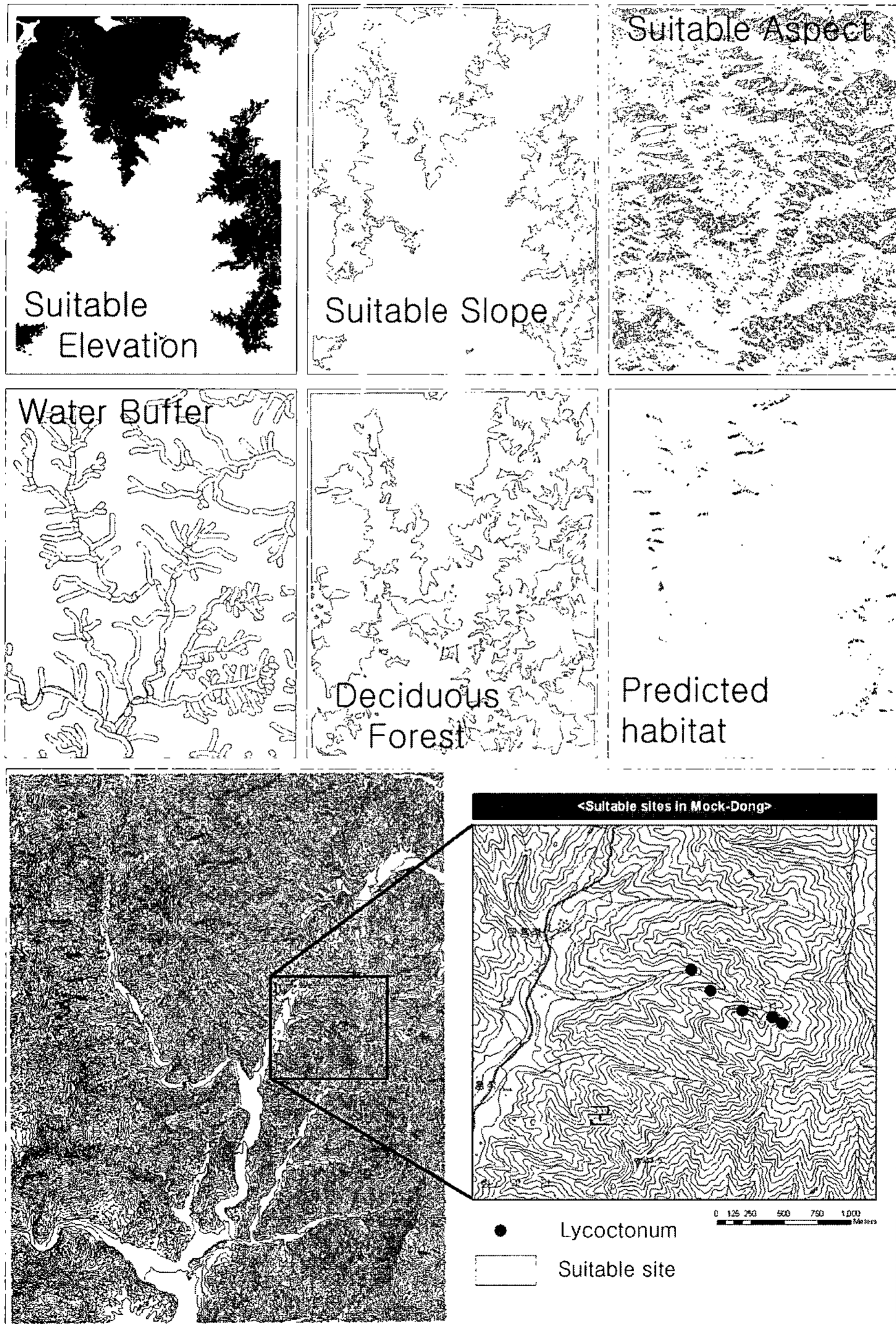
[Fig. 5] Buffer analysis of *Lycototum* populations from water source

<Table 2> Habitat model of Subgenus *Lycototum* in Korea

| Elevation(m) | Slope(°) | Aspect | Vegetation | Water Approximation(m) |
|--------------|----------|--------|------------------|------------------------|
| 470~1320 | 15.5~36 | North | Deciduous Forest | 100 |



[Fig. 6] Suitable habitat prediction and verification in Yangsoo(377063)



[Fig. 7] Suitable habitat prediction and verification in Mockdong(377031)

영향을 줄 수 있는 주변의 식생형태는 대부분이 낙엽활엽수림이었고 아주 일부는 약간의 침엽수가 섞인 혼효림이었으나 침엽수림에서 확인된 개체군은 없었다.

이러한 분석결과를 통해 도출할 수 있는 진범의 적합 서식지는 지리적으로 470~1320m 정도의 고도와 15.5°에서 36°에 이르는 경사를 가진 북사면 지역이 적당한 것으로 보이며 수계와는 거리는 100m 내외의 인접한 지역이며 주변의 식생은 낙엽활엽수림이 적당한 것으로 나타났다 (<Table 2>).

양수와 목동에서 접근이 용이한 지역을 각각 한 곳씩 선정하 후, 도출된 적합지역에 대한 검증을 위해 현장조사를 실시하였다([Figs. 6 and 7]).

양수 도엽에서는 남양주시 조안면 진중리의 세정사 계곡을 선정하였고 목동 도엽에서는 가평군 북면 화악리의 윗홍적과 아래홍적 사이의 계곡을 선정하여 조사하였다. 현장 검증 결과, 남양주의 세정사 계곡의 적합 지역 내에서는 두 개의 작은 개체군과 외곽 경계의 한 개체군을 포함하여 총 세 개의 작은 무리로 이루어진 진범 개체군을 확인하였고, 가평의 홍적 계곡에서는 계곡 하천을 따라 적합 지역 이전부터 등장한 개체들이 적합 지역을 가로질러 계속되는 것을 확인하였다.

4. 고찰

환경부에서 선정한 국가특정식물종 IV 등급에 선정된 진범을 포함한 진범아속의 식물들은 주로 고산에 서식하는 식물로

서식지 파괴 및 변화에 큰 영향을 받는 민감한 식물종이다. 진범아속을 위시하여 위기에 처한 국내 식물종의 보전 및 관리를 위한 한 방법으로 수행한 본 연구의 결과에서 진범아속 식물종의 지형적인 서식지 모형을 도출하였다. 또한, 도출된 모형의 검증을 위한 현장 조사에서 실제 진범 개체군을 확인할 수 있었고 이를 통해 본 모형의 실제 타당성을 입증할 수 있었다.

진범아속 식물의 전국적인 분포는 백두대간을 중심으로 하여 분포하고 있으나 남부 지방은 낮은 산지에서도 일부 확인할 수 있었다. 기존 문헌들은 이 식물 종집단에 대해서는 꽃색이나 줄기의 형태, 털 등을 통해 종을 구분하고 있었다(김무열, 2004; 박만규, 1974; 임록재, 1979). 하지만 현장조사에서 확인된 개체들은 같은 지점의 개체군 내에서도 흰색에서 짙은 보라색에 이르기까지 다양한 꽃 색과 작은 크기의 직립한 개체에서 큰 길이의 기는 줄기 형태에 이르기까지 다양한 형태의 개체가 혼재하고 있었다. 따라서, 고도나 지역 등을 통해서 이러한 형태 형질의 경향성을 찾는 시도는 불가능 하였다.

일반적으로 생물의 분포를 제한하는 가장 중요한 두 제한요인으로 온도와 물이 언급되고 있으며 빛 또한 중요한 분포 제한요인의 하나로 생각되고 있다(Krebs, 2001). 온도와 빛을 결정지을 수 있는 지형적 요소인 고도, 경사, 향과 서식지 요소로서 물과의 거리를 분석하여 생물 서식공간을 유추할 수 있을 것이라는 근거를 두고 본 연구를 진행하였다(Mitsuda et al., 2007; 연명훈, 2003).

거제의 가라산에서는 낮은 고도에서 진

범아속 식물 개체군을 확인할 수 있었으나 이 지역을 제외하고는 최소 300m 이상의 산지에서 진범아속 식물 개체군을 확인할 수 있었으며 평균적으로 898m의 고산지역에서 종집단이 확인되었다. 이를 통해 진범아속 종집단이 명확히 고산성 식물임이 확인되었고, 66.67%의 개체군이 북향에서 확인된 것과 대부분의 개체군이 수계와 멀지 않은 습윤한 토양에서 확인된 것을 통해 이 종이 요구하는 서식상태를 명확히 알아볼 수 있었다.

따라서 진범아속 종집단의 직접적인 보전과 관리를 위해서는 비교적 저온의 습한 서식지가 요구되며, 본 종 집단의 서식지 보전을 위해 이러한 요건 등은 필수적으로 지켜져야 할 것이다.

생물종의 보전은 현지 내 보전(In-situ)이 가장 좋은 방법이나, 댐이나 도로건설 등 사회기반시설의 확충으로 인한 서식지 파괴는 불가피하다(Primack, 2004). 이동을 하는 동물군의 경우는 주변 지역으로의 자연스러운 이동이 일어날 수 있으나 고착성의 식물군은 서식지의 파괴와 더불어 개체군 역시 절멸에 이르게 될 것이다. 이러한 종의 절멸을 막기 위한 대안으로 식물원이나 종자은행을 통한 현지 외(Ex-situ) 보전 방안이 제시되고 있으나 최선의 방법이라고 할 수 없다(Primack, 2004; Jarvis et al., 2005). 일부 양서류에서 이용되고 있는 대체 서식지 조성을 식물에 적용하는 방법은 현지 내 보전과 현지 외 보전 사이에 좋은 타협안이 될 수 있을 것으로 보인다. 대상종의 구체적인 분포 정보를 획득할 수 있다면 이에 대한 분석을 통해 새로운 대안 지역을 찾아내는 것이 현재의 강력한 지리정보시스템에서 용이하게

진행될 수 있다(Guisan and Zimmermann, 2006; Powell et al., 2005; 조명희 등, 2001).

본 연구를 통해 불가피한 서식지 파괴를 유발할 수 있는 개발사업 과정에서 보전의 필요성이 있는 식물 등의 고착성 생물을 보전하는 방법 중 하나인 대체 서식지 조성에서 GIS의 이용을 통한 효과적인 보전 전략의 가능성을 확인할 수 있었다.

이러한 보전 전략의 확립을 위해서는 보전 순위가 높은 식물 종들에 대해 본 연구에서 수행한 바와 같은 기본적인 분포와 서식정보 등의 생태적 자료를 획득하는 것이 시급하며, 수집된 정보와 GIS와의 결합을 통해 알려지지 않은 새로운 서식지의 탐색, 대체 서식지의 선정이 이루어진다면, 국가 생물 종 보전 전략에 토대가 될 것으로 기대된다.

참고문헌

- 김상욱, 2006, "TVI-거리함수를 이용한 서부 DMZ 및 민통지역의 생태적 보전폭원 조사", 한국지리정보학회지, 9(4): 95-104.
- 김상욱, 정종철, 2002, "식생지수를 이용한 DMZ의 생태적 영향권 조사", 한국지리정보학회지, 5(4): 24-34.
- 김영표, 2002, "2단계 국가GIS사업의 활성화 전략", 한국부동산학회지, 19(1): 135-151.
- 김무열, 2004. "한국의 특산식물", 솔과학, 서울, 408쪽.
- 김태진, 2003, "국가GIS정책 평가체계 개발방안에 관한 연구", 한국GIS학회지, 10(1): 15- 27.
- 박만규, 1974, "한국쌍자엽식물지(초본편)", 정음사, 서울, 593쪽.
- 서정욱, 김재수, 박원규, 2000, "GIS기법을 이

- 용한 지형적 특성에 따른 월악산 소나무 연류생장의 이질성 규명”, 생태학회지. 23(1): 25-32.
- 연명훈, 2003, “지리정보시스템을 이용한 지리산 식물군락 분포에 관한 연구”, 중앙대학교 생물학과 석사학위 논문, 68쪽.
- 오용자, 이창숙, 장재훈, 이금숙, 1997, “GIS기법을 이용한 한국산 사초과 식물의 분포도”, 식물분류학회지, 27(2): 233-275.
- 이수량, 2006, “한국산 줄바꽃(*Aconitum alboviolaceum* Kom.) 종집단의 분류학적 연구”, 서울대학교 생명과학부 석사학위 논문, 79쪽.
- 임록재, 1979, “조선식물지 2권”, 과학원출판사, 평양, 259-266.
- 정문섭, 김동한, 2003, “국가공간정보기반 구축전략”, 한국GIS학회지, 11(4): 341-358.
- 정필만, 2001, “제2차 국가지리정보체계 기본계획”, 대한토목학회지, 49(6): 101-105.
- 조명희, 김준범, 조운원, 백승렬, 2001, “아까시나무 밀원식물단지 적지 선정을 위한 위성영상과 GIS의 응용기법”, 한국지리정보학회지. 4(2): 27-37.
- 한국경관생태연구회, 2001, “경관생태학”, 동화기술, 서울, 420쪽.
- Guisan, A. and N. E. Zimmermann, 2000, Predictive habitat distribution models in ecology, *Ecological Modelling*, 135: 147-186.
- Boylan, C. W., L. W. Eichler, J. S. Bartkowski and S. M. Shaver, 2006, Use of Geographic Information Systems to monitor and predict non-native aquatic plant dispersal through north-eastern North America. *Hydrobiologia*, 570: 243-248.
- Cox, G. W., 1997, Conservation biology: concepts and applications. McGraw-Hill Science, Dubuque, 384pp.
- Draper, D., A. Rossello-Graell, C. Garcia, C. T. Gomes and C. Sergio, 2003, Application of GIS in plant conservation programmes in Portugal. *Biological Conservation*, 113: 337- 349.
- Horsssen P. W., P. P. Schot and A. Barendregt, 1999, A GIS-based plant prediction model for wetland ecosystems. *Landscape Ecology*, 14: 253-265.
- Jarvis, A., K. Williams, D. Williams, L. Guarino, P. J. Caballero and G. Mottram, 2005, Use of GIS for optimizing a collection mission for a rare wild papper (*Capsicum flexuosum* Sendth.) in Paraguay. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 52: 671-682.
- Krebs, C. J., 2001, Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. Benjamin-cummings, San francisco, 695pp.
- Luoto, M., 2000, Modelling of rare plant species richness by landscape variables in an agriculture area in Finland. *Plant Ecology* 149: 157-168.
- Mitsuda, Y., S. Ito and S. Sakamoto, 2007, Predicting the index of sugi plantations from GIS-derived environmental factors in Miyazaki Prefecture. *Japanese Forest Research* 12: 177- 186.
- Powell, M., A. Accad and A. Shapcott, 2005, Geographic information system(GIS) predictions of past, present habitat distribution and areas for re-introduction of the endangered subtropical rainforest shrub *Triumia robusta* (Proteaceaa) from south-east Queensland Australia. *Biological Conservation*, 123: 165-175.
- Primack, R. B., 2004, A primer of conservation biology. Sinauer Associates Inc, Sunderland, 320pp.
- Pullin, A. S., 2002, Conservation biology. Cam-

- bridge University Press, Cambridge, 345pp.
- Scheldeman, X., L. Willemen, G. C. Eeckenbrugge, E. Romeijn-Peeters, M. T. Restrepo, J. R. Motoche, D. Jimenez, M. Lobo, C. I. Medina, C. Reyes, D. Rodriguez, J. A. Ocampo, P. V. Damme and P. Goetgebeur, 2007, Distribution, diversity and environmental adaptation of highland papayas (*Vasconcellea* spp.) in tropical and subtropical America. *Biodiversity and Conservation*, 16: 1867-1884.
- Tamura, M., 1995, Ranunculaceae *In* Hiepko Die Natürlichen Pflanzenfamilien Band 17a IV. Dunker & Humblot, Berlin. Pp. 274-291.
- Vanderpoorten, A., A. Sotiaux and P. Engels, 2006, A GIS-based model of the distribution of the rare liverwort *Aneura maxima* at the landscape scale for an improved assessment of its conservation status. *Biodiversity and Conservation*, 15: 829-838.
- Van Dyke, F., 2003, Conservation biology: foundation, concepts, applications. McGraw-Hill Science, Boston, 413pp.
- Vargas, J. H., T. Consiglio, P. M. Jorgensen and T. B. Croat, 2004, Modelling distribution patterns in a species-rich plant genus, *Anthurium*(Araceae), in Ecuador. *Diversity and Distributions*, 10: 211-216.
- Wu, X. B. and F. E. Smeins, 2000, Multiple-scale habitat modeling approach for rare plant conservation. *Landscape and Urban planning*, 51: 11-28.