

화전 후 목밭의 식생 천이에 따른 종다양성 및 식생 구조의 발달

이 규 송

강릉대학교 자연과학대학 생물학과

Changes of Species Diversity and Development of Vegetation Structure during Abandoned Field Succession after Shifting Cultivation in Korea

Lee, Kyu Song

Department of Biology, Kangnung National University, Gangneung, 210-702, Korea

ABSTRACT: Changes of the species diversity and development of vegetation structure during abandoned field succession after shifting cultivation were investigated in Pyoungchang, Gangwon-Do, Korea. The height of top layer tended to increase rapidly during the earlier successional stages and stabilize in the later successional stage. The heights of top layer in the 10, 20, 50 and 80 year old-field were 4, 9, 18 and 18 m, respectively. In this region, thirty five year after abandonment need for the development to the normal forest formed by 4 stratum structure, tree, sub-tree, shrub and herb layer. Among the vegetation values, *Ivc* showed a tendency to increase logarithmically, and *Hcl* a tendency to increase linearly during abandoned field succession. Species diversity showed the peak in mid-successional stages (10~20 year old-field) and declined slightly thereafter. Species diversity was correlated closely with the species richness than the evenness. The most woody species established in the earlier stage (2~6 year old-field) and turned over their dominance step by step during succession. These results support the IFC model proposed by Egler (1954).

Key words: Abandoned field, IFC model, Old-field, Shifting cultivation, Species diversity, Succession, Vegetation structure

서 론

특정 지역의 생태계에서 시간 경과에 따라 군집의 구조와 기능이 점진적으로 변화해가는 과정으로 정의되는 생태 천이는 가장 오래된 생태학의 중심 주제로서 그 원인과 과정에 대하여 많은 연구가 진행되어 왔다(Clements 1916, Gleason 1917, 1926, Egler 1954, Odum 1969, Connell and Slatyer 1977, Grime 1979, Tilman 1985, Glenn-Lewin et al. 1992). 그럼에도 불구하고 아직도 체계적이고 보편적이며 일반화된 이론으로 종합되고 있지는 못하다(Pickett et al. 1987). 천이 이론의 일반화가 어려운 이유는 각각의 지역마다 서로 다른 생물상이 적응해왔고, 천이가 시작되는 교란의 유형이 다양하며, 입지 조건 및 기후 조건이 다양하기 때문이다. 즉, 각각의 지역마다 생물-기후-토양-인간의 상호작용이 달라서 천이의 진행 과정이 지역마다 특수성을 나타내기 때문이다. 특정 지역에서 일어나는 생태 천이 과정에 대한 과학적 이해는 자연과 인간 사이에 벌어지는 보전과 개발에 대한 갈등을 해소하는데 도움을 줄 수 있다(Odum 1969, Connell and Slatyer 1977).

전 국토의 65%를 차지하는 산림 생태계는 과거에 전쟁, 화전, 남벌, 연료원과 퇴비원으로서의 과도한 이용, 솔잎혹파리 등의 병충해 및 빈번한 산불 등으로 1960년대에는 거의 전 산림이 민둥산일 정도로 훼손이 되었으나, 1970년대에 시행된 적극적인 녹화 사업의 성공, 농촌 인구의 감소 및 연료원과 비료원의 전환 등으로 산림의 구조와 기능이 회복되고 있다(호 1975, 이 등 1979, 이 1995). 그러나 인구의 증가 및 산업화로 인한 개발로 인하여 산림의 면적이 지속적으로 감소하고 있는 것이 현실이다. 최근에도 솔잎혹파리와 소나무재선충과 같은 병충해 피해, 산불, 대기 오염 등으로 인해 많은 산림에서 훼손이 진행되고 있다. 산림의 훼손은 산림의 경제 자원 손실, 생물 종 다양성의 감소, 수자원의 저장 및 정화 기능 저하, 홍수, 산사태 및 토양 유실, 친환경적 경관 자원 상실로 인한 산림 휴양 기능의 저하 등을 유발한다(오 1997, 이와 박 2005). 따라서 훼손된 산림 생태계의 효율적인 복구, 복원 및 관리는 이미 전 국민적인 관심사가 되었다(홍 등 2005).

최근까지 훼손된 산림을 복원하는 데 녹화 조림의 방법을 적용하여 성공한 사례들이 많다(호 1979, 이 등 1979, Ashby 1987, 이와 김 1998, 강원도 2005). 그러나 최근에는 보다 친환경적이

* Corresponding author; Phone: +82-33-640-2311, e-mail: leeks84@kangnung.ac.kr

고 인간의 관리가 덜 필요한 생태 복원 기법에 대한 과학적 이해와 기술 개발 수요가 증가하고 있다(Horn 1976, Gross 1987, Ashby 1987, 동해안 산불 피해지 공동조사단 2000). 훼손된 산림 생태계를 진단하고, 친환경적으로 복원하며, 생태학적으로 지속 가능하게 관리하기 위해서는 산림 지역에서 교란이 발생한 후 일어나는 자연적인 천이 과정에 대한 과학적인 자료가 필요한데, 특히 산림 생태계의 기초를 이루는 식생 구조가 시간경과에 따라 어떤 속도로 그리고 어떠한 과정을 거쳐서 발달하는가에 대한 자료가 반드시 필요하다(이 등 2004).

목밭은 버려진 연도를 확실하게 알 수 있고, 주변과의 경계가 뚜렷하며, 전 세계에 분포하고 있기 때문에 지리적으로 다른 목밭의 연구 결과들을 비교할 수 있는 장점이 있기 때문에 다양한 천이 이론의 시험장으로 활용되어 왔다(Osboronova et al. 1990, 이 1995). 우리나라에서도 과거에 많은 화전이 이루어졌고, 최근에는 농촌 인구의 감소와 농업 경쟁력의 상실로 인하여 많은 경작지가 방치되고 있다(Lee and Kim 1995a, b). 과거의 화전 경작은 대부분 산림 지역에서 이루어졌기 때문에 화전 경작지에서 일어나는 식생 천이에 대한 연구는 우리나라 산림 발달 과정을 이해하는데 큰 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라 훼손된 산림지역의 복구, 복원 및 관리에 대한 기준을 설정하는데 직접적으로 응용될 수 있다(Kang 1982, 이 1995, 이 등 2004, 이 와 박 2005).

본 연구에서는 우리나라 냉온대 활엽 수림을 대표하는 산림 생태계에서 인간의 간섭으로부터 산림의 구조가 회복되는 과정을 파악하기 위하여 과거 화전으로 인하여 산림 훼손이 심하게 발생하였던 강원도 평창군 일대에서 화전 후 목밭의 식생 천이에 따른 식생 구조의 발달과 식물 종 다양성의 변화를 파악하고자 하였다.

조사지 개황

본 연구의 조사지는 강원도 평창군 진부면의 수항리, 화의리, 마평리 및 막동리 일대(37° 30' ~ 37° 35' N, 128° 30' ~ 128° 35' E)로서 조사된 모든 목밭은 남북으로 10 km 이내 동서로 5km 이내에 위치하고 있다. 본 조사지의 연평균 기온과 강수량은 각각 6.3°C와 1,894 mm로 냉온대 낙엽 활엽 수림대의 기후 특성을 나타내고 있다(Yim and Kim 1983). 이 지역의 모암은 고생대 트라이아스기에 형성된 퇴적암으로 역질사암, 조립사암, 사질 세일 및 세일로 구성되어 있다. 이 지역에서 과거 화전이 이루어진 지역의 토양은 토심이 얇고, 배수가 양호하며 유기물과 자갈을 다량 함유하고 있는 암쇄토이다(이 1995, Lee and Kim 1995a). 조사된 목밭의 입지 환경 요인, 낙엽층의 발달 및 토양의 이화학적 환경 요인에 대해서는 Lee와 Kim (1995a)에 상세하게 기술되어 있다. 본 조사 지역은 과거에 대규모 화전 경작이 이루어졌던 지역으로 1918년도에는 전체 면적의 약 1/3이 화전 경작지이었다(Lee and Kim 1995a). 본 조사 지역에서 1973년도까지 화전 정리 사업으로 국유림에 분포하는 모든

화전이 정리되었고(호 1975), 1990년대까지 민유림 지역의 화전도 모두 정리되었다(Lee and Kim 1995a). 최근에는 일정 고도 이하의 계곡부에만 경작지가 분포하고 있는데, 농촌 인구의 감소와 노령화 및 농업 경쟁력의 저하 등으로 인하여 다수의 목밭이 산재하고 있다.

본 조사 지역의 식생 경관은 조림지, 방치 목밭 및 여러 유형의 자연림이 모자이크상으로 혼재되어 있다. 과거에 화전이었던 곳에는 대부분 소나무, 일본잎갈나무 및 잣나무조림지가 넓게 분포하고 있고, 조림을 하지 않고 방치된 목밭에는 식생의 발달 단계에 따라 천이 초기 단계의 초지, 관목림, 소나무림 및 신갈나무림이 형성되어 있다. 과거에 화전 경작이 이루어지지 않은 산림지역은 계곡부에 활엽수 혼합림이, 저지대에 소나무림이나 소나무-신갈나무 혼합림이, 그리고 고지대의 사면 상부와 능선부에는 신갈나무림이 넓게 분포하고 있다(이 1995).

연구 방법

본 연구를 위하여 지형 조건이 유사하고, 인위적인 관리나 간섭이 적으며, 폐경연도가 확실한 일정 규모 이상의 14개 목밭을 선정하였는데, 각 목밭의 상세 정보는 이(1995) 및 Lee와 Kim (1995a, b)에 기술되어 있다. 각 목밭의 폐경연도는 주민들의 말을 청취하여 참조하고, 그 목밭에서 가장 빠르게 정착한 것으로 추정되는 목본 5그루를 선정하여 지표면으로부터 30 cm 위에서 생장추를 이용하여 나이테를 추출한 다음 측정된 나이테 수에 2년을 더하여 추정하였다(이 1995).

식생 조사는 1992년부터 1994년의 식물 생육기인 7~9월에 이루어졌다. 각각의 목밭에서 교목층, 아교목층, 관목층 및 초본층으로 구분하여 각 층별 평균 식생의 키와 식피율을 측정하여 천이 진행에 따른 층 구조의 발달을 구하였다. 각 목밭에서 측정된 층별 키와 식피율을 이용하여 이 등(2004)이 제시한 식생치 *Ivc*와 *Hcl*을 구하였는데, 각 식생치를 구하는 공식은 다음과 같다. 여기에서 *Vcl*은 *l*층의 식피율(%)을, 그리고 *HI*은 *l*층의 식생의 키(m)를 나타낸다.

$$\text{식생치 } (Ivc) = \frac{1}{n} (Vcl / 100)$$

$$\text{식생치 } (Hcl) = \frac{1}{n} (HI \times Vcl)$$

각각의 목밭에서 초본층을 조사하기 위하여 20개씩의 50 cm × 50 cm 방형구를 설치하였고, 목본을 조사하기 위하여 5개씩의 5 m × 5 m 방형구를 설치하였다. 50년차 목밭과 80년차 목밭에서는 목본층의 수고를 고려하여 10 m × 10 m 혹은 20 m × 20 m 방형구를 추가로 2~3개씩 설치하였다. 초본을 조사하기 위한 방형구에서는 출현하는 식물의 종류별 피도와 건중량을 조사하였고, 목본을 조사하기 위한 방형구에서는 출현종별 매목 조사를 실시하였다. 초본층의 경우 상대 빈도, 상대 피도 및 상대 식물량을 합산하여 중요치를 구하였고, 목본의 경우 상대 기저 면적과 상대 밀도를 합산하여 중요치를 구하였다. 종풍부도

는 조사된 목밭에서 출현한 모든 종을 일년생, 이년생, 다년생 초본 및 목본으로 구분하여 구하였는데, 방형구 밖에서 출현한 식물까지 포함하여 구하였다. 목본종과 초본종의 종밀도는 각각 5 m × 5 m 및 50 cm × 50 cm 방형구내에 출현하는 식물로 구하였다. 초본종과 목본종의 종다양성지수(H')는 각 층에서 구한 중요치를 이용하여 Shannon-Wiener의 식으로 구하였다.

목밭의 경과 년 수에 따른 주요 종의 변화를 파악하기 위하여 적어도 한 목밭에서 중요치 10이상을 나타내는 종을 선택하였다. 각 종별 우점도는 중요치를 기준으로 7등급(7 : 중요치 60 이상인 종, 6 : 중요치 50~60인 종, 5 : 중요치 40~50인 종, 4 : 중요치 30~40인 종, 3 : 중요치 20~30인 종, 2 : 중요치 10~20인 종, 1 : 중요치 10미만인 종)으로 구분하여 경과 년 수에 따른 우점도의 변화를 나타내었다.

결과 및 고찰

식생 구조의 발달

목밭을 방치한 후 경과 년 수에 따른 최상층부를 구성하는 식생의 키의 변화는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 10년차 목밭에

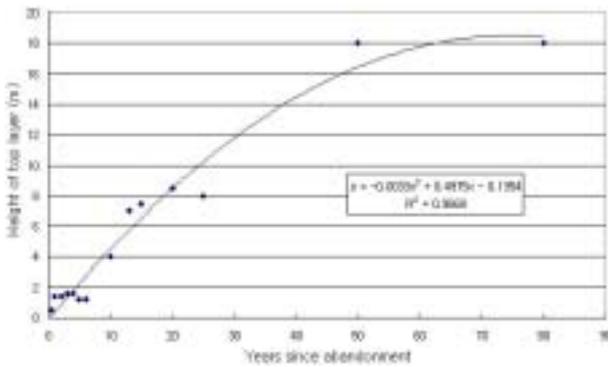


Fig. 1. Changes of height of top layer during abandoned field succession.

서 4 m와 20년차 목밭에서 8 m를 나타내어 천이 초기 단계에서 매우 빠르게 증가하였고, 50년차 이상에서 18 m로 안정화되었다. 이러한 식생 수고의 성장 속도는 초기 10년차까지는 산불 피해 지역에서 산불 후 경과 년 수에 따른 수고의 성장 속도보다 다소 느렸지만 20년차 목밭에서 8 m 내외로 발달하여 산불 피해 지역의 수고 성장 속도와 비슷하였다(이 등 2004). 10년차 이내의 초기 단계 목밭에서 산불 피해 지역보다 수고의 성장 속도가 느린 이유는 산불 피해 지역의 경우 산불 후 주로 맹아의 재생에 의해 식생 회복이 이루어지는 반면에 목밭의 경우 목밭으로 목본이 새로이 침투하여 정착한 이후에 생장이 이루어지기 때문이다(이 1995). 또한 목본의 정착에 시간이 걸림에도 불구하고 10년차 이후에 수고의 성장속도가 빠른 이유는 목밭이 대부분 계곡부나 사면 하부에 분포하여 토양조건이 비옥하기 때문이다(Lee and Kim 1995b).

방치 후 경과 년 수에 따른 교목층, 아교목층, 관목층 및 초본층의 키와 식피율의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 방치 후 경과 년 수에 따라 임상으로 들어오는 빛의 감소에 따라 초본층의 키와 식피율은 지속적으로 감소하는 경향을 나타내었다(Lee and Kim 1995a). 관목층의 키는 10년차 이후부터 1.5~2 m를 유지하였고, 식피율은 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 아교목층과 교목층의 수고와 식피율은 아교목층과 교목층의 분화가 진행되는 15~30년차에 임지조건에 따라 큰 변이를 나타내었고, 이 후에 안정적으로 발달하였다. 15년차까지 아교목층의 수고와 피도가 증가하다가 20~25년차 목밭에서 감소하는 이유는 20년차 이후부터 아교목층과 교목층의 분리가 활발하게 진행되기 때문이다. 방치 목밭에서 층 구조의 발달은 5년차까지는 초본층이 우세한 1층 구조를 이루고, 5~10년차에서 관목층이 분화하여 2층 구조를, 10~20년차에서 아교목층이 분화하여 3층 구조를, 그리고 20~30년차에 교목층이 분화하기 시작하여 30~40년차에 이르면 4층 구조가 완료된다.

이 등(2004)은 산불 피해 지역의 식생 구조의 발달에 대한 연구에서 4층 구조의 완료 시점을 교목층의 수고와 식피율이 각각 8 m와 80% 이상으로 발달하고 아교목층, 관목층 및 초본층의

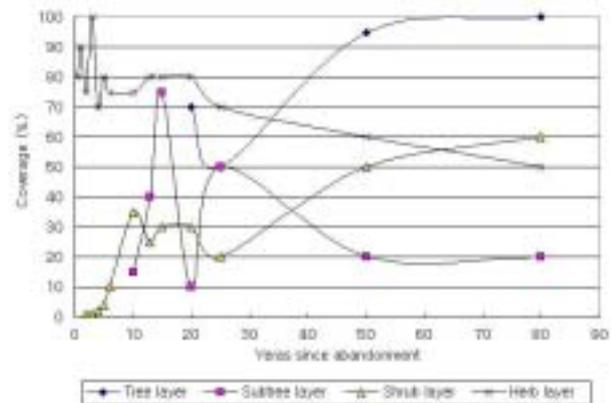
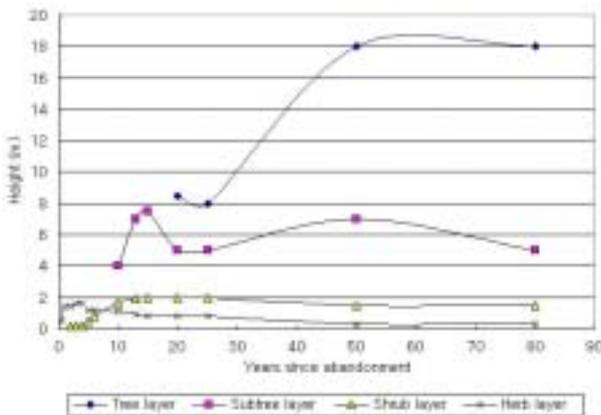


Fig. 2. Development of vegetation profile during abandoned field succession.

4층이 모두 발달하는 시기로 정의하였다. 이 등(2004)은 산불 피해 지역에서 4층 구조를 갖춘 완전한 형태의 숲으로 발달하는 데까지는 방치한 후 약 20년이 걸린다고 하였다. 본 조사지에서는 방치 후 약 20년 이상이 경과하면 교목층의 수고가 8 m에 이르지만, 교목층의 식피율이 80% 이상이 되는 시기는 35년차 이상이었다(Fig. 2). 즉, 목밭에서는 방치 후 약 35년이 지나야 완전한 층 구조가 발달한 산림으로 발달한다고 할 수 있다. 목밭은 일반적으로 계곡부의 사면 하부에 주로 분포하고 토심이 깊어 식생 생육 조건이 산불 피해 지역보다 좋다고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 산불 피해 지역보다 산림으로 회복되는 시간이 많이 걸리는 이유는 산불 피해 지역의 식생 천이가 산화 후 생존한 초본과 목본의 맹아 재생으로부터 이루어지는데 반하여 목밭의 식생 천이가 주로 초본의 매토 종자로 시작하여 목본이 주변 지역으로부터 침투하여 정착하고 성장하여야 하기 때문이다(Bazzaz 1968, Harrison and Werner 1982, Inouye et al. 1987, 이 1995). 과거 대부분의 화전 경작지는 산사태, 토사 유출 및 홍수의 위험 등 2차 재해의 위험 때문에 화전민을 소개하고 소나무와 일본잎갈나무와 같은 속성수를 식재하여 녹화조림을 시행하였다(이 1995). 이와 김(1998)은 조림이 초기 목밭 식생 천이에 미치는 영향에서 화전 경작지에 대한 조림사업이 식생구조의 발달 측면에서 방치지에 비해 매우 빠르게 산림을 회복시킨다고 보고하였다. 이와 김(1998)에 따르면 본 연구 조사지와 같은 지역에서 일본잎갈나무와 소나무를 조림할 경우 조림 후 약 10년이 경과하면 교목층의 수고가 9~15 m에 이르고 교목층의 피도가 80% 이상을 나타내지만 조림수의 밀도나 관리 정도에 따라 아교목층, 관목층 및 초본층의 발달이 저해될 수 있다. 교목층의 발달에 초점을 맞추면 조림은 목밭의 식생천이에서 식생구조의 발달을 상당히 빠르게 촉진한다고 할 수 있다. 이와 같이 조림이 목밭의 식생천이에서 식생 구조의 발달을 빠르게 촉진할 수 있는 이유는 대부분 조림시 정착이 용이한 중대경목을 식재하고 목밭의 입지환경과 토양 조건이 식물 생육에 유리하기 때문이다.

종 다양성의 변화

목밭의 방치 후 경과 년 수에 따라 출현한 총 종수(종풍부도)의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 2년차 미만의 목밭에서 출현한 총 종수는 30종 이하를 나타내었고, 3~6년차에서 40~60종으로 빠르게 증가하였으며, 목본의 성장으로 인하여 층상 구조가 복잡해지는 10~20년차에서 80종 이상으로 증가한 다음 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 목본 출현 종수는 방치 후 10년까지 빠르게 증가한 다음 25~30종 수준을 유지하였고, 다년생 초본은 25년차까지 50종으로 빠르게 증가한 다음 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 일년생 식물은 10년차까지 13~23종으로 분포하고 있었으나 10~25년차에서 빠르게 감소하였다. 2년생 식물의 종수는 5~10년차까지 7~8종으로 증가하였다가 10~25년차에서 빠르게 감소하였다.

Fig. 4는 목밭의 방치 후 경과 년 수에 따라 단위 면적당 목본 종과 초본 종수의 변화를 나타낸 것이다. 25 m² 방형구내에서

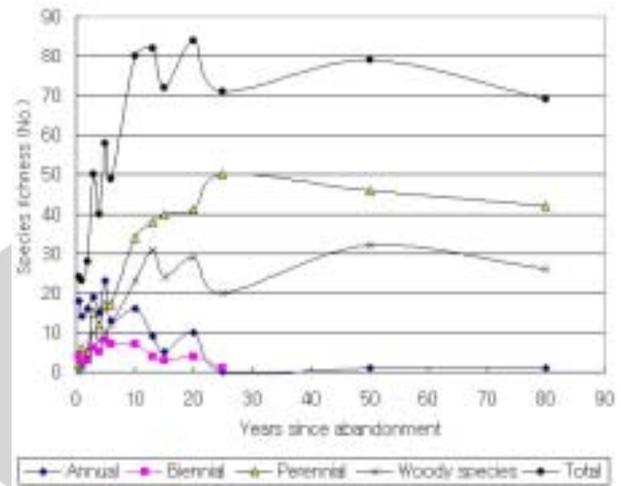


Fig. 3. Changes of species richness during abandoned field succession.

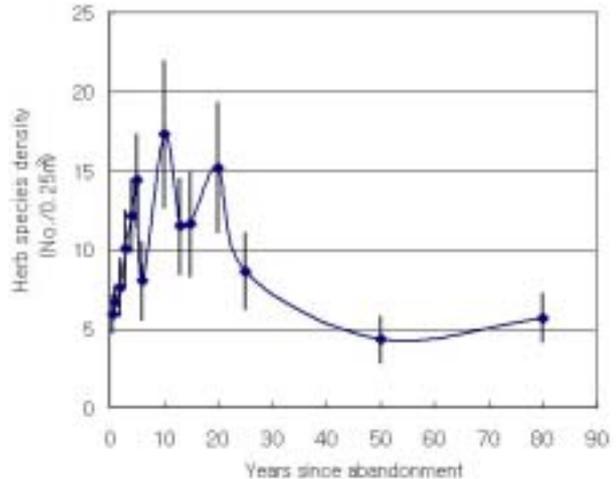
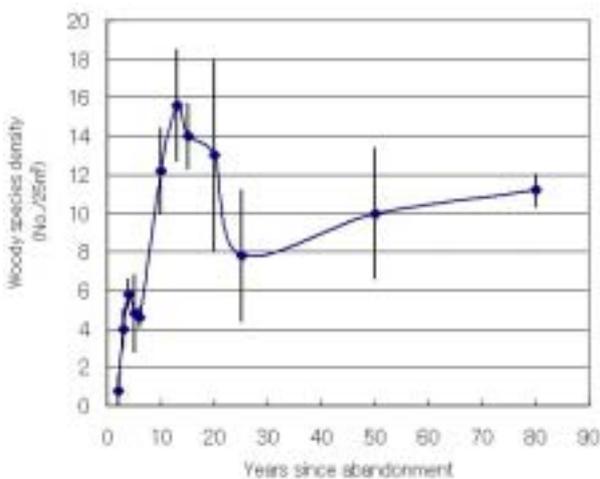


Fig. 4. Changes of species density of woody (left) and herb species during abandoned field succession.

출현한 목본 종수는 10~20년차 목발에서 12~16종/25 m²로 최대값을 나타낸 다음 50~80년차에서 10~11종/25 m²로 감소하였다. 0.25 m² 방형구내에서 출현한 초본 종수는 10~20년차 목발에서 최대값을 나타낸 다음 50~80년차 목발에서 5종 내외로 감소하였다. Fig. 5는 목본의 매목조사와 초본층의 식생조사를 통하여 구한 중요치를 가지고 목발의 방치 후 경과 년 수에 따른 Shannon-Wiener 종다양성 지수의 변화를 나타낸 것이다. 목본 층의 종다양성 지수는 20년차까지 증가한 다음 50년차에서 다소 감소하고 이후 다시 증가하는 경향을 나타내었고, 초본층의 종다양성 지수는 13년차까지 증가한 다음 다소 감소하는 경향을 나타내었다.

결론적으로 목발의 식생 천이에서 종다양성은 목본의 생장으로 인하여 층 구조가 복잡해지고 빛 조건(상대광도)이 급격하게 감소하는 시기인 10~20년차의 천이중기에서 가장 크고 이후 다소 감소하는 경향을 나타낸다고 할 수 있고, 중간 경쟁이 가장 치열한 시기도 10~20년차의 시기라고 할 수 있다 (Margalef 1968, Odum 1969, Shafi and Yarranton 1973, 이 1995, Lee and Kim 1995a). 종 다양성은 종 풍부도와 균등도의 두 요소

에 의하여 영향을 받는데, 안정된 환경에서는 종풍부도에 의존하고 불안정한 환경에서는 균등도에 의존하는 경향이 있다 (Tramer 1975). 일반적으로 천이 초기 단계의 군집들은 나지에 가깝기 때문에 환경이 불안정하다고 할 수 있으므로 종다양성이 균등도에 의존한다고 추론할 수 있다(Tramer 1975, Bazzaze 1979, Kang 1982, 옥 1984). 그러나 Monk(1967) 및 Shafi와 Yarranton(1973)은 종다양성이 균등도보다 종풍부도에 의존한다고 보고하였다. 본 조사지에서 측정된 초본층의 종다양성과 종풍부도($r=0.89, p<0.001, n=14$) 및 종다양성과 균등도 ($r=0.86, p<0.001, n=14$)간에는 매우 높은 정의 상관을 나타내었고, 목본층의 종다양성과 종풍부도($r=0.83, p<0.001, n=12$) 및 종다양성과 균등도($r=0.72, p<0.01, n=12$)간에도 높은 정의 상관을 나타내었다. 따라서 본 조사지의 목발에서 식생천이에 따른 종다양성의 변화는 종풍부도와 균등도 모두에 영향을 받지만 종풍부도의 영향이 다소 강하다고 해석할 수 있다(이 1995).

식생치의 변화

Fig. 6은 목발의 방치 후 경과 년 수에 따른 이 등(2004)이 개발한 식생치 *Ivc*와 *Hcl*의 발달을 나타낸 것이다. 방치 후 경과 년 수에 따라 *Ivc*는 20년차까지 빠르게 증가하여 20년차 이후부터 완만하게 증가하는 경향을 나타내었고, *Hcl*은 방치 초기부터 직선적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 식생치의 발달 경향은 산불 피해 지역의 식생 천이 과정과 비슷하였다 (이 등 2004). *Ivc*의 발달 속도는 산불 피해 지역과 비슷하였지만 *Hcl*은 산불 피해 지역에 비하여 5~10년 정도 느리게 증가하였다. 그 이유는 맹아로 재생하여 발달하는 산불 피해 지역에 비해 목발의 경우 목본의 침입과 정착에 시간 지체로 인한 수고 생장이 느리기 때문이다.

천이 진행에 따른 주요 초본종의 우점도 변화

방치된 목발의 식생 천이 과정에서 출현한 초본의 총 종수는 186종류이었다. 이 중에서 각 목발에서 최소한 중요치 10이상의 값을 나타내는 초본을 선별하여 방치 후 경과 년 수에 따른 이들의 우점도 변화를 Table 1에 나타내었다. Lee와 Kim (1995b)

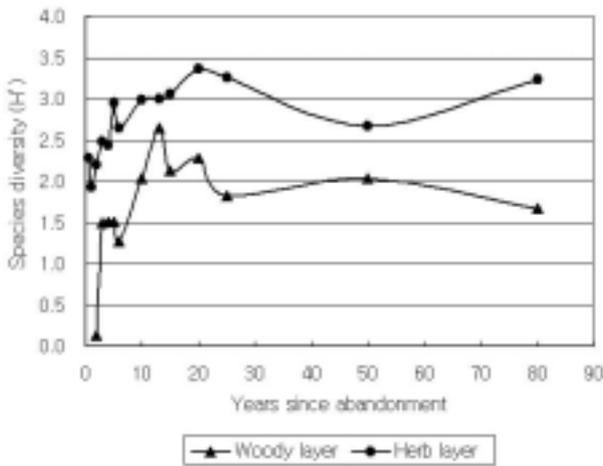


Fig. 5. Changes of species diversity during abandoned field succession.

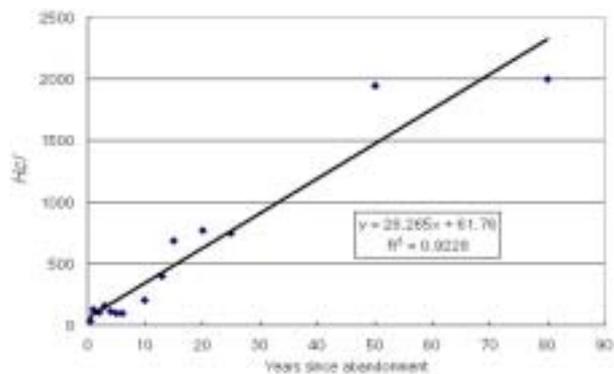
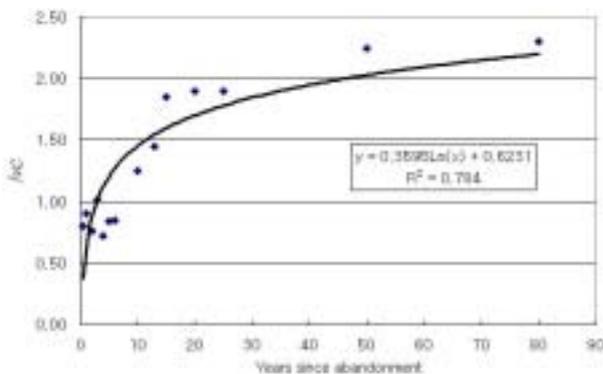


Fig. 6. Changes of vegetation values (*Ivc* and *Hcl*) during abandoned field succession.

은 목발의 천이 단계에 따른 종 조성의 변화에 근거하여 목발의 천이 과정을 일년생단계(0~1년차 목발), 개망초-쑥단계(1~6년차 목발), 관목단계(6~15년차 목발), 초기 교목단계(15~25년차 목발), 중기 교목단계(25~50년차 목발) 및 후기 교목단계(50~80년차 목발)의 6단계로 구분하였다. 바랭이, 큰개여뀌, 산여뀌, 개여뀌, 뚝새풀, 별꽃, 닭의장풀, 강아지풀 등의 일년생 식물들은 일년생 단계에서, 개망초, 실망초, 쑥, 뽕쑥 등은 개망초-쑥단계에서, 참억새, 마타리, 산딸기, 처녀고사리, 더위지기 등은 관목단계에서, 큰기름새, 참억새, 새, 마타리, 개미취, 큰까치수영 등은 초기 교목단계에서, 선밀나무, 대사초, 관중 등은 중기 교목단계에서 그리고 우산나물, 단풍취, 애기나리, 등취 등은 후기 교목단계에서 높은 우점도를 나타내고 있었다(Table 1).

Falinska (1991)는 각각의 종들이 천이의 어느 시기에 출현하는가, 얼마나 오래 지속되는가, 그들의 우점도가 시간에 따라 증가하는가 혹은 감소하는가에 따라 지속형(G1, permanent type), 감소형(G2, regressive type), 증가형(G3, progressive type), 간헐적 출현형(G4, re-occurring type), 전이형(G5, transitional type) 및 일시 출현형(G6, ephemeral type)의 6종류로 구분하였다. 목발의 식생 천이과정에서 출현한 주요 식물들을 Falinska (1991)의 기준으로 구분하면, 산딸기, 참취, 큰까치수영, 미나리냉이 등은 지속형으로, 개여뀌, 산여뀌, 닭의장풀, 개망초, 쑥, 달맞이꽃 등은 감소형으로, 우산나물, 단풍취, 애기나리, 등취 등은 증가형으로, 별꽃, 개기장, 강아지풀, 뽕쑥 더위지기, 뚝갈 등은 간헐적 출현형으로, 참억새, 새, 마타리, 개미취 등은 전이형으로 그리고 큰개여뀌, 돌피, 바랭이, 뚝새풀, 야산고비, 관중 등은 일시 출현형으로 구분할 수 있다(Table 1). 일시 출현형으로 구분된 식물중에서 관중은 성숙한 산림의 계곡부에서 지속적으로 우점을 하고 있는 종으로서 이 종이 일시 출현종으로 구분된 것은 50년차 목발이 다소 습한 사면 하부로서 관중의 생육적지가 조사되었기 때문이다. 천이 진행에 따라 출현하는 종들의 우점과 전환 양식은 각 종의 생육형, 생식 유형 및 수명과 관련이 있는데, 각 종들이 천이과정에서 어떠한 지속성과 우점도를 유지하는가에 대한 정확한 정보를 얻으려면 한 장소에서 시간에 따른 장기 모니터링을 통해서 확인하여야 한다(Drury and Nisbet 1973, Connell and Slatyer 1977, Falinska 1991). 본 연구는 한 장소에서 장기간의 모니터링을 통하여 수집된 자료가 아니고 연차가 다른 여러 목발을 비교하여 얻은 결과로서 목발의 입지요인에 따라 정착할 수 있는 종들의 차이가 나타난다는 점을 고려하면 각 종별 특성을 정확하게 구분하는 데에는 한계가 있다고 할 수 있다.

천이 진행에 따른 주요 목본종의 우점도 변화

방치된 목발의 식생 천이 과정에서 출현한 목본의 총 종수는 65종류이었다. 이 중에서 각 목발에서 최소한 중요치 10이상의 값을 나타내는 목본을 선별하여 방치 후 경과 년 수에 따른 이들의 우점도 변화를 Table 2에 나타내었다. Fig. 7은 목발의 천이 진행 과정에서 우점도가 가장 큰 신갈나무, 소나무 및 버드나무

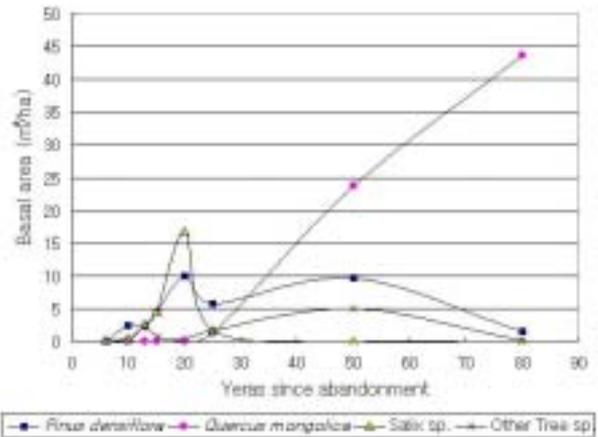


Fig. 7. Changes of basal area of woody species during abandoned field succession.

무류의 기저 단면적의 방치 후 경과 년 수에 따른 변화를 나타낸 것이다. 일년생 단계에서 침투가 이루어진 목본은 쉬땅나무와 산딸기이었다. 대부분의 목본은 개망초-쑥단계에서 침투가 이루어졌는데, 이 단계에서 우점도가 높은 목본은 산딸기, 쉬땅나무, 신나무, 조팝나무, 키버들 등이었다. 관목단계에서는 가장 다양한 목본들이 침투하는데(Fig. 5), 상대적으로 우점도가 높은 목본은 호랑버들, 소나무, 꼬리조팝나무, 붉나무 등이었다. 초기 교목단계에서 우점하는 식물은 호랑버들, 소나무, 참싸리, 물푸레나무 등이었고, 중기 교목단계에서 우점하는 식물은 신갈나무, 소나무, 미역줄나무, 국수나무 등이었고, 후기 교목단계에서 우점하는 식물은 신갈나무, 조록싸리, 노린재나무 등이었다 (Table 2). 목발의 식생 천이과정에서 출현한 주요 목본들을 Falinska (1991)의 기준으로 구분하면, 감소형은 쉬땅나무, 신나무, 조팝나무 등이었고, 증가형은 신갈나무, 노린재나무, 조록싸리 등이었다. 전이형은 키버들, 호랑버들, 참싸리, 붉나무 등이었고, 지속형은 소나무, 물푸레나무, 다릅나무, 미역줄나무 등이었으며, 간헐적 출현형은 쉬땅나무, 꼬리조팝나무, 깻버들, 물박달나무 등이었다(Table 2).

대부분의 목본은 천이 초기단계인 개망초-쑥 단계인 2~6년 차에 정착이 이루어져 목본의 정착이 매우 이른 시기에 이루어지고 이후 시간 경과에 따라 그들의 우점도가 변화하는 것으로 보아 Egler (1954)의 초기 종조성 모델을 따르는 것으로 확인되었다. 대표적인 교목성 수종인 소나무는 2년차 목발에서, 버드나무류는 3년차 목발에서, 그리고 신갈나무와 물푸레나무는 6년차 목발에서 초기정착이 이루어졌다. 이(1981)는 극상수종으로 알려진 신갈나무가 3년차 목발에서 침투하고 있음을 관찰한 바 있다. 일반적으로 목본의 정착과 우점 시기는 목발의 입지요인, 형태와 크기 및 주변 식생의 구성에 따라 달라진다(Lee and Kim 1995b). 목발의 규모가 큰 미국에서는 참나무류의 초기 정착이 15년차 목발에서 이루어지고 교목성 수종이 우점하는 시기는 방치 후 약 40년이 경과한 목발이라는 보고가 있다

Table 2. Seral changes of the dominance class of the selected woody species (IV > 10 in each old-field) during abandoned field succession (7 : importance value (IV) > 60, 6 : IV 50~60, 5 : IV 40~50, 4 : IV 30~40, 3 : IV 20~30, 2 : IV 10~20, 1 : IV < 10)

Woody species	Years since abandonment														
	0.5	1	2	3	4	5	6	10	13	15	20	25	50	80	
<i>Sorbaria sorbifolia</i> var. <i>steliola</i>	1	1		7	6	5		1		1					
<i>Acer ginnala</i>					7	1	2	3		1	1				
<i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i>			1	3	1	6	1	1	1	1	1				
<i>Spiraea salicifolia</i>			1					3							
<i>Rhus chinensis</i>							1	3	1		1	1			
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>						1		1	3	1	1	7	1		
<i>Trypterigium regelii</i>							1		1	1	1	1	4	1	
<i>Stephanandra incisa</i>													2	1	
<i>Symplocos chinensis</i> var. <i>pilosa</i>												1	2	2	
<i>Lespedeza maximowiczii</i>												1	1	3	
<i>Salix purpurea</i> var. <i>japonica</i>				5	3	1			1	1	3				
<i>Salix hulteni</i>				1		1	4	1	4	6	4				
<i>Salix gracilis</i>				1	1			2		1	2				
<i>Betula davurica</i>							2		1	1	1		1		
<i>Maackia amurensis</i>									2	1	1	1	1	1	
<i>Pinus densiflora</i>			1	1	3	1	1	7	4	5	4	4	3	1	
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>								1	1	2	1	2	2	1	
<i>Quercus mongolica</i>								1		1	1	2	7	7	

(Bazzazz 1968, Harrison and Werner 1982, Inouye et al. 1987). 이에 비해 본 조사지 목밭에서는 교목성 수종의 침투가 매우 빠르고 또한 교목성 수종이 수관층을 덮는 시기가 20~30년차 목밭으로 천이의 진행 속도가 매우 빠르다고 할 수 있다(Table 2, Fig. 2). Horn (1976)은 천이 후기종의 침투속도가 천이속도를 결정짓는다고 하였는데, 본 조사지의 천이 속도가 미국의 목밭보다 빠른 이유는 목밭의 규모가 작고, 대부분의 목밭이 계곡 부나 사면하부에 위치하며, 주변 식생이 잘 발달하여 목본의 침투에 유리하고, 또한 조사 지역의 강수량이 풍부하고 토양이 비옥하여 목본의 생장에 유리하기 때문이다(이 1995).

적 요

강원도 평창군 일대에서 화전 후 목밭의 식생 천이에 따른 식생 구조의 발달 과정과 종다양성의 변화를 조사하였다. 방치 후 경과 년 수에 따라 최상층부의 키는 초기에 빠르게 증가하고 후기에 안정화하는 경향을 나타내었다. 10, 20, 50 및 80년차 목밭에서 최상층부 식생의 키는 각각 4, 8, 18 및 18 m이었다.

교목층, 아교목층, 관목층 및 초본층의 4층 구조를 갖춘 완전한 형태의 숲으로 발달하기까지는 방치 후 약 35년이 경과해야 하는 것으로 추정되었다. 방치 후 경과 년 수에 따라 식생치 *Ivc*는 로그 함수적으로 그리고 식생치 *Hcl*은 직선적으로 증가하는 경향이 있었다. 목밭의 식생천이에서 종다양성은 천이 중기인 10~20년차에서 최고로 증가한 다음 이후 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 본 조사지에서 종다양성은 균등도보다 종풍부도와 매우 밀접한 상관을 나타내었다. 대부분의 목본은 개망초-쑥 단계인 2~6년차에 정착이 이루어져 시간 경과에 따라 이들의 우점도가 변화함으로써 Egler (1954)의 초기 종조성 모델을 따르는 것으로 확인되었다.

인용문헌

강원도. 2005. 2000년 동해안 산불피해지 산림복구. p 289.
 동해안 산불피해지 공동조사단. 2000. 동해안 산불 피해지역 정밀 조사보고서 I, II.
 오정수. 1997. 산림생태계의 환경형성 기능 평가. 서울여자대학교

- 생태연구소 설립기념 심포지움 “환경문제의 생태학적 접근” 자료집. pp 82-90.
- 옥영호. 1984. 목발의 천이 초기에 있어서 토양의 성질, 종다양성 및 r-K 선택의 변화. 서울대 석사학위논문, p 43.
- 이규송, 김준호. 1998. 조림이 초기 목발 식생천이에 미치는 영향. 강릉대학교 환경과학연구소논문 1(1): 31-39.
- 이규송, 박상덕. 2005. 산불지역 숲의 발달과 토양유실의 변화. 방재정보 7(4): 18-33.
- 이규송, 정연숙, 김석철, 신승숙, 노찬호, 박상덕. 2004. 동해안 산불 피해지에서 산불 후 경과 년 수에 따른 식생 구조의 발달. 한국생태학회지 27(2): 99-106.
- 이규송. 1995. 진부 (강원도 평창군) 일대 화전 후 목발의 식생 천이 기구. 서울대학교 이학박사학위논문. p 236.
- 이우철, 김종진, 전상근, 1979. 강원도의 화전적지에 있어서 제 2차 천이의 초기군락발달에 관한 연구. 자연보전연구보고서 1: 145-166.
- 이희선. 1981. 화전후 휴경지의 식생천이에 관한 연구. 청주사대는 문집 10: 177-185.
- 호을영. 1975. 강원도 화전정리 사업에 수반되는 문제점 분석에 관한 연구. 한국임학회지 28: 50-66.
- 홍선기, 강호정, 김은식, 김재근, 이은주, 이재천, 이점숙, 임병선, 정연숙, 정홍락. 2005. 생태복원공학 - 서식지와 생태공간의 보전과 관리. 라이프사이언스. 서울. p 310.
- Ashby WC. 1987. Forests. In: Restoration ecology (Jordan III, WR, Gilpin ME, Aber JD, eds). Cambridge University Press, New York. pp 89-108.
- Bazzaz, FA. 1968. Succession on abandoned fields in the Shinee hills southern Illinois. Ecology 49: 924-936.
- Clements FE. 1916. Plant succession: An analysis of the development of vegetation. Carnegie Inst. Pub. 242. Washington. D.C. p 512.
- Connell JH and Slatyer RO. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. Am Nat 111: 1119-1124.
- Drury WH, Nisbet ICT. 1973. Succession. J. Arnold Arboretum Cambridge 54: 331-368.
- Egler FE. 1954. Vegetation science concepts. I. Initial floristic composition a factor in old-field vegetation development. Vegetatio 4: 412-417.
- Falinka K. 1991. Plant demography in vegetation succession. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. p 210.
- Gleason HA. 1917. The structure and development of the plant association. Bull Torrey Bot Club 44: 463-481.
- Gleason HA. 1926. The individualistic concept of the plant association. Bull Torrey Bot Club 53: 7-26.
- Glenn-Lewin DC, Peet RK, Veblen TT. 1992. Plant succession; Theory and prediction. Chapman and Hall, London, p 352.
- Grime GP. 1979. Plant strategies and vegetation process. John Wiley & Sons, New York. p 222.
- Gross KL. 1987. Mechanism of colonization and species persistence in plant communities. In: Restoration ecology (Jordan III WR, Gilpin ME, Aber JD, eds). Cambridge University Press, New York. pp 173-188.
- Harrison JS, Werner PA. 1982. Colonization by oak seedlings into a heterogeneous successional habitat. Can J Bot 62: 559-563.
- Horn HS. 1976. Succession. In: Theoretical ecology : Principles and applications (May RM, ed). Saunders, Philadelphia. pp 187-204.
- Inouye RS, Huntly NJ, Tilman D, Tester JR, Stillwell M, Zinnel KC. 1987. Old-field succession on a Minnesota sand plain. Ecology 68: 12-26.
- Kang SJ. 1982. Ecological studies on the burned fields in Korea. Tohoku Univ. Ph. D. Thesis. p 103.
- Lee KS, Kim JH. 1995a. Seral changes in environmental factors and recovery of soil fertility during abandoned field succession after shifting cultivation. Korean J Ecol 18 (2): 243-253.
- Lee KS, Kim JH. 1995b. Seral changes in floristic composition during abandoned field succession after shifting cultivation. Korean J Ecol 18 (2): 275-283.
- Margalef R. 1968. Perspectives in ecological theory. University of Chicago Press, Chicago. p 112.
- Monk C. 1967. Tree species diversity in the eastern deciduous forest with particular reference to north-central Florida. Am Nat 101: 173-187.
- Odum EP. 1969. The strategy of ecosystem development. Science 164: 262-270.
- Osboronova J, Kovarova M, Leps J, Prach K. 1990. Succession in abandoned field - Studies in central Bohemia, Czechoslovakia -. Geobotany 15. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. p 168.
- Pickett, STA, Collins SL, Armesto JJ. 1987. Models, mechanism and pathways of succession. Bot Rev 53: 335-371.
- Shafi M, Yarranton GA. 1973. Diversity, floristic richness, and species richness during secondary (post-fire) succession. Ecology 54: 897-902.
- Tilman D. 1985. The resource-ratio hypothesis of plant succession. Am Nat 125: 827-852.
- Tramer EJ. 1975. The regulation of plant species diversity on early successional old-field. Ecology 56: 905-914.
- Yim YJ, Kim SD. 1983. Climate-diagram map of Korea. Korean J Ecology 6: 261-272.

(2006년 3월 19일 접수; 2006년 6월 12일 채택)