

生物種 多樣性 및 森林遺傳資源 保存 戰略^{1*}
朴 龍 求²

Strategy for Bio-Diversity and Genetic Conservation of
Forest Resources in Korea^{1*}
Young Goo Park²

要 約

삼림의 급격한 황폐화의 원인은 지구 환경의 악화와 무분별한 목재 자원의 남벌에 있다. 이러한 대규모의 삼림자원의 파괴에 의해 사라져가는 삼림 면적의 크기도 중요하지만 그에 못지 않게 그 안에 들어있는 식물종이 감소되어 가고 멸종되어 가는 것이 더욱 큰 문제가 된다. 이러한 종의 감소나 멸종이 가시적인 것이라고 한다면 종내의 유전변이의 감소는 눈에 보이지는 않지만 진화과정에 있어서 종을 유지하는데 필수적인 유전자 변이 폭이 좁아지기 때문에 매우 심각한 문제가 된다. 재배작물에 있어서 유전자 보존은 육종을 위한 측면에서 중요한 연구분야로 인식되어 왔다. 그러나 야생종인 삼림의 경우에는 현재 인간이 육종에 필요한 최소한의 개체만 유지 보존함으로써 유전변이가 심하게 축소되어 지속적으로 생존 진화할 수 있는 기본적 유전자 변이를 잃어버리게 될 위험에 처할 수 있기 때문에 삼림의 유전자보존이 절대적으로 필요한 것이다.

현재의 삼림 유전자 보존 정책은 현지보존, 현지의 보존, 시설내 보존으로 나누어 수행하고 있는데 아직도 그 방법이 확정되어 있지 않아서 많은 시행착오를 거듭하고 있다. 특히 광범위하게 분포되어 있는 같은 종의 삼림내 임목들간의 유전자변이를 조사 분석할 적당한 방법이 없으며(동위효소변이에 많은 것을 의존하고 있으나 동위효소변이만으로 충분하지 못하다), 현지보존의 경우에도 얼마나 큰 집단을 또 어떤 형태로 보존해야 하는가에 대한 집단유전학적 이론 정립이 완전하지 못하다. 또한 현지의 보존의 경우 현지보존림의 유전변이를 빠짐없이 포함되도록 조성해야 할 구체적인 방법을 알지 못하고 있는 실정에 있다. 시설내 보존의 경우 종자 보관이나 화분 보관과 같은 기술적인 것은 재배작물의 방법을 적용하면 되지만 어떤 집단의 종자나 화분을 채집 보관해야 하는지에 대한 집단유전학적 근거가 아직 확실히 마련되고 있지 않다. 시설내 보존인 경우 기왕에 육종에 의해 선발된 개체를 유전자형(개체) 상태로 보존함으로써 부가가치를 높일 수 있을 것이며, 이러한 연구는 새롭게 개발되고 있는 조직배양 및 유전공학적인 기법을 이용하므로써 발전할 수 있는 여지가 많은 연구 분야이다.

¹ 接受 1994年 1月 4日 Received on Jan. 4, 1994.

² 경북대학교 임학과 Department of Forestry, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea.

* 본 논문은 1992년 8월 24일부터 8월 28일까지 France Bordeaux에서 『Population Genetics and Gene Conservation of Forest Trees』의 테마로 열린 International Symposium에서 『Management of Genetic Resources of Forest Trees in Korea』라는 제목으로 초청되어 발표된 논문과 1993년 6월 16일부터 6월 19일까지 ASIAN-CANADA Forest Tree Centre Project에서 주관하여 『Genetic Conservation and Production of Tropical Forest Tree Seed』라는 테마로 태국 창마이에서 개최된 국제학술대회에 초청 논문 『New Techniques for Gene Conservation by Tissue Culture Methods』로 그 일부가 발표된 것을 정리한 것임. 또한 1993년 8월 20일 충남대학교에서 한국식물학회 '93 심포지움(주제: 자원식물의 탐색, 개발 및 활용전략)에서 『삼림유전자원 보존과 개발전략』이란 제목으로 그 일부가 발표된 것임.

* 본 논문은 92, 93년도 한국과학재단 연구비 보조에 의해 이루어진 것임.

현지보존의 경우 유전자 보존만의 목적으로 조성된 삼림뿐만 아니라 다른 목적으로 보호 받고 있는 많은 삼림, 예를 들면 국립, 도립공원, 보안림, 노거수 등에 대한 적절한 생태유전학적인 연구를 통하여 유전자원으로 이용할 수 있는 방법이 강구되어야 하며, 현지의 보존의 경우에도 유전자원 보존림의 조성 뿐만 아니라 임목육종과정에서 기 조성되어 있는 채종원, 산지시험림, 차대검정림, 클론보존원 등에 대해서도 적절한 유전학적 연구 조사를 수행함으로써 현지의 유전자 보존림으로 이용할 수 있게 될 것이다.

ABSTRACT

Due to its topographic complexities and various climatical condition, Korea exhibits diverse forest types. Dominant tree species in this zone are *Quercus* spp., *Betula* spp., *Zelkova* spp., *Fraxinus* spp., *Pinus densiflora*, *Pinus koraiensis*, and *Pinus thunbergii* etc.

Genetic conservation in forest species in Korea there are three ways : one is *in situ*, other is *ex situ* and third is in-facility conservation. *In situ* conservation include that are the present status of conservation of rare and endangered flora and ecosystem, the reserved forest, the national and provincial park, and the gene pool of natural forests. *Ex situ* conservation means to be established the new forest from *in situ* forest stands, progeny and provenance test populations, seed orchard and clone banks, and gene conservation in-facility. As a tool for low temperature storage, several aspects on *in vitro* system were studied : (1) establishment of *in vitro* cultures from juvenile and/or rejuvenated tissues, (2) induction of multiple shoots from the individual micropropagules, (3) elongation of the proliferated shoots. Studies on cold storage for short-and long-term maintenance of *in vitro* cultures under 4°C in the refrigerator were conducted. For the cryopreservation at -196°C, various factors affecting survivability of the plant materials are being examined.

The necessity of gene conservation of forest trees is enlarged not only to increase the adaptability for various environments but also to gain the breeding materials in the future. For effective gene conservation of forest trees, I would like to suggest followings :

1. Forest stands reserved for other than the gene conservation purposes such as national parks should be investigated by botanical and gene-ecological studies for selecting bio-diversity and gene conservation stands.
2. Reserved forest for gene pool should be extended both economically important tree spp. and non-economical species.
3. Reserved forest for progeny test and clone bank should be systematically investigated for the use of *ex situ* forest gene conservation.
4. We have to find out a new methodology of genetic analysis determining the proper and effective size of subpopulation for *in situ* gene conservation.
5. We should develop a new tree breeding systems for successful gene conservation and utilization of the genetic resources.
6. New method of in-facility gene conservation using advanced genetic engineering should be developed to save time and economic resources.
7. For the conservation of species with short-life span of seed or shortage of knowledge of seed physiology, tissue culture techniques will be played a great role for gene conservation of those species.
8. It is are very useful conservation not only of genes but of genotypes which were selected already by breeding program.
9. Institutional and administrative arrangements including legislation must be necessarily taken for gene conservation of forest trees.
10. It is national problems for consevation of forest resources which have been rapidly destroyed because of degenerating environmental condition and of inexperienced management system of bio-diversity and gene

conservation.

11. In order to international cooperation for exchanging data of bio-diversity and gene conservation, we should connect to international net works as soon as possible.

Key Words : in suit, ex suit, *bio-diversity, gene conservation, forest resources*

I. 緒 論

세계의 삼림지역은 지구 전체면적의 34%인 44억9천만 ha로 추정되고 있는데 그 가운데 한운대지역에 21억5천만 ha, 열대지역에 23억4천만 ha가 분포되어 있다. 목초지(24%)나 작물생산(11%)을 위한 경작지 등에도 많은 수종의 식물이 자라고 있으나 최근 들어서 삼림지대의 감소와 파괴는 급격히 증가되고 있어서 전세계의 삼림 정책 입안자들과 과학자들 사이에 우려의 소리가 높아지고 있다.

세계적으로 삼림파괴 현상은 자연환경의 악화에 의한 공해가 심각해지면서 많은 피해를 받고 있으며 인간들의 무계획적인 남벌에 의한 파괴도 급격히 확대되어 가고 있다. 매년 우리나라 남한면적보다 많은 1,100만ha의 삼림이 파괴되고 있는데 지역별로 보면 열대우림이 750만ha, 건조지역 380만ha에 달하며, 사바나 기후의 임지들은 해마다 200만ha 이상이 황폐지로 변하고 있다.

만약 이러한 삼림파괴가 계속 된다면 급세기 말에는 현재 동정된 식물종의 15%가 사라질 것으로 추정되고 있다. 현재와 같은 삼림 파괴가 계속 될 때에는 종의 생물적 다양성은 현격하게 감소될 것이며 막대한 유전자원의 손실을 가져오게 될 것이다. 삼림 유전자원의 손실은 열대에서 뿐만 아니라 유럽이나 북미에서의 대기오염이나 산불에 의해서도 광범위하게 일어나고 있다. 식물종이 멸종되거나 유전적변이가 감소된다면 그 손실은 매우 심각하게 될 것이다.

식품, 약품, 연료, 섬유 등으로 이용할 수 있는 잠재적 효용을 가졌으나 한정된 지역에만 분포하고 있어서 아직 자원으로 확인되지 않은 식물종에 대한 종다양성 및 유전자원 보존정책은 화급을 다투는 문제이다. 최근 연구에서 조사된 자료에 따르면 종다양성 및 유전자원 보존적인 측면에서 볼 때 부분적으로 위협에 처해있는 종

은 400여종에 이르고 있으며 보다 많은 수종이 새로운 위협을 받고 있다. 동일종의 집단내 유전자 손실율은 현재 발표된 것은 없으나 전체 종간에 대한 손실율보다 훨씬 많은 것으로 추측되고 있다. 유전자의 손실이 이와같이 빠르고 대량으로 진행되므로써 미래 환경의 도태압에 대응할 수 있는 능력이 감소되고 있다. 비록 천연갱신에 의해 새로운 삼림이 형성되더라도 이들이 가지고 있는 전체 유전변이 폭은 매우 좁아지게 되어 미래 삼림의 유전변이 구조에 영향을 미치게 될 것이다. 이러한 이유로 삼림의 유전자 보존림은 현재와 미래의 삼림을 유전적으로 연결시켜 줄 수 있는 유일한 방책이 되는 것이다.

유전자원을 급격하게 저하시키고 있는 또다른 원인 중의 하나는 보존에 대한 적극적인 고려가 없이 경제적인 중요성을 가진 몇몇 수종을 집약적으로 육종한 결과 초래되는 유전변이의 협소화 경향이다. 특히 임목과 같이 자연집단의 유전적 변이 폭이 매우 넓고 다양한 집단에 대해서는 인공적인 육종에 의해 급격하게 유전변이를 잃어버릴 가능성이 있기 때문에 되도록 많은 유전변이를 가질 수 있는 보존 방법을 강구하여 미래의 새로운 육종목적에도 이용될 수 있도록 대처해야 할 것이다.

우리나라는 북위 33°06'에서 43°01'과 동경 124°11'에서 131°53'사이에 남북으로 길게 위치하고 있기 때문에 수종 분포도 다양하여 난대, 온대, 한대림의 분포를 가지고 있다. 지리적 수종 분포를 보면 난대림 지역은 북위 35° 이하 지역인 제주도과 남부 해안 지방을 포함하는 연평균 기온이 14°C 이상인 지역으로 주요 수종은 상록활엽수가 대부분으로 가시나무, 녹나무, 동백나무, 모밀잣밤나무 등이다. 온대림은 북위 35°에서 43° 지역으로 연평균 기온이 6°C에서 13°C사이로 온대남부, 온대중부, 온대북부의 세개 지역으로 나누어지며 주요 수종은 참나무류, 자작나무류, 느티나무, 들메나무, 소나무, 잣나무, 해송 등이

있다. 한대림 지역은 북쪽 산악지역으로 연평균 기온이 5°C 이하인 지역으로 주요 수종은 대부분이 침엽수인 소나무, 전나무, 가문비나무, 낙엽송 등이 분포되어 있으며 가끔 자작나무류나 사시나무 등과 혼효된 경우도 있다.

우리나라 삼림면적은 전국토의 65%로 650만ha에 달하며 남부 지방의 난대림으로 부터 북쪽의 한대림까지 그 수종 분포도 다양하다. 그러나 인구 밀도가 높아서 국민 일인당 삼림 소유면적은 0.15ha로 세계 평균면적의 1/4에 불과하다. 임형별 축적은 침엽수가 49%, 활엽수가 22%, 혼효림이 29%에 이르며 ha당 평균 축적은 43m³에 불과하다. 분포되어 있는 수종수는 750여종에 이르고 경제적으로 중요하며 우리나라에만 분포되어 있는 고유수종도 많이 있다.

80년대 초부터 일어난 자연보호 운동은 생물종 다양성이나 유전자원 보존에 많은 도움이 되었다. 그러나 환경보존만이 최선의 우선 과제가 아니며 환경보존의 궁극적 목적은 보존 그 자체에 있는 것이 아니라 인간의 삶의 질을 높이기 위한 데 있는 것이다. 이러한 측면에서 볼 때 삼림의 보존은 환경적인 측면만 강조해서는 안될 것이다. 개발과 보존은 필수적인 양면성을 가지고 있기 때문에 환경론자들의 보존 일변도의 목소리가 커질수록 임업의 목재 생산은 위축될 것이며 마치 인간의 손이 더해지지 않을수록 가장 좋은 보호 수단이라는 잘못된 인식을 경계해야 할 것이다. 삼림을 개발하면서 생물학적으로 최선의 보호 방법을 도입하여 개발과 종다양성 및 유전자원에 대한 보존의 균형을 잡는 것이야말로 진정한 의미의 생물종 다양성과 삼림 유전자원의 보존 목적을 달성할 수 있으며 이러한 목적을 달성하기 위해서는 다양한 방법을 도입해야 할 것이다.

전국의 삼림을 환경과 생물종 다양성 보존만을 위해 개발이나 이용을 전혀 하지 않고 보존만 하는 것도 문제가 있으며, 현재의 육종목표에 맞추어 선발된 소수의 수형목의 유전자원만 보존하고 나머지 모든 삼림을 개발하고 이용하는 것도 문제가 있는 것이다. 인간의 욕구는 시대에 따라 변화하기 때문에 현시점의 육종목표도 시대에 따라서 달라질 것이다. 이러한 육종목표의 변화에 대처하기 위해 생물종 다양성과 삼림자원의 유전자보존은 천연림의 생태유전학적인 연구뿐만 아

니라 유전자변이에 대한 깊은 연구를 하여 수립된 유전자 관리계획에 따라 실시되어야 한다. 삼림은 일반 재배작물과는 달리 많은 유전변이를 포함하고 있기 때문에 분석방법이 다양하며, 보존방법도 복잡하다.

삼림의 유전자보존의 특성과 정책수립에 있어서 특히 유의해야 될 사항을 열거하면 다음과 같다.

- 1) 유전자보존의 효과는 단기간에는 얻을 수 없다.
- 2) 현지내 유전자보존림은 삼림소유자에게 경제적인 제약을 준다.
- 3) 현지의 유전자보존림은 경영기간이 길기 때문에 경제적인 손실이 크다.
- 4) 종자, 조적과 화분의 시설내 유전자보존은 많은 노력과 경비가 소요된다.
- 5) 유전자보존림으로 지정하기 위한 천연림의 평가가 어렵다.
- 6) 경영 기법에 대한 많은 정보가 유전자보존림을 관리, 이용하는데 필요하다.
- 7) 어떤 특정한 동, 식물이나 곤충 등은 습지나, 야생생태계의 삼림으로써의 전체 생태계를 보존할 때에만 보존될 수가 있다. 그러므로 동물, 식물 및 미생물을 포함한 적극적인 유전자원은 전체 생태계로 보존되어야 한다.

II. 本 論

삼림자원의 유전자보존은 탐험(조사), 수집, 평가, 보존, 이용의 순서로 이루어진다(그림 1).

탐험은 현지 삼림의 식물학적 분포에 대한 연구와 생태유전학에 대한 연구를 포함하며, 수집은 현지와 및 현지내 방법으로 이루어지고, 평가는 현지 삼림에 대한 유전분석과 지리적 다양성에 대해, 현지외에서는 차대검정, 산지시험에 의한 개체 및 집단분석으로 이루어진다. 보존의 방법은 3가지로 현지내, 현지의 및 시설내 보존으로 나눈다. 보존유전자의 이용범은 미래지향적인 것으로 현지내 보존에 대한 직접적인 이용과 현지외 보존과 시설내 보존에 의한 증식, 유전자 도입, 선발 등에 간접적으로 이용할 수가 있다. 이러한 분석을 통해 유전자보존 경영전략을 세울

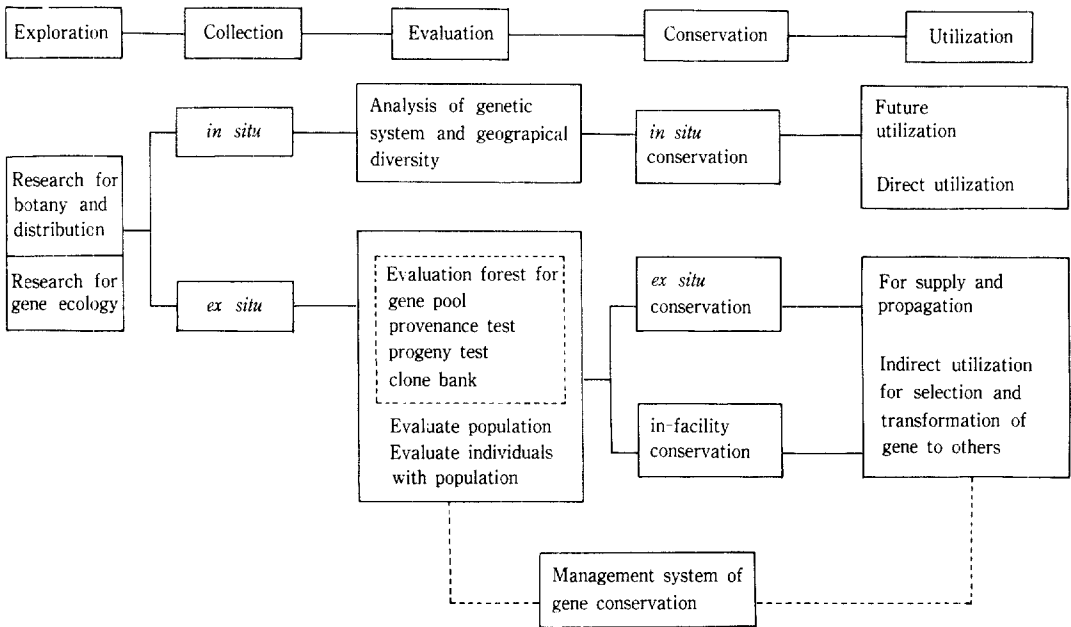


Fig. 1. Process from exploration to utilization of forest gene conservation

수가 있다.

1. 현지내 보존

1) 천연림의 유전자 현지보존림

표 1은 다른 목적없이 오직 유전자원만을 보존할 목적으로 천연림분을 현지 유전자원보존림으로 지정한 수종 및 면적을 나타낸 것이다. 유전자원의 현지보존림 선정에 있어서 다음과 같은 점에 유의해야 한다.

- (1) 유전적변이가 많은 집단을 선정해야 한다.
- (2) 유전적변이는 쉽게 없어지거나 고정되지 않아야 한다.
- (3) 자연도태압을 많이 받은 집단은 선발에서 제외한다.
- (4) 종자를 생산할 수 있는 개체가 많은 집단을 선발해야 한다.

우리나라에 있어서 천연림 유전변이에 대한 연구는 1971년에 시작되어 현재까지 8개 수종의 18개 집단에 대해 2,305ha의 현지 보존림을 지정하고 있다. 이중 소나무 집단이 대부분이어서 5개 집단으로 2,138ha에 달하고 있다. 소나무이외에 해송, 잣나무, 섬잣나무, 전나무, 구상나무, 황철나무, 종비나무 등 우리나라 고유수종들이다.

Table 1. *In situ* conservation for gene pool of natural forest stands

Species	Population	Area (ha)
<i>Abies koreana</i>	2	32
<i>Abies holophylla</i>	3	43
<i>Pinus thunbergii</i>	2	21
<i>Pinus koraiensis</i>	3	55
<i>Pinus pumila</i>	1	2
<i>Pinus densiflora</i>	5	2,138
<i>Populus maximowiczii</i>	1	5
<i>Picea abies</i>	1	9
Total	18	2,305

현지내 보존은 3가지 특징을 가지고 있는데 목적수종은 원래 진화상태의 생태계내에 많이 보존되어 있어야 하며, 보존목적에 적합한 방법으로 시업되고, 목적수종의 갱신은 인위적 간섭없이 이루어져야 한다.

이러한 현지내 보존림을 지정하기 위해서는 어느 정도 크기의 집단을 보존하며 어떤 집단을 선정해야 하는가가 중요한 관건이 된다. 집단의 유효크기(일정한 집단내에서 무작위로 교배가 이루어질 때 근친교배가 일어나지 않고 집단내 유전변이가 유지될 수 있는 크기의 집단)가 얼마인가에 대해서는 삼림집단에 따라서 이견이 많다. 집

단의 유효크기를 결정하는데 있어서 특히 고려되어야 할 점은 다음과 같다. 1) 유전적 다양성을 보존할 수 있을 정도의 크기여야 하는데 만약 근친교배율을 F 라 하고 N_e 를 유효집단의 크기라고 한다면 $F=1/2N_e$ 가 되기 때문에 F 값을 알면 N_e 를 추정할 수 있다. 세대당 근친교배율을 2%로 가정한다면 25개체, 1%로 가정한다면 50개체가 있으면 충분하다고 추정했다(Franklin, 1980; Soule, 1980). 이러한 이론은 복잡한 삼림집단에 대해 너무 단순화되어 있어서 실제와는 거리가 있기 때문에 그대로 적용하기가 어렵다. 2) 집단의 잠재적 진화력을 유지하는데 필요한 개체수에 근거하여 효과적인 집단의 크기를 주장하는 것이다. 이때에 한 집단에 유전자부동에 의한 유전적 손실이 거의 없고 선발 압력에도 충분한 유전적 변이를 유지하기 위해서는 최소한 500개체가 포함되어야 한다. 타가수분을 하며 자웅동주인 수종에 있어서 N (실제 조사개체수)과 N_e (유효집단개체수)가 3:4정도라고 하면 최소 개체수는 1,500에서 2,000개체가 될 것이다(Soule, 1980). 3) 낮은 빈도의 대립유전자가 손실되지 않도록 최소단위의 집단내 개체수를 계산하는 방법으로 Namkoong(1984)은 0.01이하의 빈도를 가진 특별한 유전자좌에 있어서 1,000개체를 보존할 때 그 유전자가 탈락될 확률은 0.01이라고 추정하였다. 그러나 유효집단의 크기는 생물학적, 환경적 혹은 유전적 상황에 영향을 받으며 대상종의 과거의 진화적인 역사와 현재의 유전적 구조 뿐만 아니라 통계적인 추출방법에 달려 있다. 그러므로 종간 뿐만 아니라 동일 종이라 하더라도 종내의 생태에 따라 유효집단의 크기는 매우 상이한 것이다.

우리나라의 현지보존림은 이와 같은 기본적인

연구와 기준이 확립이 되어 있지 않기 때문에 보존 규모나 면적에 있어서 수종마다 다르며 같은 수종내에 있어서도 각각 다르다. 앞으로 새로운 유전자보존림의 지정은 기본적인 연구결과에 의해 새롭게 추진되어야 할 것이다.

2) 타목적으로 보호받고 있는 수목과 삼림 집단

순수한 목적의 유전자보존림이외 다른 목적으로 법적 보호를 받으며 관리되고 있는 삼림이나 수목들이 있다. 이들은 비록 다른 목적으로 보호되고 있으나 이들이 가지고 있는 생태학적 특징이나 유전자변이 등 충분한 기초조사를 하므로써 현지내 유전자 보존림으로 이용할 수 있을 것이다.

표 2는 우리나라 자연보존림과 보호수에 관한 목록을 나타낸 것이다. 1962년 천연기념물에 관한 법률이 제정된 이래 자연보존에 대한 활동이 시작되었다. 천연기념물로 지정되어 보호를 받고 있는 나무가 108개로 그 중 55개의 노거수, 22개의 보호숲과 31개의 고유종이 포함되어 있다. 3개 지역의 자연보호지구가 설정되어 있어서 멸종위기의 식생과 삼림을 보호하고 있다. 22개의 보호숲은 자연적으로 형성된 것과 예조상들이 그들의 삶을 보호하기 위해 조성한 것으로 안면도의 모감주나무 집단, 소백산의 주목 집단, 울릉도의 십자나무, 너도밤나무, 솔송나무 집단 등이 있다.

우리나라 천연기념물 제 1호는 대구직할시 동구 도동에 있는 측백나무 군락이며 우리나라 천연기념물 중에 가장 오래되고 큰 나무는 홍교둘레 14m에 달하는 용문사 은행나무이다. 활엽수로는 부산시에 있는 800년된 팽나무가 있으며, 진도의 비자나무도 900년의 수령을 가지고 있는

Table 2. The area of natural forest reserve and number of nurse-tree

Status	Species	Number	Site	Area (ha)
Natural forest reserve			131	11,052
Nurse-tree	Zelkova	5,400		
	Hack-berry	1,012		
	Ginko	704		
	Pine	623		
	Pagoda tree	264		
	Chinese junifer	284		
	Other species (97 species)	1,246		
	Total		9,453	131

천연기념물이다. 이들 천연기념물 중에는 재해로 인해 죽거나 수령이 다해서 죽어가고 있는 나무가 많은데 이들은 접목이나 삼목 또는 조직배양법에 의해 증식하여 같은 유전자형을 가진 나무를 보존해야할 필요가 있다.

표 3은 환경을 보존하기 위해 지정된 보안림을 나타낸 것이다. 수원함양보안림은 1급과 2급을 합해 160,634ha에 이르며, 풍치보안림, 토사방비림, 어부림, 해안방사림, 석력보안림, 건강보안림 등을 합하여 206,947ha에 이르고 있다.

표 4는 우리나라 국립공원 및 도립공원에 대한 것으로 국립공원은 20개 지역에 383,357ha, 도립공원은 20개 지역에 73,248ha에 이르고 있다. 이

들 국립 및 도립공원은 수려한 풍치와 지역내에 있는 많은 생물종들을 공원법에 의해 보호 관리하고 있다.

자연보존림과 보호수, 보안림 및 국립공원과 도립공원 등은 앞으로 생물종 다양성 및 유전자원 보존림으로 이용할 수 있도록 법적 근거를 마련함은 물론 보다 심도있는 종다양성에 대한 생태유전학적 연구도 뒤따라야 할 것이다.

2. 현지의 유전자 보존

1) 현지의 보존림 조성

현지의 보존림은 현지 보존 소나무천연림에 대해서만 조성되었는데 그 내용은 표 5와 같이 강원도 명주군 왕산면에 4개 집단의 실생묘를 각각 1.5ha씩 6ha를 조성하여 보존하고 있다.

현지내 유전자보존림에서 현지의 보존림을 조성하기 위해 주의해야 할 점은 현지보존림이 가지고 있는 유전변이가 빠지지 않고 고르게 들어갈 수 있도록 표본추출이 잘 이루어져야 한다. 삼림은 지리적으로 집단간 변이를 보여주기 때문에 대단위 분포지역에서 표본집단내 개체수를 작게 하더라도 표본집단수를 많이 설정하는 것이 대단위로 한 군데만을 보존하는 것보다 훨씬 많

Table 3. Sorts and area of reserved forest

Sorts of reserved forest	Area (ha)
Prevention of soil erosion and run-off	8,968
Prevention of shifting sandune	1,059
Prevention of stone falling	178
1st class water shed conservation	140,631
2nd class water shed conservation	20,003
Providing fish habitat	6,027
Health	34
Landscape	30,047
Total	206,947

Table 4. The location and area of national and provincial parks

National Parks		Provincial Parks	
Location	Areas (ha)	Location	Areas (ha)
Chirisar.	44,048.5	Kumosan	3,791
Kyongju	13,816	Namhansansung	3,644
Kyeryongsan	6,114	Moaksan	4,222
Hallyohaesang	16,556	Mudungsan	3,023
Soraksan	37,300	Toksan	2,104
Songnisan	28,340	Chilgapsan	3,254
Hallasan	14,900	Taedunsan	3,810
Naejangsan	7,603.2	Naksan	910
Kayasan	8,016.3	Maisan	1,690
Tokyusan	21,900	Kajisan	10,607
Odaesan	29,850	Chogyesan	2,738
Chungangsan	10,588.2	Turyunsan	3,464
Taeanhaean	3,869	Sonunsan	4,370
Tadohaesang	34,043	Palgongsan	12,208
Pukansan	7,845	Teadunsan	2,454
Chiagsan	18,209	Mungyoungsaejae	530
Walagsan	28,450	Kyungpo	937
Sobaeksan	32,050	Chongnyansan	4,876
Pyonsanpando	15,700	Yonhwasan	2,871.7
Wolchuisan	4,188	Taebaeksan	1,744
Total	383,445.2	Total	73,247.7

Table 5. *Ex situ* gene conservation of *Pinus densiflora*

Population	Planting Location	Planted Year	Area (ha)
Koechang	Wangsan-myun, Myongju	1978	1.5
Bongwha	" "	1978	1.5
Youngin	" "	1979	1.5
Myongju-Yonkok	" "	1979	1.5
Total			6.0

Table 6. Species and site for progeny test

Species	Population	Sites	Family and cross combination	Area (ha)
<i>Pinus densiflora</i>	open crosses	28	241 families	23.3
<i>Pinus densiflora</i>	artificial crosses	11	163 combinations	2.0
<i>Pinus koraiensis</i>	open crosses	22	209 families	17.5
<i>Pinus koraiensis</i>	artificial crosses	3	15 combinations	0.8
<i>Pinus rigida</i>	artificial crosses	1	30 combinations	0.6
Total		65		44.2

Table 7. The number and species of elite trees in Korea

Forest physiognomy	Species	Number of elite trees
Needle leaves	11	1,582
Broard leaves	18	1,112
Total	29	2,694

은 유전적인 변이를 포함할 수 있게 될 것이다. 이론적으로 유효집단의 크기가 50에서 100개체 정도의 생식력을 가진 개체로 구성된 단일 집단 내의 유전적 변이는 50개체 미만을 보존하여도 수천개가 가지고 있는 집단 전체의 유전적 변이를 포함할 수 있을 것이다. 그러나 대부분의 열대수종에 있어서는 성숙목 상호간의 생식방법에 따라 동질성이 증대되어 유전자부동에 의한 편차가 생겨나기 때문에 50개나 100개체는 집단내의 전체 유전적 변이를 보존하기에 너무 작은 개체 수라고 할 수 있다(National Research Council,

1991). 그러므로 수종에 따라 적절한 보존체계가 서로 다르게 이해되어야 할 것이다.

2) 육종목적 달성을 위해 조성된 삼림을 현지의 보존림으로 이용

임목육종을 하기 위해 육종목적에 따라 여러가지 시험림을 조성하고 있다. 이들 시험림들중에 현지의 유전자 보존림으로 이용할 수 있는 것들은 여러 지역에 실시하고 있는 산지시험림과 수형목을 선발하여 보존하는 클론보존원 및 종자를 생산하기 위해 조성하고 있는 채종원 등을 들 수 있다.

임목육종연구소에서 실시하고 있는 지역시험내역은 표 6과 같다. 소나무, 잣나무, 리기다소나무에 대해 인공교배 및 품매차대에 대해 44.2ha의 차대검정림을 조성하여 시험중에 있다.

채종원을 조성하기 위해 29수종에 대해 2,694개체의 수형목을 선발하였는데 침엽수 11개 수종

Table 8. Status of seed orchard in Korea

Species	Area (ha)	Remarks
<i>Pinus densiflora</i>	109	* Specific broad leaves ;
<i>Larix leptolepis</i>	270	<i>Junglans mandshurica</i>
<i>Pinus koraiensis</i>	91	Genus <i>Betula</i>
<i>Pinus rigida</i>	50	" <i>Alnus</i>
<i>Pinus rigida</i> × <i>P. taeda</i> F ₁	80	" <i>Tilia</i>
<i>Cryptomeria japonica</i>	30	" <i>Quercus</i>
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	40	
<i>Pinus thunbergii</i>	22	
<i>Abies holopylla</i>	10	
Specific broad leaves*	8	
Total	710	

Table 9. Species and area of clone bank

Species	Area (ha)	Remarks
<i>Pinus densiflora</i>	425	* Specific broad leaves :
<i>Pinus koraiensis</i>	299	<i>Junglans mandshurica</i>
<i>Larix leptolepis</i>	161	Genus <i>Betula</i>
<i>Abies holopylla</i>	100	" <i>Alnus</i>
<i>Pinus rigida</i>	87	" <i>Tilia</i>
<i>Pinus thunbergii</i>	151	" <i>Quercus</i>
<i>XPinus rigidataeda</i>	149	
<i>Pinus taeda</i>	13	
<i>Cryptomeria japonica</i>	184	
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	147	
Specific broad leaves*	232	
Total	1,948	

1,582개체, 활엽수 18개 수종에 대해 1,112개체를 선발하여 보존하고 있다(표 7).

표 8은 이들 수형목에 의해 조성된 채종원의 수종 및 면적을 나타낸 것이다. 소나무가 109ha, 낙엽송 270ha, 잣나무 91ha, 리기다소나무 50ha, 리기테다소나무 80ha, 삼나무 30ha, 편백 40ha, 해송 22ha, 전나무 10ha, 호도나무, 참나무, 자작나무 오리나무, 피나무 등의 활엽수 채종원 8ha를 조성하였다.

표 9는 클론 보존원에 있는 수종과 클론수를 나타낸 것이다. 소나무 425클론, 잣나무 299클론, 낙엽송 161클론, 전나무 100클론 등 전체 1,948클론에 이른다.

이러한 산지시험림 및 채종원과 클론 보존원 등에 대한 적절한 유전적 연구가 수반이 되어 data base화 시켜 전국적인 관리체제를 갖추어야 종 다양성 보존 및 현지의 유전자 보존림으로써 이용할 수 있게 될 것이다.

3. 시설내 유전자보존

시설내 유전자보존은 대부분의 경우 종자보존을 의미하며 임목육종연구소에서는 종자은행을 설치하여 34개 수종에 대해 140점을 보존하고 있다. 조직배양법과 유전공학적인 기법을 유전자보존에 이용하기 위해서 새로운 저온 저장법이나 초저온 저장법 등도 시설내 유전자 보존에 응용되고 있다. 이러한 기법을 이용할 때 얻을 수 있는 이점은 다음과 같다. (1)유전자형이 똑같은 개체를 보관 유지할 수가 있다. (2)급속증식을 할 수가 있다. (3)작은 공간에 많은 양을 보관할 수가 있다. (4)무병주 생산 및 보존을 할 수가 있다.

(5)현지 보존에서 발생할 수 있는 환경변화에 따른 위험을 줄일 수가 있다.

1) 대량증식

수형목 클론이나 희귀목 또는 중요한 유전자원을 조직배양법에 의해 대량증식 시키는 것은 매우 유용한 방법이다. 성숙목을 대량 증식하는데 문제점 중의 하나가 유령화로 노령목에서 대량증식이 쉽게 되는 것도 있으나 수종에 따라서는 극히 어려운 것도 있는데 이것은 배양조직의 유령화를 통해 해결할 수 있다(Thorpe et al, 1991).

조직을 유령화 시키기 위해서 접목을 하거나 갱생지를 이용하며, 정아를 절단하고 식물 생장 조절물질을 처리하는 등 여러 가지 방법이 개발되고 있다(Bonga 1987). 기내에서 대량증식의 기법은 (1)기내조직 유도, (2)증식, (3)발근, (4)순화 과정을 거쳐야 한다(그림 2).

표 10은 본실험실에서 기관분화, 체세포배양도, 원형질체에서의 재분화를 통한 식물체 유도에 관한 실험방법을 정리한 것이다. 그러나 조직배양기법을 통한 마지막 목적이 유전자보존에 있다면 아배양기법이 가장 적합한 방법이 될 것이다. 물론 원형질체 배양이나, 켈러스를 이용한 재분화법 등도 재분화 개체에서 일어날 수 있는 유전자변이를 충분히 검정할 수 있다면 유전자보존에 이용할 수 있을 것이다. 아배양에 대한 순서를 설명하면 그림 2와 같다. (1)재료 준비와 살균소독 : 이른 봄에 두개의 측아나 마디가 붙어 있는 줄기를 조제하여 30분간 수도물에 씻은 다음 70% 알콜에 1분간, Tween80을 한방울 첨가한 2% 차아염소산 소다에 10분간 처리해준 다음

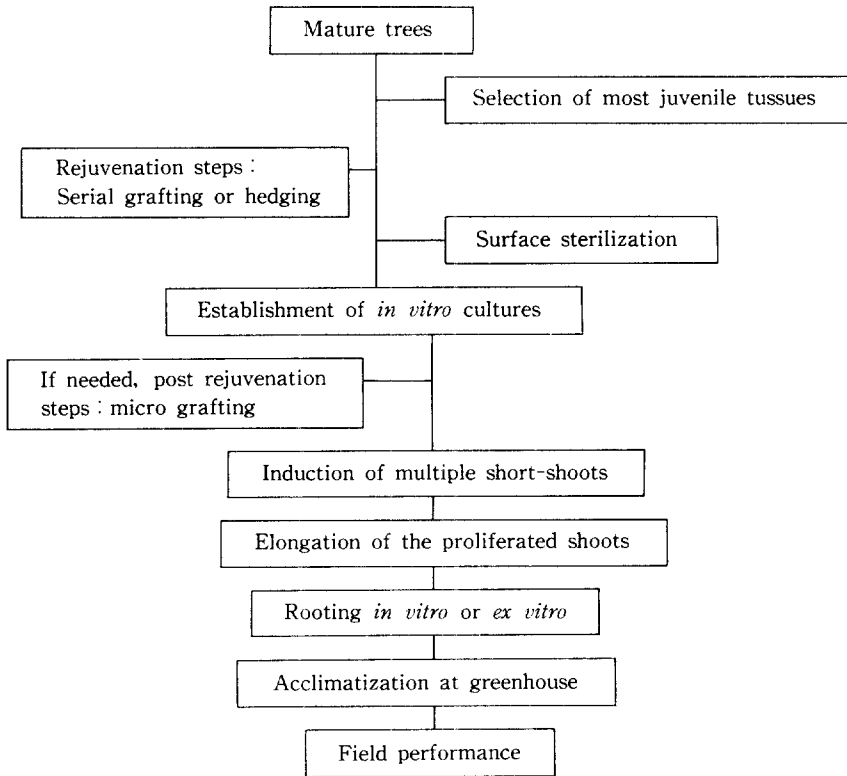


Fig. 2. The protocols for woody plants micropropagation

Table 10. Micropropagation systems of tree species developed by our laboratory

Species	Comments	Reference
<i>Populus alba</i> × <i>P. glandulosa</i>	Regeneration of plants from leaf meso- phyll protoplasts	Park and Son (1987)
<i>Populus nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>	Organogenesis and somatic em- bryogenesis from punctured leave	Park and Son (1988)
<i>Populus alba</i>	Regeneration of plants from cell sus- pension derived callus	Park and Son (1989)
<i>Ailanthus altissima</i>	Regeneration of plants from callus derived cambium	Lee and Park (1990)
<i>Diospyros kaki</i>	Multiple shoot proliferation from axil- lary buds	Kim and Park (1990)
<i>Populus glandulosa</i>	Regeneration of plants from leaf meso- phyll protoplasts	Park et al. (1990)
<i>Phelodendron amurense</i>	Micropropagation and acclimatization	Kim et al. (1992)
<i>Lycium chinense</i>	Regeneration of plants from leaf callus	Park and Kim (1993)
<i>Lycium chinense</i>	Somatic embryo from embryogenic callus	Kim and Park (1993)

멸균수로 3-4번 세척한다. (2) 대량 줄기증식: 비
교적 높은 10-50 μ M의 cytokinin이 함유된 배지

에서 가장 반응이 좋은 배지를 골라 대량증식을
유도해 낸다. (3) 대량증식된 줄기의 생장촉진:

두단계의 배지와 암배양으로 줄기생장을 촉진시킨다. (4)야의 이식: polyterra peat plug에 이식 분무장치와 차광을 해준 온실에서 활착시킨다.

2) 저온저장법

기내에서 오래동안 생장을 억제하기 위한 방법으로는 (1)배지위에 광물성 기름을 깔아주거나 (2)완전한 암배양, (3)저광도처리 (4)배양 온도를 낮추거나 (5)삼투압과 생장조절제를 투여하거나, (6)새로운 배지로 계대배양 기간을 조절하는 등의 방법이 이용된다.

다음은 Son(1991) 등이 *Populus alba* × *grandidentata*의 조직을 저온저장한 결과에 대해 정리한 것이다. 4℃ 냉장고 속에 기내에서 배양한 작은 줄기가 들어있는 시험관을 각각 2년과 5년간 보관한 후 재분화율과 재분화된 개체에 대한 변이체 여부를 조사한 결과이다. 2년간 보관후 재분화율은 70%, 5년간 보관한 후의 재분화율은 25%에 달했다(표 11). 재분화율에 대한 검정은

Table 11. Survival rate depended on stored periods in *Populus alba* × *P. grandidentata* (Son et al., 1991)

Stored periods	Temp. (°C)	Survival rate (%)
2 years	4	70
5 years	4	25

Table 12. Frequencies of mutation rate for phenotypes after 5 years storatation under condition of 4℃ (Son et al., 1991)

Phenotype	Frequency (%)
Albino	0.25
Red plgment	12.80
Rosette	0.30

1.33μM BA에 1개월간 처리한 다음에 재분화율 유도하였다. 5년간 보관후 재분화된 개체에서는 각각 형태적인 변이체가 발견되었는데 백자묘가 0.25%, 빨간 색소를 가진 것이 12.8%, rosette 형도 0.3%가 나타났다(표 12). 유전자보존에 기내배양 기법을 이용할 때에는 이러한 변이체의 발생에 세심한 주의가 필요하다.

3) 초저온저장법

장기간 기내에 임목의 세포나 조직, 기관을 보관하려면 일반 작물에 이용하고 있는 것과 같은 초저온 저장법을 이용할 수가 있다. -196℃의 액체질소에 세포를 보관하면 영구보존할 수가 있다. 표 13은 임목에서 초저온에 성공한 예들 들은 것이다.

사과, 배, 참나무, 자작나무, 굴, 소나무, *Carya* 등에서 실험에 성공한 사례들이 최근에 발표되었다. 임목개체는 차지하는 면적이 크고 다루기가 어려워 보관하는데 경비가 많이 들며 관리하기도 힘이 들어서 장기 보존에 어려움이 많다. 그러므로 초저온 저장기법은 임목의 유전 자원 보존에 있어서 더욱 매력적인 방법이 될 것이다.

그림 3는 초저온에 대한 과정을 나타낸 것이다. 줄기나 원형질체 또는 기관이나 캘러스 등을 15%의 Dimethylsulphoxide(DMSO)에 한시간 처리한 후 -7℃까지는 1분간에 1℃씩 온도를 내려주고 -7℃에서 -35℃까지는 1분간에 0.3℃씩 내려주어 -196℃의 액체질소 속에 저장한다. 다시 재분화를 시킬 때에는 37℃의 물에 녹혀 DMSO를 제거해 주고 배양을 한다.

초저온 저장법은 저장기구의 결함이나 인간의

Table 13. Some examples on cryopreservation of woody plants

Species	Sources	Cryoprotactant	Freezing temp.	Response	Reference
<i>Pyrus pystfolia</i> <i>Malus paradistana</i>	shoot tip	PVS	-196℃ LN	plantlet	Sakai (1992)
<i>Quercus</i> spp.	embryo	DMSO	-196℃ LN	plantlet	Pence(1992)
<i>Betula</i>	embryo	DMSO	-196℃ LN -0.5℃/min	callus	Monnonen and Monger(1992)
Trifoliolate orange	nuclat embryo	DMSO	-196℃ LN -2℃/min	plantlet	Radhamani and Chandel(1992)
<i>Pinus caribaea</i>	embryogenic callus	DMSO	-196℃	plantlet	Laine et al. (1992)
<i>Carya illinoensis</i>	zygotiic embryo	DMSO	-196℃ LN	shoot	Abou Taleb et al., (1992)
Apple	shoot tip	DMSO	-196℃ LN	shoot	Sakai (1992)

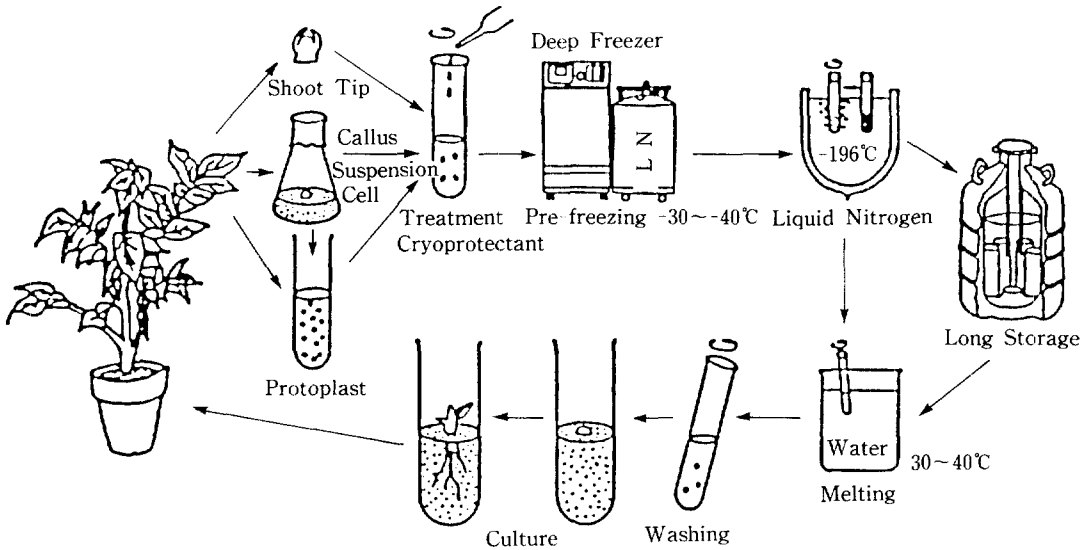


Fig. 3. Cryopreservation for shoot tips, callus and *in vitro* cells

기술적 미숙 및 오염의 위험을 줄이고 장비의 가격을 저렴하게 함으로써 실용화를 앞당길 수 있을 것이다.

III. 結論 및 提案

생물종 다양성과 유전자원 보존을 위한 삼림은 환경변화에 대한 적응력을 증대시켜 줄뿐만 아니라 미래의 육종원으로 매우 중요한 역할을 할 것이다. 우리나라 생물종 다양성 및 삼림 유전자원 보존에 있어서 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 1) 다른 목적으로 보존되고 있는 국립이나 도립 공원과 같은 삼림에 대해서 유전생태학적 및 식물학적인 기초조사가 이루어져서 유전자보존림으로 활용할 수 있어야 한다.
- 2) 생물종 다양성 및 유전자보존림은 경제적으로 중요한 수종은 물론 중요하지 않은 수종에 대해서도 보존해야 한다.
- 3) 육종목적으로 조성된 차대검정림이나 클론보존원 등에 대해서도 유전자원에 대한 기초적 조사가 이루어져서 현지의 보존림으로 활용할 수 있어야 한다.
- 4) 현지내 유전자보존림 및 생물종 다양성 보존을 위한 집단의 유효크기를 결정하기 위한 새로운 집단유전학적 이론과 유전분석법이 개발되어야 한다.
- 5) 유전자보존과 유전자원의 이용을 성공적으로 수행하기 위한 새로운 육종기법이 개발되어야 한다.
- 6) 유전공학적 기법을 응용하여 기내 유전자보존에 대한 새로운 방법을 개발하여 시간과 경비를 줄일 수 있도록 노력해야 한다.
- 7) 조직배양기법에 의한 유전자형 보존은 종자수명이 짧거나 종자생리에 대한 지식이 적어서 종자보관이 어려운 수종의 보존에 효과적이다.
- 8) 기왕의 육종에 의해 선발된 개체를 유전자형(개체) 상태로 보존하는 것은 부가가치를 높일 수 있는 방법이 될 것이다.
- 9) 삼림의 유전자원 보존을 수행하기 위한 법률적 제도를 포함하여 행정적인 기구개설 등의 조치가 뒤따라야 할 것이다.
- 10) 환경 악화와 인위적인 관리 체계 및 이용기법의 미숙으로 급속도로 파괴되어 가고 있는 삼림자원에 대한 유전자원 확보를 위한 노력은 시급히 해결해야 할 국가적인 과제이다.
- 11) 국제적인 network를 통한 국가간 및 지역간의 상호협조 체제를 구축하여 생물종 다양성과 유전자원 보존에 대한 상호 보완적이고 협조적 관계를 이루어 나가야 할 것이다.

아직은 우리나라의 삼림에 대한 유전자 보존림 조성은 아주 초보적인 단계에 머물러 있는 실정으로 앞으로 보다 적극적인 연구 개발이 뒤따라야 하며 반드시 생물종 다양성 보존사업과 연계하여 연구되어야 하는 분야인 것이다. 유전자 보존림에 대한 연구는 임목 육종사업 못지않게 많은 투자를 해야할 부분으로 생각되어지고 있다.

1992년 리오 환경회의 이후에 국제적인 수준에서 green round를 예고하고 있으며 이에 대한 국가적 대처 방안이 전혀 되어 있지 않는 현실점에서 정부 관계 부처간 예를 들면 환경처, 보사부 및 농림수산부 산하 협의체로 환경보존과 생물종 다양성 대책위원회를 구성하고 삼림청 내에는 생물종 다양성 및 삼림 유전자원 보존 대책위원회를 신설하여 법적 및 체계적 연구를 할 수 있는 바탕을 시급히 마련해야 할 것이다.

환경보존의 중요성은 인간 생활의 질을 높이기 위한 것이라는 기본 개념을 저버리지 말고 대처해 나가야 한다고 생각되며 그러므로 보존과 개발은 항상 균형을 이루어 나가야 한다고 믿는 것이다. 임업인의 입장은 무조건적인 보존만이 능사가 아니라 생태계의 균형을 깨뜨리지 않는 지속적인 개발 이용에 있다는 것을 명심하여 다른 관계부처와의 협의에 동참해야 할 것이다.

IV. 謝 辭

본 논문을 작성하는데 필요한 많은 자료정리물 도와준 임목육종연구소 손성호 박사, 한국과학기술연구원 유전공학연구소 최명석박사, 임목육종연구소 김정희양과 경북대학교 삼림유전학연구실 안인숙양에게 심신한 사의를 표한다. 또한 본논문의 일부를 91년 8월 프랑스 볼도와 92년 6월 태국 창마이에서 발표할 수 있도록 재정적 지원을 해주신 한국 과학재단에게도 깊은 감사를 드린다.

V. 참고문헌

1. Bonga, J.M. 1987. Clonal propagation of mature trees : problems and possible solutions, In Bonga, J.M. and D.J. Durzan (Eds) Cell and Tissue Culture in Forestry, Vol.1(pp.249-271) Martinus Nijhoff, Dor-

- recht.
2. Forestry Administration. 1991. Reserved forest area. Forestry Statistic 21 : pp.250.
3. Forestry Administration. 1991. Status of natural forest reserve and nurse-tree. Forestry Statistics 21 : pp.269.
4. Forestry Administration. 1991. Status of national and provincial park. Forestry Statistics 21 : pp.430-431.
5. Franklin, I.R. 1980. Evolutionary change in small populations. pp.135-149. in Conservation Biology : An Evolutionary-ecological Perspective, M.E. Soule and B.A. Wilcox, eds. Sunderland, Mass. ; Sinauer Associates.
6. Von Gregorius, H.-R., H.H. Hattemer, F. Bergmann und G. Muller-Stark. 1985. Umweltbelastung und Anpassungsfähigkeit von Baumpopulationen. Silvae Genetica 34 : 230-241.
7. Hatakeyama, S. 1985. The roles of provenance test in the evaluation and utilization for genetic resources. For. Tree. Breed. 136 : 12-15.
8. Hyun, S.K. 1977. The conservation of forest plant and animal genetic resources in Korea. 8th World Forestry Congress : 1-13.
9. Kim, Z.S. 1988. Gene conservation of forest tree. Symposium of breeding strategy for 21 Century. ed. by Korean Breeding Society. p.85-88.
10. Ma, H.-O. and J.P. Jeon. 1987. Forestry in Korea. Forestry Administration. pp.29.
11. Namkoong, G. 1984. A control concept of gene conservation. Silvae Genetica 33 : 160-163.
12. Namkoong, G. 1984. Genetic structure of forest tree populations. pp.351-360 in Genetics ; New Frontiers, V.L. Chopra, B.C. Joshi, R.P. Sharma, and H.C. Bansal, eds. Vol.4, Applied Genetics, Proceedings of the 15th International Congress of Genetics. New Delhi : Mohan Pramlani, Oxford, and IBH Publishers.

13. National Research Council. 1991. Managing global forest trees genetic resources. National Academy Press, Washington, D. C. p.228.
14. Ohba, K. 1985. Conservation, evaluation and utilization of forest genetic resources as a big science proposed research and surveys. For. Tree. Breed. 136 : 5-8.
15. Park, Y.G. 1979. Research on genetic variation of the natural populations of *Pinus densiflora*. VI. 1979 Internal Research Report. Inst. For. Gen. Suwon. pp. 495-550.
16. Park, Y.G. 1977. Genetic studies in natural population of *Pinus densiflora*. Res. Rep. Inst. For. Genetic, Suwon, Korea. 13 : 1-80.
17. Park, Y.G., Choi, M.S., Kim, J.H. 1990. Plant regeneration of *Populus glandulosa* from mesophyll protoplast. Kor. J. Plant Tissue Culture 17(3) : 189-199.
18. Park, Y.G., Kim, B.W., Choi, M.S. 1993. *In vitro* organogenesis from leaf callus of *Lycium chinense*. Kor. J. Plant Tissue Culture 20 : 85-90.
19. Park, Y.G., Son, S.H. 1988^a. *In vitro* organogenesis and somatic embryogenesis from punctured leaf of *Populus nigra* × *P. maximowiczii*. Plant Cell Tissue and Organ Culture 15 : 95-105.
20. Park, Y.G., Son, S.H. 1988^b. Regeneration of plantlets from cell suspension culture derived callus of white poplar (*Populus alba* L.). Plant Cell Rep. 7 : 567-570.
21. Park, Y.G., Son, S.H. 1992. *In vitro* shoot regeneration from leaf mesophyll protoplasts of hybrid poplar (*Populus nigra* × *P. maximowiczii*). Plant Cell Rep. 11 : 2-6.
22. Sakai, K.I. 1985. Gene conservation and breeding of forest trees. Forest Tree Breeding of Hokkaido 28 : 22-31.
23. Sakai, K.I. 1986. Natural forests and tree breeding. For. Tree. Breed. 139 : 10-14.
24. Shim, S.Y. 1988. Seed orchard. Annual Report of Institute of Forest Genetics, Suwon, Korea 4 : p.65.
25. Shim, S.Y. 1989. Clone bank. Annual Report of Institute of Forest Genetics, Suwon, Korea 5 : p.76.
26. Shim, S.Y. 1989. Gene conservation of forest trees. Annual Report of Institute of Forest Genetics, Suwon, Korea 5 : p.27.
27. Son, S.H., Chun, Y.W., Hall, R.B. 1991. Cold storage of *in vitro* cultures of hybrid poplar shoots (*Populus alba* L. × *P. grandidentata* Michx.), Plant Cell, Tissue and Organ Culture 27 : 161-168.
28. Soule, M.E. 1980. Thresholds for survival : Maintaining fitness and evolutionary potential. pp.153-169 in Conservation Biology ; An Evolutionary-Ecological Perspective, M.E. Soule and B.A. Wilcox, eds. Sunderland, Mass. : Sinauer Associates.
29. Suzuki, S. 1986. Gene conservation in plants. For. Tree. Breed. 139 : 1-6.
30. Thorpe, T.A., Harry, I.S., Kumar, P.P. 1988. Application of micropropagation to forestry. 1991. Debergh, P.C., Zimmerman, R.H. (eds), Micropropagation 311-336. Kluwer Academic Publisher, Netherlands.