

# 한국의 임목육종과 그 전망

Tree Improvement and Its Perspectives in Korea

노 의 래, 노 은 운

임목육종연구소

## 서론

우리나라의 임목육종은 장구한 세월을 두고 파괴된 산림을 복구하고 부족한 목재생산을 증대하고자 1953년 서울대학교 농과대학 교수이던 고 현신규박사의 지도하에 시작되었다. 즉 1953년에 정부보조금으로 서울대학교 농과대학 수원구 내에 임목육종연구를 위한 온실과 실험실을 지은 것이 우리나라 임목육종의 시초가 되었으며 1956년에는 지금의 임목육종연구소인 중앙임업시험장 수원육종지장이 발족되면서 우리나라의 임목육종이 본격적으로 시작되었다. 처음에는 3명의 정식직원으로서 시작하였으나 (중앙임업시험장 수원육종지장, 1956), 시대적 요구가 점차 확대되면서 임목육종연구소의 인력도 지금은 131명 (연구직 76명)으로 증가되었으며 조직도 6개과 (서무과 포함)3개 육종장을 가지게 되었고, 연구를 위한 건물이 64동, 토지가 2,598ha에 달할 정도로 규모가 커지면서 장족의 발전을 보게 되었다.

임목육종도 다른 학문분야와 같이 시대의 변천에 따라 많은 변화를 가져왔다. 육종을 수행하는 방법에 있어서 뿐만아니라 목적까지도 변화하고 있는 것이다. 6.25동란 직후만해도 험벗은 산이 많고, 목재가 부족하기 때문에 모든 육종의 궁극적인 목표는 목재생산증대에 있었다. 그러나 최근에는 급격한 산업화로 인하여 공해문제가 심각해지면서 산림의 공익적 기능이 크게 부각되어, 전통적으로

목재와 섬유를 생산하는 산림의 기능보다도 깨끗한 물과 맑은 공기를 공급하고, 휴식처를 공급하는 기능이 전통적인 산림의 기능을 약화시키고 있다. 따라서 임목육종의 목표도 재적성장 일변도에서 점차 환경요소로서의 나무를 혹은 품종을 만드는 방향으로 변천되어 가고 있다고 할수 있을 것이다. 이러한 변화와 아울러 각분야의 과학기술이 발전되면서 종래에 불가능하였던 육종방법이 이제는 가능하게 되었으며, 특히 생물공학의 눈부신 발전은 임목육종 목표를 보다 짧은 기간에 달성할 수 있도록 하고있다. 조직배양기술은 종래에 불가능하였던 나이 많은 노령목의 무성증식도 가능하게 함으로서 육종기간을 획기적으로 단축함과 아울러 육종효과도 제고할수 있게 되었다.그외에 유전자조작에 의한 형질전환 기술은 나무로 하여금 특정형질을 가지게 함으로써 종래에 교잡으로만 가능하였던 일들이 가능하게 되었으며, 체세포변이체의 이용은 종래의 돌연변이 혹은 배수체 육종방법을 대체할 수 있을 것으로 생각된다.

이러한 변화 발전된 여러가지 기술을 임목육종에 적용하여 앞으로 우리 임목육종의 나아갈 길을 제시하는 것이 본 연구의 목적이다.

## 본론

### 1.한국의 임목육종 연구성과

1956년 임목육종연구소가 창설된 이래, 1950~1970년대까지는 도입육종, 돌연변이와 교잡에 의한 육종이 근간을 이루어왔다. 이에 따라 널리 알려진 이태리 포플러류 (I-214, I-476)와 4배체 아까시나무 (김과 이, 1973)도 이때에 육성되었으며, 교잡에 의하여 리기테다소나무와 현사시가 육성된 시기이기도 하다. 이후 1980년대 부터는 세계적인 추세에 발 맞추어 선발육종에 중점을 두어 수형목 선발과 채종원 조성 및 관리에 전력을 경주한 시기라고 말할 수 있을 것이다. 물론 채종원 조성 사업은 1968년부터 시작되었으며, 1970년대에는 채종원 조성에 많은 노력을 투입하였으나, 그래도 임목육종의 근간은 교잡과 도입육종에 주어져 있었다. 현재 1990년대에는 사회의 변화와 국민소득의 증대로 인하여 산림에 대한 국민의 요구가 산림의 공익적 기능에 맞추어지므로써 지금까지의 용

재수 위주의 육종에서 공익수(公益樹) 위주의 육종으로 변천하는 과정에 있다고 할 수 있겠다.

그동안 임목육종연구소에 성취한 임목육종성과를 간략하게 살펴보면 표 1, 2와 같다.

표 1. 신품종 개발실적: 14 종

| 구 분         | 품 종 명    | 연구기간     | 성 장 도(재적)     | 보 급 실 적         |               |
|-------------|----------|----------|---------------|-----------------|---------------|
|             |          |          |               | 면 적             | 본 수           |
| 6계          | 14종      |          |               | ha<br>1,009,895 | 천본<br>635,619 |
| 교잡육종<br>(7) | 리기태다소나무  | '53 -'58 | 리기다소나무의 2.5배  | 37,389          | 112,177       |
|             | 현사시 '1호' | '54 -'64 | 사시나무의 5.5     | 184,636         | 144,345       |
|             | 양황철나무    | '64 -'83 | 이태리포플러의 1.4   | 3,354           | 2,013         |
|             | 수원포플러    | '71 -'83 | 현사시1호의 2.2    | 702             | 464           |
|             | 현사시 '3호' | '78 -'83 | " 3.0         | 263             | 207           |
|             | 현사시 '4호' | '78 -'83 | " 1.2         | 263             | 207           |
|             | 밤나무      | '75 -'85 | 보급종의<br>(수확양) | 880             | 352           |
| 도입육종<br>(7) | 태다소나무    | '56 -'70 | 리기다소나무의 2.5   | 10,859          | 32,578        |
|             | 버지니아소나무  | '67 -'84 | " 1.4         | 574             | 1,714         |
|             | 스트로브작나무  | '60 -'84 | 잣나무의 2.7      | 951             | 2,930         |
|             | 이태리포플러   | '55 -'60 | 미류나무의 2.5     | 739,599         | 296,444       |
|             | 이태리포플러1호 | '76 -'83 | 이태리포플러의 1.2   | 9,293           | 3,386         |
|             | 이태리포플러2호 | '76 -'83 | " 1.3         | 9,293           | 3,386         |
|             | 좁잎산오리나무  | '62 -'70 | 물쟁나무의 3.0     | 11,839          | 35,516        |

표 2. 시험중인 유망수종

| 구 분         | 품 종 명   | 성 장 도  |
|-------------|---|--|
| 교잡육종<br>(3) | 양다래 x 다래<br>밤나무(3품종)<br><br>호도나무(4품종)             | 다래의 6.5배(과실크기)<br>일반품종의 1.4배( " )<br>* 내피박피용이<br>일반품종의 1.2배( " )                   |
| 도입육종<br>(5) | 독일가문비나무<br>루브라참나무<br>펜들라자작나무<br>화 백<br>개암나무(11품종) | 전나무의 1.5배 (제적)<br>참나무류의 1.5 " "<br>자작나무의 1.3 " "<br>편백에 비해 내한성 강<br>재래종의 4.0 (수확양) |

## 2. 현재의 임목육종 연구

### (1) 교잡 및 선발 육종

육종방법은 과거에는 교잡육종이 주를 이루어왔으나, 포플류를 제외하고는 교잡종의 유전형질의 변화없이 대량증식할 수 있는 방법이 없기 때문에 근래에는 대부분 선발육종방법에 의한 육종을 실행하고 있다. 교잡육종의 성공적인 작품으로 리기테다 소나무가 있으나, 이것 역시 잡종제1대를 대량생산할 수 있는 적절한 방안이 없어 많은 문제점을 던졌다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 리기다소나무 (*Pinus rigida* Mill.)와 테다소나무 (*Pinus Taeda* L.)의 개화기를 일치시켜 자연적인 제1대 잡종을 대량생산하는 방법과 잡종 제2세대를 보급하는 등의 여러가지 방안을 제시한 경우도 있지만 (변광옥, 1989) 여전히 문제점으로 남아있다.

포플러류중에서 도입포플러인 이태리포플러를 제외하고 나머지 현사시 (현 등, 1967)와 양황철나무 (손, 1974, 노 등, 1984)와 수원포플러 (노 등, 1984) 등

은 모두 잡종 제1대로써, 잡종강세를 이용한 육종결과이다. 현재는 산간지역의 폐농지와 산지(山地)를 대상으로 사시나무 (*Populus davidiana*)를 육종하고 있다. 영구적인 개량 종자생산 공급원을 마련하고자 채종원을 조성하였으며 (표3) 대략 2023년 까지는 모든 수종의 수요공급 균형이 이루어질 것으로 판단되고 있으며 점차 감소되고 있는 연간 조림면적 때문에도 더 이상의 용재수 채종원조성은 필요하지 않을 것으로 생각된다.

## (2) 도입육종

도입육종은 우리나라와 같이 대표적인 조림수종이 없는 경우, 대단히 유용한 육종방법중의 하나라고 할 수 있겠다. 우리나라에서 도입육종으로 성공한 대표적인 수종은 이태리포플러라고 하여도 과언은 아닐 것이다. 그동안 임목육종연구소에서는 38개국에서 398수종을 도입하여 적응성 검정을 실시한 결과 그중 318종은 부적합한 것으로 판단되었으며 나머지 74종은 시험중에 있다 (임목육종연구소, 1982).

표 3. 채종원 조성 현황 및 종자생산(가능)량

| 수 종     | 면 적   | 종 자 생 산 (가 능) 량 |       |        |        |
|---------|-------|-----------------|-------|--------|--------|
|         |       | '76 -'93        | 1993년 | 2000년  | 2023년  |
|         | ha    | kg              | kg    | kg     | kg     |
| 계       | 725.5 | 16,255          | 3,322 | 13,881 | 40,632 |
| 소나무     | 109   | 297             | 54    | 610    | 1,090  |
| 해송      | 22    | 1,077           | 5     | 200    | 440    |
| 리기다소나무  | 50    | 876             | -     | 480    | 750    |
| 리기테다소나무 | 80    | 2,987           | -     | 600    | 800    |
| 잣나무     | 91    | 8,684           | 2,683 | 11,520 | 31,850 |
| 진나무     | 10    | -               | -     | 50     | 390    |
| 삼나무     | 30    | 938             | 20    | 210    | 450    |
| 편백      | 40    | 924             | 520   | 600    | 1,000  |
| 낙엽송     | 270   | 284             | 12    | 230    | 810    |
| 활엽수류    | 23.5  | 188             | 38    | 163    | 1,962  |
| · 상수리   | 3.6   | -               | -     | -      | 620    |
| · 굴참나무  | 2.0   | -               | -     | -      | 290    |
| · 졸참나무  | 2.0   | -               | -     | -      | 140    |
| · 거제수   | 2.7   | 16              | 4     | 20     | 150    |
| · 물푸레나무 | 4.0   | -               | -     | -      | 48     |
| · 들메나무  | 2.0   | -               | -     | -      | 24     |
| · 느티나무  | 1.0   | -               | -     | -      | 100    |
| · 가래나무  | 2.9   | 78              | 34    | 96     | 480    |
| · 오리나무  | 3.1   | 16              | -     | 45     | 90     |
| · 피나무   | 0.2   | -               | -     | 2      | 20     |

### (3) 생물공학

최근에 나타나고 있는 육종의 한 경향은 생물공학 기법의 응용이라고 할 수 있다. 이러한 경향은 이미 임목을 대상으로하는 사람들 사이에서도 나타나고 있는 것이 현실이다. 임목육종에의 생물공학 기법의 응용은 조직배양을 통한 우량 개체의 대량증식, 약배양에 의한 반수체 육성, 세포배양을 통한 변이체 유도 및 선발을 비롯하여 유전자 및 DNA연구를 이용하여 조기검정, 클론 감별등의 간단한 문제부터 유전자 지도 작성, 유전형상 구명등의 기본적인 정보를 얻을 수 있으며 형질전환 등을 통한 신품종 육성도 가능하리라 여겨지고 있다.

#### - 조직배양

생물공학분야는 처음 조직배양으로 부터 시작되었으며, 1980년 잣나무의 배양 (embryo culture)과 포플러류의 아배양 (shoot tip culture)을 시초로 유용 활엽수류의 조직배양에 의한 대량증식, 약배양에 의한 반수체의 창출, 세포배양 및 원형질체 배양까지 연구영역을 확대하여 왔다 (윤, 1993). 윤 (1993)은 또 지금까지 활엽수 22수종 (표3)과 침엽수 3수종 (표4)에 대하여 조직배양에 의한 대량증식 기술이 확립되었다고 보고한 바있다.

표 4. 아배양에 의한 활엽수의 증식

| 수 종   | 증 식 율* | 수 종       | 증 식 율 |
|-------|--------|-----------|-------|
| 상수리나무 | 7      | 참오동나무     | 4     |
| 피나무   | 3      | 아까시나무     | 10    |
| 박달나무  | 20     | 호도나무      | 3     |
| 물박달나무 | 48     | 대추나무      | 4     |
| 거제수나무 | 3      | 산사나무      | 4     |
| 물오리나무 | 7      | 흰배롱나무     | 20    |
| 들메나무  | 2      | 미선나무      | 4     |
| 느티나무  | 4      | 망개나무      | 10    |
| 밤나무   | 2      | 포플러류(4수종) | 10-20 |

\*1개월간의 증식율

표 5. 조직배양에 의한 침엽수의 대량증식

| 수 종         | 절편체             | 배 지   | 호 르 몬(mg/l) |      | 증 식 율     |
|-------------|-----------------|-------|-------------|------|-----------|
|             |                 |       | BA          | NAA  |           |
| 소나무         | 배<br>경정조직<br>엽속 | GD    | 10.0        | 0.01 | 110배(7개월) |
|             |                 | LP    | 0.05        | 0.05 | 60배(2개월)  |
|             |                 | MMS   | 0.1         | 0.1  | 12배(6개월)  |
| 리기테다<br>소나무 | 배<br>엽속         | GD    | 10.0        | 0.01 | 291배(6개월) |
|             |                 | GD    | 10.0        | 0.01 | 81배(14개월) |
| 잣나무         | 배               | 1/2LP | 5.0         | 0.01 | 40배(2개월)  |

- 형질전환

지금으로부터 10년전 미국 및 유럽의 몇몇 실험실에서 아그로박테리아라는 벡터를 이용하여 외래 유전자를 식물에 이식시켜 이들이 식물체에서 발현됨을 보고한 이래 이러한 소위 (유전) 형질전환이라는 기법은 수 많은 다른 식물에도 적용되었다. 임목에 대한 유전자 조작의 시도는 농작물을 비롯한 일반 식물에 비하여 그리 늦게 시작된 편은 아니었으나 그 발전속도는 다음과 같은 이유때문에 다시 늦어지고 있다. 첫째는 목본식물의 세포로부터 식물체 재생이 일반 초본류 보다 훨씬 어렵다는 점이다. 포플러 등의 몇 종을 제외하고는 아직도 이 부분은 거의 개발되지 않은 상태로 남아 있으며 앞으로 상당한 연구가 뒤 따라야 될 것이다. 둘째는 임목을 대상으로 하는 연구가 숫적으로 훨씬 적다는 점이다. 사실상 토마토, 벼, 옥수수 등의 식물의 캘러스에서 식물체 재생은 그 어떤 식물에서보다 어려운 것으로 알려져 있었으나 이들의 경제적 가치때문에 집중적으로 연구된 결과 지금은 어느정도가 문제를 해결한 것으로 알려져 있다. 세째 임목의 경우 이용 가능한 유용유전자의 폭이 매우 좁다. 상당수의 임목의 경우 개량의 대상이되는 형질은 통직성, 생장, 재질, 내병충성등으로 임목자체에서 이러한 형질들을 조절하는 유전자가 아직 분리된 적이 없고 이들이 어떠한 원리로 발현되고 조절되는지조차 알려져 있지 않다. 따라서 농작물, 원예작물등에서 이용되는 유전자들이 별로 의미가 없다는 점과 이용한다해도 검정이 쉽지 않다는 문제점들이 있다.



임목육종연구소에서의 유전공학 연구는 1989년에 최초로 형질전환된 식물체의 재분화의 성공을 시작으로 BTT (*Bacillus thuringiensis*) 유전자와 proinsulin 유전자가 들어있는 벡터등을 이용하여 임목의 형질전환기법을 완성시킨 바 있다. 그러나 이러한 연구들은 사실상 뚜렷한 목표없이 우리 주위에서 구할 수 있는 유전자들을 이용하여 임목의 형질전환 가능성을 확인한 정도였다고 요약될 수 있다. 따라서 최근에는 T-DNA 벡터를 직접 개발하려는 시도가 이루어져 BTK 유전자를 PCR로 증폭시킨 후 T-DNA에 삽입시켜 식물형질전환 벡터를 완성하였으며 (노 등, 1994) 현재는 토양세균을 선발하여 특정 물질을 만드는 유전자를 식물에 삽입시키려는 실험이 진행되는 정도까지 이르렀다.

앞으로 임목의 형질전환 실험은 다음 두가지 문제점들을 분명히하고 시작되어야 할 것으로 생각한다. 첫째는 기술적인 문제로서 포플러류를 제외한 나머지 주요 수종에서의 식물체 분화 기술개발이 선행되어야 한다. 세계적으로 임목의 형질전환이 포플러등의 소수의 수종에만 제한 되어 있는 이유도 이 분야가 사실상 어렵기 때문이다. 이 난관의 타개책 중의 하나로 여겨지기 때문에 세계적으로 침엽수, 활엽수 할 것 없이 시도되는 방법이 체세포배 유도인데 이 또한 단세포 혹은 몇개의 세포에서 식물체의 재분화를 전제로 하고 있다. 둘째는 사회적 문제로 형질전환된 식물체의 야외이식으로 비롯될 외래 유전자들의 방출이다. 이들에 대한 생태적, 환경적 문제에 대한 고려가 뒤따라야 할 것이다.

#### - DNA 연구

다른 농작물의 경우처럼 생물공학 기법은 조직배양이나 형질전환외에도 임목 육종에 크게 이용될수 있는데 그 예로 DNA 분석을 통한 변이분석과 종, 변종, 아종, 잡종 및 클론 감별을 들 수 있다. 임목을 대상으로한 DNA분석은 그 역사가 매우 짧아서 그 경향을 정확하게 열거하기란 쉽지 않으나 대체로 genomic DNA에는 rDNA spacer와 엽록체의 DNA 분석에 치중되어 있는 느낌이다. 엽록체 DNA는 그 크기가 비교적 작다는 점과 세포질 유전을 한다는 특성 때문에 생장기간이 긴 임목의 경우 매우 귀중한 표지로 사용될 수 있다. 활엽수를 포함한 대부분의 쌍자엽식물에서 이 들은 모계 유전현상을 나타내는 반면 침엽수의 경우 부계 유전현상을 나타낸다. 임목육종연구소의 경우 엽록체 DNA를 두가지

방법으로 분석하고 있는데 그 첫째는 RFLP를 이용한 것으로 수종 비교이며 둘째는 PCR과 RFLP를 혼용한 것으로 특정부위의 증폭후 증폭된 부위의 절단을 통한 비교이다. 현재 진행중인 것으로는 DNA에서 안정이 되어있는 부분과 변이가 많은 것으로 알려진 부분들을 수종별 비교를 통하여 구분해냄으로써 각 수종의 표지를 찾으려는 실험이 다음지역을 대상으로 진행되고 있다. *rbcL* 유전자와 *atpB* 유전자 사이의 지역, 16S rRNA 유전자와 23S rRNA 유전자 사이의 spacer 및 *rpoC1-C2* 유전자 지역을 대상으로 연구가 진행되고 있다. 현재까지의 연구결과에 의하면 담배의 *rbcL* 유전자를 probe으로 이용한 RFLP 실험 결과는 수종간의 변이를 전혀 탐지할 수 없었으며 PCR과 RFLP를 혼합하여 분석한 경우 16S rRNA 유전자와 23S rRNA 사이의 거리는 약 2.5 Kb로 담배등의 경우보다 약간 큰 것으로 나타나고 있으며 제한효소 절단결과 포플러 수종간 뿐 아니라 근연속 식물인 버드나무와도 한 경우를 제외하고는 똑 같은 pattern으로 나타났다 (표 6). *rpoC1* 유전자와 *rpoC2* 유전자 사이의 간격도 담배보다는 약간 큰 4.3 Kb로 나타나지만 제한효소를 이용한 절단 결과 포플러 수종간의 차이가 없으나 버드나무와는 다른 것으로 나타나고 있다 (표 7). 특히 엽록체 DNA의 PCR 증폭과정에서 나타나는 부수적인 band들을 이용하여 수종의 구분이 가능함이 증명되고 있다. 예를 들면 수원사시와 사시나무의 경우 일반 RAPD를 이용할 경우 구분이 쉽지 않으나 엽록체 DNA를 이용할 경우 쉽게 구분이된다 (이 등, 1994). 이렇게 증폭된 DNA를 제한효소를 이용하여 절단하여 비교하는 실험이 현재 진행중인데 각 수종의 표지를 찾을 경우 엽록체 DNA는 이의 모계 혹은 부계 유전 현상때문에 잡종 감별, 양친수 확인등에 좋은 표지가 될 것이며 조기 검정의 가장 확실한 수단이 될 것으로 기대된다.

nuclear DNA 분석의 경우 rDNA spacer를 대상으로 수종간의 RFLP을 비교하는 실험과 5S rDNA의 sequencing 실험이 추진되고 있다.

표 6. 포플러 수종간의 16S-23S rDNA spacer 제한효소 절편 비교분석

| 효소      | 포플러                          | 버드나무               | 담배                       |
|---------|------------------------------|--------------------|--------------------------|
| HpaI    | 2300                         | -                  | 2100                     |
| PstI    | 2300                         | -                  | 2100                     |
| KpnI    | 950, 420, 380, 350, 200      | -                  | 1500, 600                |
| XbaI    | 2300                         | -                  | 2100                     |
| DraI    | 2300                         | -                  | 2100                     |
| SacI    | 1300, 1000                   | -                  | 1200, 900                |
| HindIII | 2300                         | -                  | 2100                     |
| EcoRI   | 2300                         | -                  | 2100                     |
| SmaI    | 2300                         | -                  | 2100                     |
| BamHI   | 1000, 410, 360, 340, 190     | -                  | 1500, 600                |
| TaqI    | 1250, 380, 230, 200, 140     |                    | 1150, 380, 210, 200, 160 |
| MspI    | 590, 450, 350, 340, 220      | -                  | 930, 720, 520, 130       |
| HaeIII  | 500, 430, 390, 320, 270, 180 | -                  | 600, 390, 320, 270       |
| HpaII   | 530, 430, 300, 290, 220, 200 | -                  | 850, 650, 500, 100       |
| HinfI   | 530, 400, 220, 160           | 520, 400, 220, 160 | 530, 300, 220            |

표 7. 포플러 엽록체 rpoC1-rpoC2 지역의 제한효소 절편 비교분석

| 효소      | 포플러류                                | 버드나무                                     | 담배  |
|---------|-------------------------------------|--|---|
| PstI    | 4300                                | 4300                                     | 4200                                      |
| KpnI    | 2570, 1550, 180                     | 2570, 1550, 180                          | 2700, 1500                                |
| SacI    | 4300                                | 4100, 200                                | 2650, 1550                                |
| HindIII | 4300                                | 4300                                     | 3650, 550                                 |
| EcoRI   | 2000, 1550, 750                     | 2000, 1550, 750                          | 1600, 1400, 1200                          |
| BamHI   | 2400, 1000, 900                     | -  | 2200, 2000                                |
| TaqI    | 520, 450, 390, 340, 240             | 520, 500, 450, 430<br>290, 240           | 700, 450, 400, 340,<br>240, 200           |
| MspI    | 2320, 1040, 380, 300, 260           | 930, 840, 660, 550                       | 380, 300, 280, 260                        |
| HaeIII  | 1450, 1430, 1000, 420               | 1460, 1000, 700, 690<br>450              | 1020, 900, 510, 470<br>450, 400, 250, 200 |
| HpaII   | 2200, 1020, 350, 280, 270<br>180    |  | 1000, 850, 670, 580<br>350, 290, 260, 200 |
| Sall    | 4300                                | 4300                                     | 4200                                      |
| HinfI   | 720, 485, 450, 350, 330<br>220, 170 | 720, 490, 450, 340, 330<br>280, 170, 220 | 580, 410, 340, 270<br>190, 180            |

- 유전자 분리

유전자를 분리하는 실험도 진행되고 있는데 서울대 산림자원학과와 공동연구로 오리나무류에 공생하여 공중질소를 고정하는 *Frankia*의 뿌리혹 (nodule) 형성에 관여하는 nod 유전자를 분리하고 있다. 현재 nodF 유전자의 분리에 성공하였으며 이를 probe으로 이용하여 인접한 다른 유전자들을 조사하고 있다. 이

nod 유전자는 그랩 음성균인 *Rhizobium*이나 *Bradyrhizobium*에서는 이미 확인되었으나 그랩 양성균인 *Frankia*에서는 아직 그 존재가 확인되지 않았던 것들이었다.

#### - genome mapping

최근 미국, 캐나다 등의 나라에서는 침엽수, 활엽수에 대한 genome mapping 연구에 착수하였고 유럽의 각 나라에서도 이를 따르려는 움직임이 보이고 있다. 이 실험은 RAPD, RFLP, 혹은 동위효소 등을 이용하여 표지를 확보한 후 이 표지들 간에 어떠한 연관이 있는가를 분석하여 염색체상에 mapping하는 기법이다. 이렇게 작성된 genome map은 장차 분리될 유전자들의 위치를 확인하는 기준이 될 것이며 이를 토대로 어떤 유전자가 어떻게 유전될 지를 조기에 예측할 수 있게 될 것이다. 이러한 예측을 가능케하는 표지는 임목의 긴 성장주기를 고려할 때 아주 귀중한 가치를 지닌다고 할 수 있다. 임목육종연구소의 경우 genome mapping 연구는 반수체 조직인 배유를 이용하여 소나무를 대상으로 1994년부터 시작되었으며 1995년에는 활엽수인 포플러의 mapping이 double pseudotest cross의 system을 이용하여 시작되었다.

#### (4) 유전자원 보존

유전자보존은 최근 전세계적으로 그 중요성이 인정되어 각국에서 혹은 국제기구에서 많은 관심을 가지고 있는 분야이다. 그러나 대부분 종다양성 확보에 의한 생태계의 균형을 취하고자 멸종위기의 수종(endangered species)에 집중되는 경향을 가지고 있다. 그러다 보니 수종수에만 집중되어 자칫 수종을 구성하고 있는 유전자의 다양성을 망각할 우려가 있다. 생물다양성이 성공적으로 이루어지기 위해서는 종다양성과 아울러 유전자로부터 생태계에 이르는 모든 단계의 변이를 고려하여야 한다. 종다양성과 유전적 변이는 전체 생물다양성 차원에서 가장 중요한 부분이며, 반드시 선을 그어 구분할 필요는 없으나, 관련되어있는 분야로써 분명히 별개의 것으로 취급되어야 한다 (Falk, 1990). 유전자의 변이를 보존하는 것은 곧 바로 수종내의 산지를 보존하는 것이 될 수 있으며, 이때 보존하여야 할 산지를 선정하는 기준은 변이가 큰 것이 될 것이며, 변이의 대소는

지금까지는 주로 효소변이를 이용하여 구명하는 것이었다 (김 등, 1992). 그러나 DNA 표지를 이용한 집단내 혹은 집단간의 변이를 RAPD를 이용하여 수량화하려는 노력이 시도되고 있다. 그 한 예로 천연기념물로 지정된 모감주나무 집단들의 DNA의 PCR 증폭산물을 비교함으로써 우리나라 모감주나무 집단내 및 집단간을 비교하여 안면도집단과 포항, 완도집단간의 분화정도를 추정한 연구도 실행되었다 (임 등, 1994). 또한 예로 우리나라에 두 가지 형태의 들메나무가 전국에 걸쳐 생육하고 있는데 이들이 형태적, 생리적 차이 뿐 만아니라 PCR 증폭산물도 쉽게 구분 됨이 밝혀졌다 (나 등, 1992). 임목육종연구소에서는 1978년부터 유전자 보존림을 지정 고시한 바 있으며 이들의 유전자구조를 동위효소, DNA 등을 이용하여 분석하고 있다. 현재까지 지정된 유전자 보존현황은 표 8과 같다.

표 8. 유전자 보존현황

| 구 분  | 수 종 수 | 현 지 보 존   |          | 현지의보존   |        |
|------|-------|-----------|----------|---------|--------|
|      |       | 수 종 수     | 면 적      | 수 종 수   | 면 적    |
| 침엽수* | 7     | 7 (17집단)  | 2,300 ha | 1 (2집단) | 3.0 ha |
| 활엽수* | 3     | 3 ( 7집단)  | 362 "    | -       | -      |
| 계    | 10    | 10 (24집단) | 2,662 "  | 1 (1집단) | 3.0 ha |

\* 침엽수(집단수):소나무(5), 잣나무(3), 전나무(3), 해송(2), 구상나무(2), 눈잣나무(1), 독일가문비나무(1) 활엽수 (집단수) : 신갈나무(5), 층층나무(1), 황철나무(1)

### 3. 임목육종 연구의 문제점

지금까지는 임목육종연구소의 현황과 아울러 실적을 중점적으로 논하였으나, 이러한 연구에는 아직도 해결해야 할 다음과 같은 문제가 있다.

전술한 바와 같이 잡종소나무인 리기테다소나무의 경우 가장 생장이 우수한 잡종 제1대를 대량 생산하는 방안이 없는 것이 큰 문제이다. 임목육종에 있어서 가장 확실하고 가장 신속하며, 특히 가장 많은 개량효과를 얻을 수 있는 육종방법은 무성증식 기술을 이용하는 육종방법일 것이다. 무성증식방법을 이용하면 선발목의 상가적효과 (additive gene effect)와 비상가적효과 (non-additive gene effect) 모두를 개량효과에 포함시킬 수 있는 장점이 있다. 일반적으로 유성증식 (sexual reproduction)의 경우에는 상가적 효과 이외의 비상가적 효과를 개량효과에 담을 수는 없다 (Ahuja, 1992). 따라서 단위시간내에서의 개량효과를 유성증식과 비교하면 무성증식의 경우가 월등히 높은 것이다. 이러한 장점이 있기 때문에 조직배양에 의한 무성증식은 임목육종에 있어서 대단히 중요하다. 특히 침엽수류의 경우 조직배양에 의한 무성증식이 대단히 어려운 것으로 알려져 있어, 이 분야에 대한 집중적인 연구가 필요하다. 잡종소나무 리기테다 소나무의 경우에도 무성증식만 가능하다면 형질이 우수한 잡종 제1대를 보급할 수 있으나, 이것이 불가능하기 때문에 잡종 제1대보다 열성인 잡종 제2대를 보급하거나, 리기다와의 여교잡종을 보급하는 현상이 초래되기도 하였다.

지금까지 우리나라의 임목육종목표는 항상 재적생장과 이와 관련된 형질의 개량에 초점이 맞추어 왔다. 황폐된 산림을 복구하고 목재수요의 87% (산림청, 1994)을 수입외제에 의존하는 현실을 감안하면 당연한 일일 것이다. 그러나 최근 급속한 경제발전과 국민소득의 증가로 인하여 국민들의 요구가 산림으로부터 목재를 생산하는 것에 국한되지 않고 산림과 나무로부터 더 많은 것을 요구하기에 이르렀다. 즉 더 맑은 공기와 물, 그리고 쉼터로써의 산림의 역할을 요구하고 나선 것이다. 특히 아름다운 경관까지도 요구하게 된것이다. 이와같이 다양해진 요구를 효과적으로 수용하는 것이 시급한 과제가 아닐 수 없다.

임목은 잘 알려진 바와 같이 수명이 길고 세대가 길어 육종에 소요되는 기간도 장기간이 요구되는 것이 보통이다. 그런데 임목육종의 목표는 현재의 현실에 입각하여 장래의 시장수요를 혹은 국민의 요구를 추측하여 결정하는 것이다. 그런데 이러한 추측은 먼 앞 날보다는 가까운 앞 날을 대상으로 할때 보다 확실한 것이 될 것이다. 즉 육종기간을 단축하면 그 만큼 장차의 시장수요를 추측하는데도 그 정확도가 높아짐으로써 보다 확실한 육종목표를 정할 수 있을 것이다.

따라서 장기간의 경과후에 얻어지는 육종결과가 쓸모없는 것이 되고마는 경우가 적어질 것이다. 예를 들면 현재에는 재적생장에 목표를 두고 있기 때문에 신속한 성장을 목표로 육종을 하고 있지만, 최종적으로 재적생장이 빠른 품종을 육성완료할 시점에서는 이미 시장의 요구가 재적생장에서 단단한 재질로 변화되었다고 하면 그때까지 육종에 쏟아부은 노력은 모두 허사가 되고 말 것이다. 그러므로 육종기간의 단축은 임목육종에서 대단히 중요한 문제중의 문제가 아닐수 없다. 물론 육종기간이 단축되면 앞에서 설명한 것만 해결되는 것은 아니다. 그 외에도 육종에 소요되는 노력과 경비가 적게 들어가는 것도 중요한 것이 될 것이다.

생물공학 응용의 문제점은 형질전환의 경우 대부분 임목이 품매 타배성이어서 상당량의 화분이 생산되는데 임목자체의 크기나 긴 성장 기간때문에 통제된 환경에서 재배가 불가능하다는 점과 그에 따른 유전자의 방출을 방지할 대책이 없다는 점이다. 이러한 문제는 형질전환 대상 유전자를 개화기 이전에 수확하는 물질생산등에 한정함으로써 해결할 수도 있으리라 생각된다. 임목의 성장기간이 길기 때문에 표지를 이용한 조기선발은 세대를 단축할 수 있는 좋은 접근방법이 될 수 있다. DNA 분석에 의한 표지개발의 경우 실현이 된다면 자연 집단에서 유령목도 선발할 수 있다는 장점도 있으나 실제적으로 이들 표지가 유용형질과 어느 정도의 연관이 있는지를 계산하려면 그러한 유용형질의 유전양식에 대한 정보를 가지고 있어야 한다. 그러나 특정형질의 유전양식이 임목의 어떤 가계에서 확인된 바가 거의 없기 때문에 genome mapping의 결과를 가까운 장래에 이용할 수 있으리라는 기대는 또 다시 어려워진다. 따라서 임목육종도 다른 식물의 경우와 같이 기본적인 교배, 검정교배가 먼저 이루어지고 육종 대상 형질이 대상 수종에서 어떤 양식으로 유전되는지를 파악한 후라야 가능하며 분자생물학적 표지라는 것도 이러한 기초위에서만 의미가 있다는 것도 문제점으로 지적될 수 있다.

#### 4. 임목육종 연구의 방향

-변화된 시대의 요구에 부응하는 육종목표의 다양화-



시대의 변화 즉 급속한 산업화와 국민소득의 증가로 인하여 산림 혹은 나무에 대한 국민들의 요구가 다양해진 만큼, 임업도 산림을 단순한 목재와 섬유생산 도구로 보는 전통적인 시각을 지양하고 목재생산 이외의 공익적 기능에 초점을 맞추는 육종목표의 다양화가 필요하다.

### (1) 환경수종 육종

육종목표로 삼을수 있는 공익적 기능은 첫째 내공해성 혹은 오염물질 정화능력 등이 될 수 있을 것이며, 이러한 저항성과 함께 아름다운 조경의 역할까지도 할 수 있는 나무라면 더욱 바람직한 육종목표가 될 수 있을 것이다. 내공해성은 특히 공해로 인하여 산림이 파괴된 공단주변지역에 필요할 것이며, 공해정화 능력은 공단주변은 물론 토양오염이 심각한 쓰레기 퇴적장 (예: 서울의 난지도) 주변에 식재하여 토양내의 오염물질을 제거하는 것이 될 것이다. 미국의 뉴저지에서는 쓰레기 퇴적장에 alpine pennycress라는 식물이 토양중의 카드뮴(Cadmium)과 아연(Zinc)을 흡수축적하는 능력이 뛰어난 것을 구명하고, 이 식물의 유전자를 보다 큰 식물체에 도입하여 효과적으로 토양중의 중금속을 제거하면서, 이것을 다시 회수하여 재활용하는 방안까지 연구할 계획이라고 한다(Hager, 1992). 우리나라에서도 쑥(*Artemisia princeps var. orientalis*)과 토양중의 중금속 함량(납, 구리, 카드뮴)과 정(鎂)의 상관관계가 있음이 보고되고 있어(김상구 등, 1993), 쑥이 가지고 있는 중금속 흡수능력을 생명공학 기법으로 덩치가 크고 수명이 긴 임목에 도입할 수 있다면 대단히 효과적인 정화방법이 될 것이다.

### (2) 산업원료 생산

앞으로는 산업원료 수종의 육종 또한 대단히 중요한 분야가 될 것이다. 미국 남서부와 멕시코의 사막지방에 자생하는 jojoba(*Simmondsia chinensis*)는 멸종 위기의 향유 고래잡이를 금지함으로써 화장품 원료로 널리 쓰이는 기름원료(liquid-wax ester) 공급을 대체한 관목류 수종이다. 종자에서 기름을 생산하는 것으로 미국 남서부 지역에 상당한 면적이 식재되어 있다(Hinman, 1986). 이러한 경우의 육종목표는 물론 원료생산이 많은 품종을 개발하는 것이 될 것이다.

또 다른 예로 인도의 님 (Neem) 나무 (*Azadirachta indica* A.juss.)를 들 수 있다. 이 나무는 azadirachtin이라는 생물 살충제 (biopesticide)를 함유하고 있어, 인도에서는 전통적으로 충치를 방지하는데 혹은 곡식해충을 방제하는데 사용해왔다 (Hager, 1992). 최근에는 이 물질을 원료로 Margosan-O라는 상표로 이미 상품화되어 시판되고 있다 (Agbiotechnology News, 1993). 이 경우에도 육종목표는 함량이 높은 품종을 육성하는 것이 될 것이다. 우리나라의 옷나무도 좋은 산업원료 수종 중의 하나가 된다. 옷칠은 각종 산과 알카리에도 부식되지 않으며, 내염, 내열성 및 방부, 방충, 방수, 절연효과가 있어 산업적으로 중요한 원료가 되는 것으로 알려져 있다 (현정오 등, 1993). 황칠나무 (*Dendropanax morbiifera*)도 우리나라의 전통적인 도료로써 최근 관심이 높아지고 있는 수종이다 (공영토, 1994).

### (3) 약용수종 육종

약용수도 무시할 수 없는 중요한 분야이다. 특히 우리나라는 한약을 많이 사용하고 있기 때문에 결코 소홀히 할 수 없다. 두충나무 (*Eucommia ulmoides*)는 수피, 종자, 잎등이 한약재로 이용되는 약용수 (구관효 등, 1991)로 널리 알려져 있으며, 산사나무 (*Crataegus pinnatifida* Bunge), 산수유나무 (*Cornus officinalis* S.et Z.), 오미자 (*Schisandra chinensis* Baill.), 구기자 (*Lycium chinensis* Mill.), 황벽나무 (*Phellodendron amurense* Rupr.), 은행나무 (*Ginkgo biloba* L.)등도 아주 잘 알려진 약용수이다. 고로쇠나무 (*Acer mono* Max.)도 수액을 약용으로 음용하므로 훌륭한 약용수가 될 수 있으며, 특히 최근에 세인의 관심을 많이 끌고 있다고 말할 수 있을 것이다.

### (4) 유실수 육종

유실수류는 전통적으로 임업의 대상이 되어 온 밤나무, 호도나무등 이외에도 열매에서 향신료를 생산하는 초피나무 (*Zanthoxylum piperitum* DC.), 뽕대추 (*Zizyphus jujuba* Mill.), 모과나무 (*Pseudocydonia sinensis* Schneid.), 으름나무 (*Akebia quinata* Decne.) 등도 임업에서 취급할 수 있는 유망한 유실수라고 생각된다.

## 결 론

임목육종연구가 지금까지는 국가의 요구에만 부응하여 용재수종에만 치중해왔으나 앞으로는 국민들이 원하는 수종에 대한 육종도 아울러 실시함으로써 국민의 요구에 부응하여야 할 것이며, 이러한 연구들이 단기간내에 성공적인 결과를 얻기 위해서는 생물공학의 적극적인 이용이 절대적이라 할 수 있겠다.

임목육종 과정에서 생물공학적으로 해결하여야 할 가장 시급한 문제들은 먼저 조직배양부분에서 획기적인 대량무성증식 기술을 개발하여야 하며 유용한 2차 대사산물에 대한 효과적인 생산기술을 개발하여야 할 것이다. DNA 분석방법은 조기검정의 표지를 찾아내는 것이 될 것이며 형질전환분야의 경우 임목이라는 특수성을 고려할 때 자연계의 유전자 pool을 교란시키지 않는 수단을 강구하여야 하며 그러한 전제조건하에 산업물질, 공해물질 정화품종등을 유전자 조작의 방법으로 개발하여야 할 것이다.

## 인 용 문 헌

1. Ahuja, M.R. 1992. Biotechnology and Clonal Forestry. In Clonal Forestry 1-Genetics and Biotechnology, M.R. Ahuja and W.J. Libby (ed.), Springer-Verlag, Berlin. pp135-144
2. Falk, D.A. 1990. Endangered forest resources in the U.S.: Integrated strategies for conservation of rare species and genetic diversity. For. Ecol. 35: 91-117
3. Hager, M. 1992. Miracle Plants. Newsweek/November 30: 46-48
4. Hinman, C.W. 1986. Potential new crops. Scientific American, 255(1): 33-37
5. Agbiotechnology News, 1993. Vol.10, No.2, p4

6. Lee, J.S., E.W. Noh, S.S., Jang, and S.K. Lee. 1993. Chloroplast DNA stability in *Populus*: Amplification and restriction analysis of a spacer between 16S *rRNA* and 23S *rRNA* genes. Res. Rep. For. Gen. Res. Inst. 29: 89-94
7. Lee, J.S., E.W. Noh, S.K. Lee, and K.W. Kwon. 1993. Analysis of *Populus* cpDNA by restriction fragment length polymorphism (RFLP) techniques. J. Kor. For. Soc. 83: 20-24
8. Lee, J.S., E.W. Noh, S.S. Jang, S.K. Lee, E.R. Noh, and D.K. Lee. 1994. Development of species specific RAPD markers using *Populus* cpDNA. Kor. J. Breed. 26: 335-339
9. Na, C.S., E.W. Noh, Y.J. Kim, C.H. Shin, W.S. Song, and S.H. Kim. 1992. Detection of DNA sequence polymorphism by polymerase chain reaction in *Fraxinus mandshurica* Rupr. growing in Korea. J. Kor. For. Soc. 81:320-324
10. Son, D.S., and S.H. Joo. 1985. Inheritance of four isozymes (GOT, ACP, MDH, and ADH) in *Populus alba* x *P. glandulosa* F1 hybrids. J. Kor. For Soc. 71: 90-98
11. 김기철, 이봉춘, 김선창, 이석구. 1992. 신갈나무 17개 천연집단의 생태적 및 유전적 특성에 관한 연구. 임목육종연구소 연구보고 28: 31-39
12. 김정석, 이석구. 1973. 자연 4배체 아까시나무(*Robinia pseudoaccacia* L.)형태학적 및 세포학적 특성. 임목육종연구소 연구보고 10: 57-65
13. 김상구, 장봉기, 이진우, 김두희. 1993. 대구시내 및 인근지역의 토양과 축증의 중금속함량. J. Environ. Sci. (Kyungpook Natl. Univ.) 7: 221-234
14. 공영토. 1994. 전통도료 황칠의 물성과 도막성능. 월간임업정보 40: 37-40
15. 구관효, 윤기식, 이강령. 1991. 두충나무의 종자발아, 묘목생장 및 물질생산. 한국임학회지 80: 202-209
16. 노은운, 이재순, 장석성, 이석구. 1994. BTK 독소 유전자의 식물체삽입을 위한 T-DNA vector 개발. 임목육종연구소 연구보고 30: 114-120

17. 노의래, 안진권, 현신규. 1984. 양황철나무 (*Populus nigra* x *P. maximowiczii*) 생장 및 적지. 임목육종연구소 연구보고 20: 46-51
18. 노의래, 이성규, 안진권. 1984. 신품종 수원포플러. 임목육종연구소 연구노트 3pp.
19. 변광옥. 1989. 리기테다소나무 육종연구의 성과와 금후 방향. 석사학위논문. 고려대학교 대학원 임학과
20. 산림청. 1994. 임업통계연보. 제 24호. 산림청, pp535
21. 손두식. 1974. 양버들 x 황철나무 우량개체의 생장. 임목육종연구소 연구보고 11:61-68
22. 윤양. 1993. 韓國における林木バイオテクノロジー研究の現況. 林木の育種. 日本林木育種協會. 168: 29-31
23. 임경빈, 노은운, 장석성, 김용식, 전승훈. 1994. 지리적으로 격리된 모감주나무 집단 DNA 변이. 임목육종연구소 연구보고 30: 93-98
24. 임목육종연구소. 1982. 연보. 산림청 임목육종연구소. 227pp
25. 중앙임업시험장 수원육종지장. 1956. 한국의 임목육종. 중앙임업시험장 수원육종지장 19pp
26. 현신규, 손두식, 조리명. 1967. X *Populus alba glandulosa* F1의 생장에 관한 연구. 임목육종연구소 연구보고 5: 53-60
27. 현정오, 김만조, 이세표. 1993. 産漆量이 많은 옷나무 개체의 선발에 관한 연구. 한국 임학회지 82: 122-127