

임업종묘기사:임목육종학(유전 및 육종 일반)

산림 자원의 가치를 극대화하기 위한 임목육종학의 핵심 이론을 체계적으로 정리한 전문 자료이다. 임목은 세대 기간이 매우 긴 장기성(長期性) 식물이므로, 육종 연한을 단축하고 유전적 소질을 개량하여 생산력을 높이는 것이 육종 전략의 핵심이다.

1. 멘델의 유전 법칙 (Mendel's Laws)

유전학의 기초로서 대립형질이 자손에게 전달되는 원리를 설명한다. 임목 육종에서는 원하는 형질의 고정 여부를 판단하기 위해 여교잡(Backcross) 및 **검정교잡(Testcross)**을 적극적으로 활용한다.

1. 우성의 법칙 (지배의 법칙): 우성 대립유전자가 열성 유전자를 제어하여 잡종 제1대(F_1)에서 우성 형질만 발현되는 원리이다. 단, 우열 관계가 불분명하여 중간 형질이 나타나는 불완전우성(중간잡종) 현상에 유의해야 한다.
2. 분리의 법칙: F_1 을 자가수분하여 얻은 F_2 에서 우성과 열성이 일정 비율(표현형 3:1)로 분리되어 나타난다. 이는 감수분열 시 대립유전자가 각각 다른 생식세포로 들어감을 의미한다.
3. 독립의 법칙: 두 쌍 이상의 대립형질이 서로 간섭 없이 독립적으로 유전되는 원리이다. 육종가는 이를 통해 수간의 통직성이나 내병성 등 서로 다른 우수 형질들을 하나의 개체에 결합할 수 있다.

2. 하디-바인베르크 법칙 (Hardy-Weinberg Law)

집단유전학적 관점에서 외부의 요인이 없다면 집단의 유전자 빈도가 세대를 거듭해도 변하지 않는다는 평형 법칙이다. 만약 유전자 빈도에 변화가 생긴다면, 이는 해당 집단에 **진화 요인(Evolutionary factors)**이 작용하고 있음을 시사한다.

- 평형 성립의 5대 전제 조건:
- 돌연변이가 없을 것
- 집단 간 유전자의 유입·유출(이주)이 없을 것
- 특정 유전자형에 대한 선발(도태)이 없을 것

- 집단의 크기가 충분히 커서 유전자 표류(**Genetic drift**)가 일어나지 않을 것
- 임의교배(무작위 교배)가 이루어질 것
- 유전자 빈도 계산 수식:
- $p + q = 1$ (대립유전자 빈도)
- $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ (유전자형 빈도)
- p^2 : 우성 호모 빈도 / $2pq$: 헤테로 빈도 / q^2 : 열성 호모 빈도

3. 자식약세와 잡종강세 (Inbreeding Depression & Hybrid Vigor)

임목의 유전적 변이를 조절하여 우량 개체를 육성하는 핵심 기작이다.

- 자식약세 (**Inbreeding Depression**): 타식성인 임목을 자가수분할 때 헤테로 상태에 숨어있던 ****생육유해유전자(Deleterious recessive genes)****가 열성 호모화되어 생장이 저하되고 결함이 나타나는 현상이다.
- 사례: Slash Pine(테다소나무류)의 자식 차대에서 0.4~7.6%의 빈도로 백자묘(**Albino**)가 출현하는 것이 대표적이다.
- 잡종강세 (**Heterosis**): 유전적 배경이 다른 양친을 교배했을 때 잡종 제1대가 양친보다 우수한 생장과 적응력을 보이는 현상이다.
- 이론적 가설:
- 초우성설 (**Overdominance**): 헤테로 (Aa) 결합이 양쪽 호모보다 유전적으로 우월하다는 가설이다.
- 우성유전자연쇄설: 열성 유전자의 유해 효과가 우성 유전자에 의해 피복되어 강세가 나타난다는 이론이다.
- 잡종향토설 (**Hybrid Habitat**): 잡종이 양친의 중간적 환경이나 새로운 환경에 더 잘 적응한다는 가설이다. (예: 석회암지의 *Quercus mohriana* 와 사질토의 *Q. havardii* 간 잡종, 또는 북쪽 적응형 리기다와 남쪽 적응형 테다의 잡종인 리기테다소나무의 우수한 생장)
- 상가적 효과설: 여러 유전자의 ****상가적 유전분산(Additive Genetic Variance)****이 합쳐져 강세를 형성한다는 관점이다.

4. 유전자의 특수 작용 및 상호작용

단일 또는 비대립 유전자 간의 복합 작용으로, 육종 시 형질 발현의 정밀한 예측을 위해 필수적이다.

- 다면발현(**Pleiotropy**) 및 상위성(**Epistasis**): 하나의 유전자가 여러 형질에 관여(다면발현)하거나, 특정 유전자가 다른 비대립 유전자의 발현을 억제·피복(상위성)하는 현상이다.
- 제니아(**Xenia**)와 메타제니아(**Metaxenia**):
- 제니아: 피자식물의 중복수정(**Double Fertilization**) 과정에서 화분의 유전자가 종자의 배유(**3n**) 형질에 직접 영향을 주는 현상이다.
- 메타제니아: 화분의 영향이 배유를 넘어 모체 조직(과속, 과피 등)에까지 파급되는 현상이다.
- 치사유전자 (**Lethal Gene**): 개체의 발생 초기나 특정 생육 단계에서 생명을 잃게 하는 유전자로, 주로 열성으로 작용한다.

5. 염색체 변이 및 배수체 육종

염색체 수를 인위적으로 조절하여 거대성이나 불임성을 유도하는 기술로, 임목의 육종 연한 단축에 크게 기여한다.

- 배수체별 특징:
- 반수체 (**n**): 염색체 수가 절반인 개체로, 이를 배가하면 단기간에 완전한 순계(**Homo**)를 확보할 수 있어 육종 기간이 단축된다.
- 3배체 (**3n**): 생장이 빠르고 거대하며, 종자가 생기지 않는 불임성을 활용해 용재 생산량을 극대화한다.
- 4배체 (**4n**): 2배체보다 기관이 거대해지며 물질 함량이 증대된다.
- 콜히친 (**Colchicine**) 처리: 세포 분열 시 방추사 형성을 억제하여 염색체 배가를 유도하는 핵심 화학물질이다.

6. 조직배양 (Tissue Culture)

식물 세포가 가진 **전체형성능(Totipotency)**을 기초로, 기내 환경에서 개체를 재생하는 기술이다.

- 주요 기법:
- 약배양 (**Anther Culture**): 화분(약)을 배양하여 반수체 및 순계를 유도한다.
- 생장점 배양 (**Meristem Culture**): 분열 조직을 배양하여 바이러스 프리(**Virus-free**) 묘목을 생산하고 우량 개체를 대량 증식한다.
- 조직배양의 이점:

- 세대 단축 및 육종 연한의 획기적 절감
- 연중 대량 증식 및 급속 증식 가능
- 세포융합 및 형질전환을 통한 신종 창출 기반 제공

7. 유전자원 보전법 및 도입육종

유전적 다양성을 확보하고 미래 육종 소재인 ****유전자급원(Gene pool)****을 관리하는 전략이다.

- **현지내 보전 (In-situ):** 자생지의 생태계 내에서 유전자원을 보호구역 지정을 통해 보전하는 방식이다.
- **현지외 보전 (Ex-situ):** 채종원, 수목원, 종자 저장고 등에 보전하는 방식이다. 이는 ****도입육종(Introduction of exotic species)****과 연계되어, 외래 수종의 유용한 우성 유전자를 확보하고 국내 적응력을 시험하는 중요한 창구가 된다.

8. 기출 핵심 요약 표 (Key Points Summary)

핵심 항목, 필수 암기 포인트 (Professional Level)

멘델의 법칙, "우성, 분리(3:1), 독립의 법칙 / 여교잡(Backcross) 및 검정교잡 활용"

하디-바인베르크, 5대 전제조건(임의교배 등) / 변화 시 진화 요인 개입 /

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

자식약세, 생육유해유전자 노출 / Slash Pine 백자묘 사례(0.4-7.6%)

잡종강세 가설, "초우성설, 우성유전자연쇄설, 잡종향토설(리기테다소나무), 상가적 효과설"

유전자 상호작용, "다면발현, 상위성 / 제니아(3n 배유 영향, 중복수정), 메타제니아(모체 영향)"

배수체 육종, "콜히친(염색체 배가) / 반수체(순계 육성 및 육종 연한 단축), 3배체(거대/불임)"

조직배양, "전체형성능(Totipotency) 기초 / 약배양(반수체), 생장점 배양(바이러스 프리)"

유전자원 보전, 현지내 vs 현지외 / 도입육종을 통한 유전자급원(Gene pool) 확보