

'멘델 유전학과 사회' 관련 수업 제안

학부대학 장수철

1.1

**과학과 사회의 관계를 이해할 수
있는 능력**

One of six competencies

생명과과학의 6가지 핵심 문해력

- 과학의 과정을 적용할 수 있는 능력
- 양적 추론 능력
- modeling과 simulation 능력
- 과학의 다학제적 특성을 이용하는 능력
- 다른 분야와 소통하고 협력하는 능력
- *과학과 사회의 관계를 이해하는 능력*

과학과 사회 (Vision and Change, 2009)

- *Biology is conducted in a societal context*
- 생물학 교육에서 살펴봐야 할 덕목
 - 사회에 미친 과학적 발견의 영향
 - 생물학 연구의 윤리적 함의
- 학생들이 일상 속에서 생물학의 사회적 맥락을 인식하도록 하여야 한다.

1.2

멘델의 유전학

과학적 접근의 모범 사례

- 현대 유전학은 수도사 Gregor Mendel이 완두를 사용한 실험을 통해 입자 유전의 mechanism을 기록한 수도원의 정원에서 시작했다.



Mendel의 실험적, 수량적 접근

□ Mendel의 과학적 접근

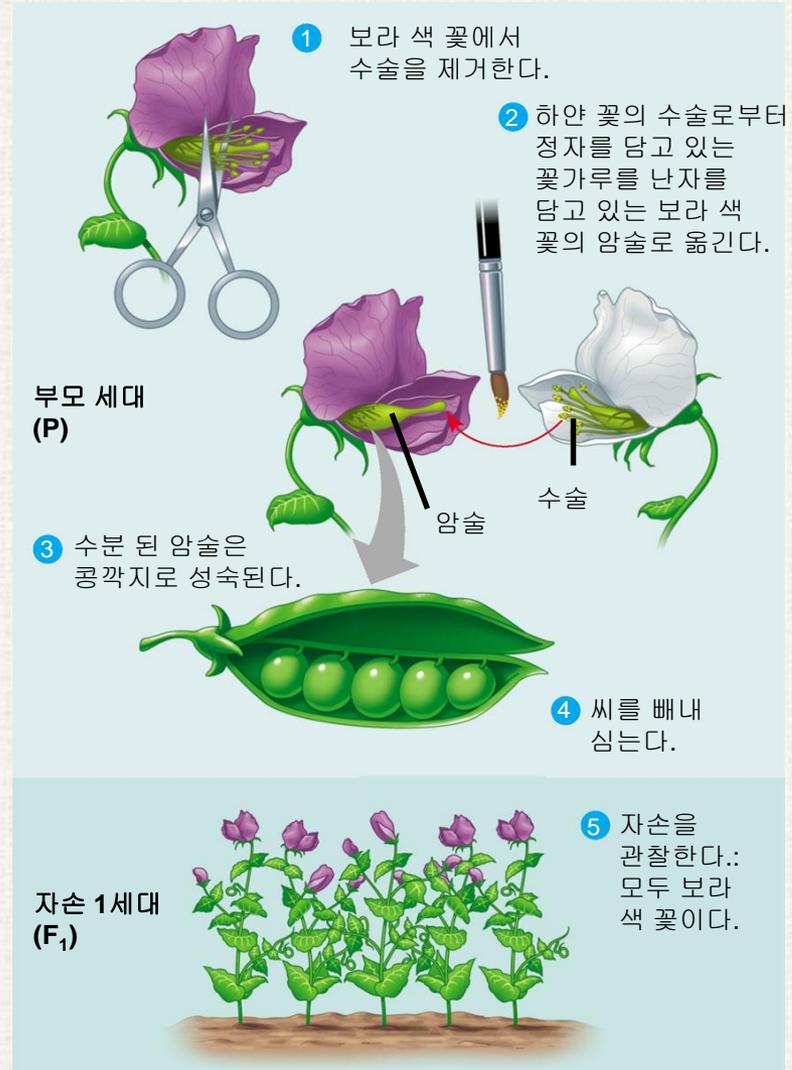
- 당시에 농사법이 잘 알려져 있고 변이가 다양한 완두 사용
- 2가지 대립유전자 관찰과 정확한 교배
- F_2 세대까지 실험, 관찰: “**순종 (true-breeding)**” 변이를 확인하여 실험 시작하여 잡종화 수행
- 통계를 위한 data 모음: 7년 동안, 29,000그루 이상 기름

• 완두의 교배

APPLICATION 두 가지의 순종 교배를 통해 과학자들은 유전의 양상을 연구할 수 있다. 이 실험에서 Mendel은 꽃의 색이 다양한 완두를 교배하였다.

TECHNIQUE

RESULTS 흰색 꽃으로부터 유래한 꽃가루가 보라색 꽃의 난자와 수정되면 잡종의 첫째 세대는 모두 보라색 꽃을 지닌다. 이 결과는 보라색 꽃에서 유래한 꽃가루를 사용하여도 마찬가지이다.



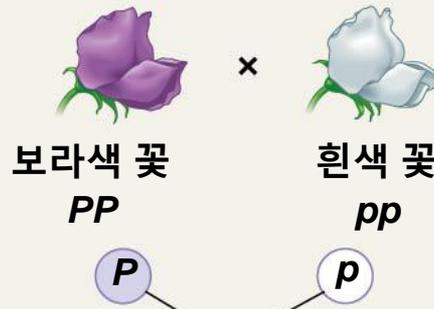
분리의 법칙 (The Law of Segregation)

□ Mendel은

- “F1 식물 모두 보라색 꽃을 지닌다”
- “이들을 자가 수분시키면, F2 세대에는 보라색 꽃과 흰색 꽃이 모두 나타남을 발견, 즉, F1에서 보이지 않았던 흰색 형질이 F2에서 다시 나타났다.”
- 우성과 열성 규정 & 부모의 유전자는 분리되어 자손에게 전달된다.

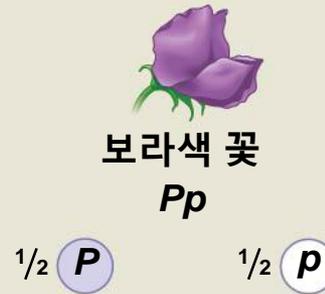
P 부모 세대

표현형:
유전자 조성:
배우자:



F₁ 자손 세대

표현형:
유전자 조성:
배우자:



F₂ 자손 세대

F₁ (Pp)
식물에서
유래한 남자

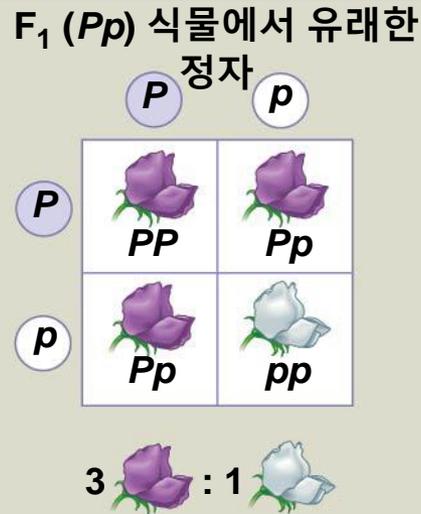
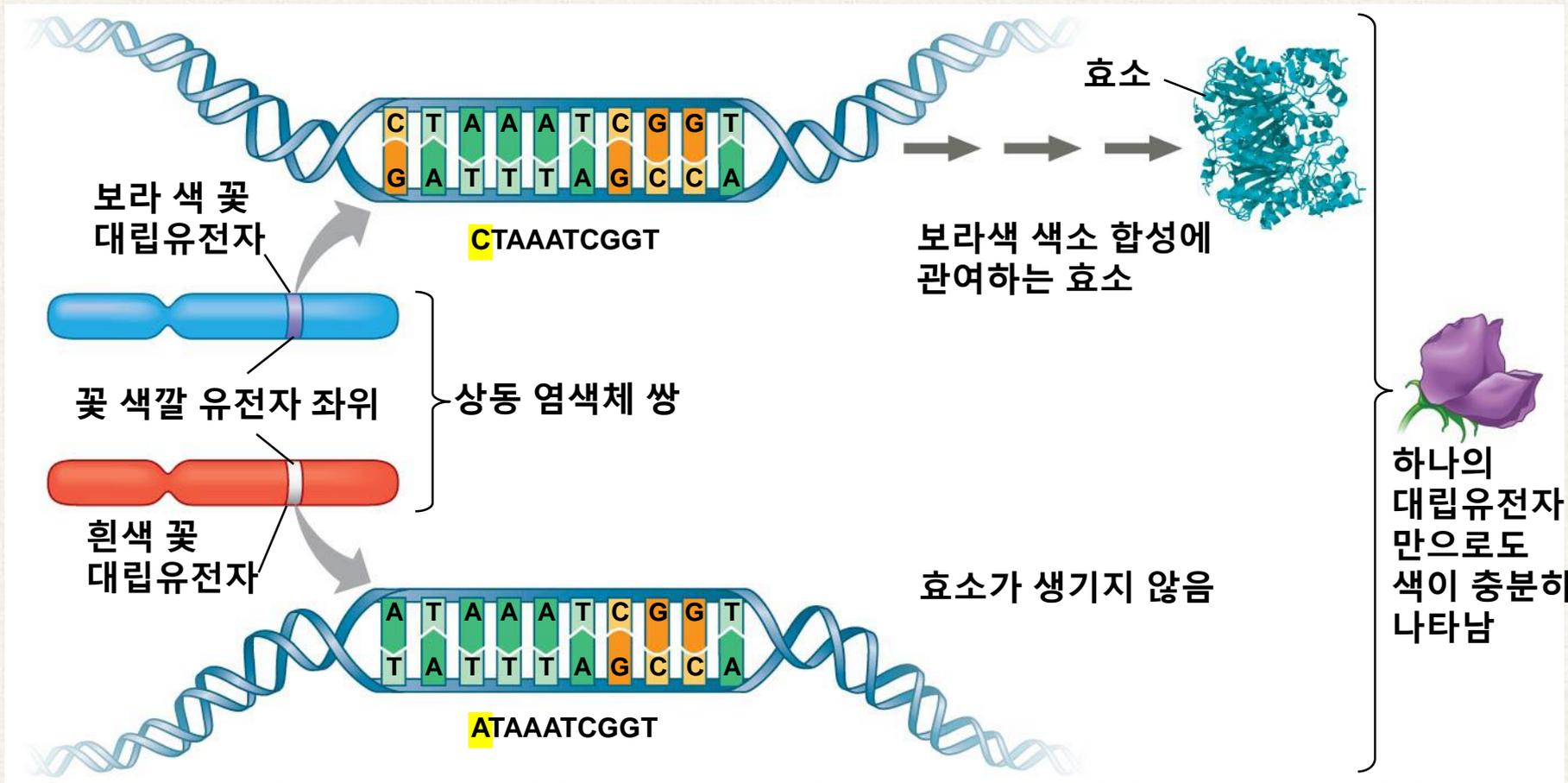


Table 14.1 The Results of Mendel's F₁ Crosses for Seven Characters in Pea Plants

Character	Dominant Trait	×	Recessive Trait	F ₂ Generation Dominant: Recessive	Ratio
Flower color	Purple 	×	White 	705:224	3.15:1
Seed color	Yellow 	×	Green 	6,022:2,001	3.01:1
Seed shape	Round 	×	Wrinkled 	5,474:1,850	2.96:1
Pod shape	Inflated 	×	Constricted 	882:299	2.95:1
Pod color	Green 	×	Yellow 	428:152	2.82:1
Flower position	Axial 	×	Terminal 	651:207	3.14:1
Stem length	Tall 	×	Dwarf 	787:277	2.84:1



보라 색 꽃
대립유전자

CTAAATCGGT

효소

보라색 색소 합성에
관여하는 효소

꽃 색깔 유전자 좌위

상동 염색체 쌍

흰색 꽃
대립유전자

ATAAATCGGT

효소가 생기지 않음

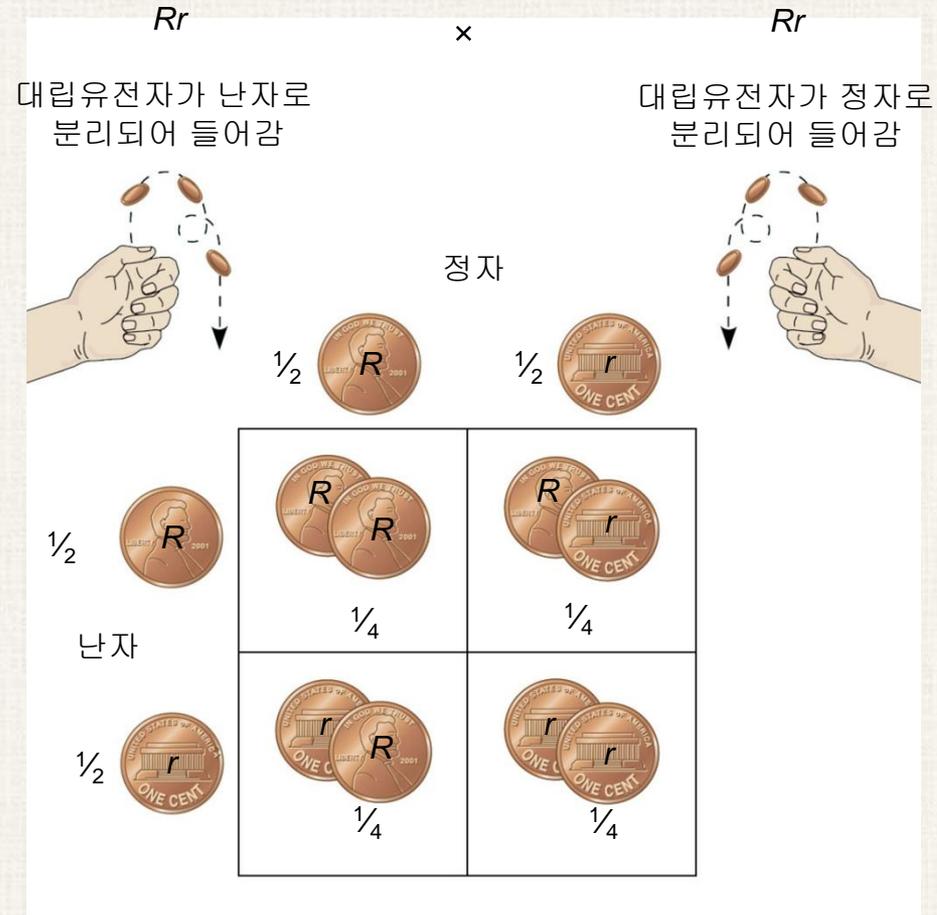
하나의
대립유전자
만으로도
색이 충분히
나타남

1.3

멘델 법칙의 영향

확률, 잘못된 관념 타파

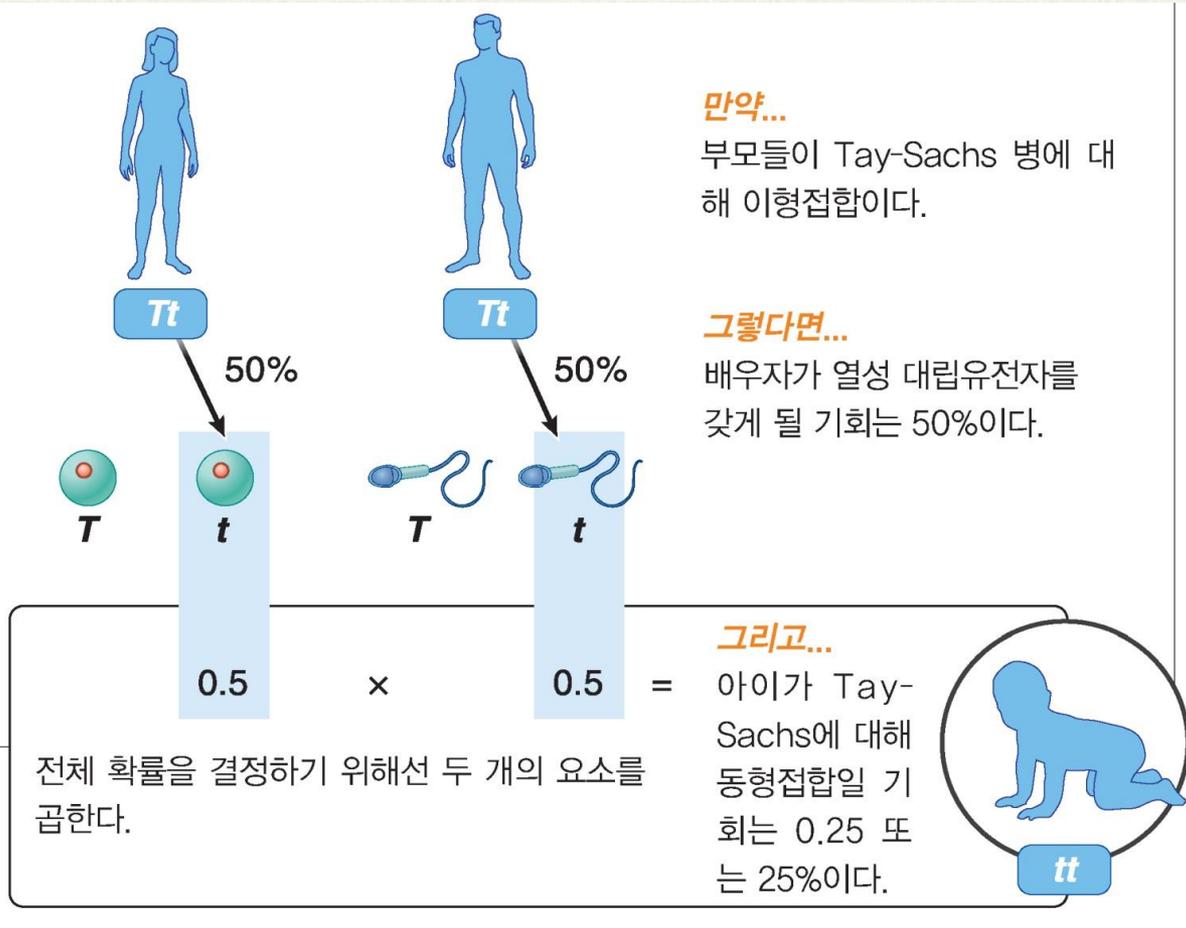
확률로 유전학적 문제를 풀 수 있다.



유전적 특징 발생 확률 상담

- 아들 or 딸 탄생 확률?
- 정상 부부 사이에서 아들만 색맹인 이유
- 왜 몸에서 생선 썩은 냄새가 나는가?
 - 이 냄새를 분해하는 FMO3 (flavin-containing monooxygenase-3)에 문제: 소변, 땀, 입김에 냄새가 남,
 - 아무리 씻어도 냄새가 잔존: 조롱, 사회적 소외, 우울증 유발 - 자녀 계획?

유전병에 대한 사회적 대책 마련



- 1/3,600의 비율로 발생, 비유대인 또는 지중해 유대인에 비해 100배 정도 많은 비율; 유전학을 공부하여 발병률을 75% 감소

근친상간의 터부

□ 근친상간의 위험성 설명

- 대부분의 사회와 문화는 근친끼리의 결혼을 금지하는 법 또는 taboo를 가지고 있다.
- 혈연간의 결혼은 (해로운) 열성 인자끼리 합쳐지는 확률을 증가시킴: 여러 왕들의 혈통

사이비 유전 이론 타파

□ 혼합 가설 ("*blending*" hypothesis)

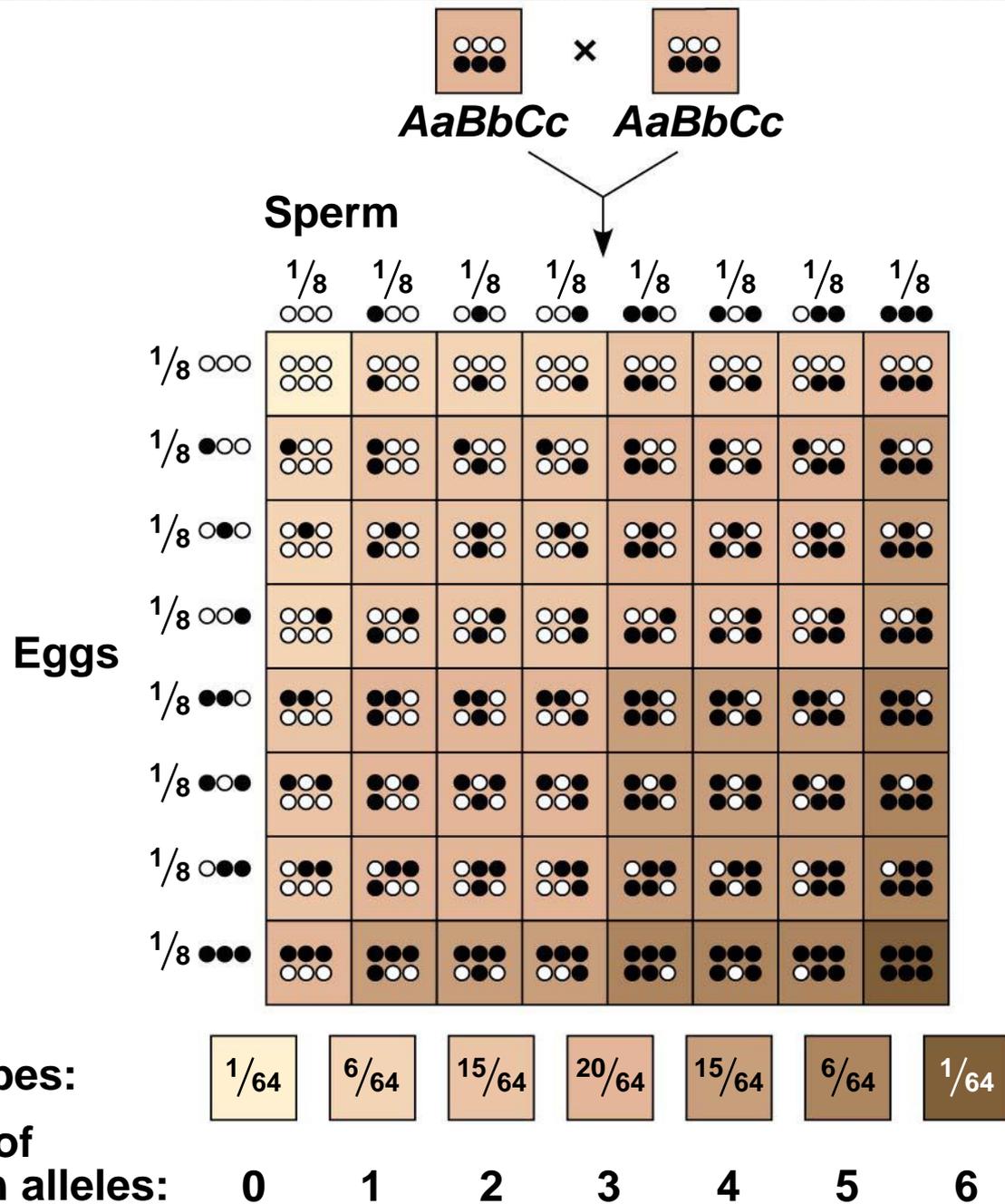
- 멘델 생존 당시 그리고 현재에도 언급되는 유전 설명 mechanism
- 이 가설은 푸른 색과 노란 색 paint가 섞여 녹색을 나타내듯이 각 부모의 유전 물질이 섞인다고 주장
- 많은 세대 동안 자유롭게 교배한 집단은 동일한 개체로 구성된 집단을 형성할 것이다.

□ KKK의 인종차별 논리의 근거:

" You know the system: They want to throw white children and coloured children... .. into the melting pot of integration... .. out of which will come a conglomerated, mulatto, mongrel class of people! Both races will be destroyed in such a movement." in the Movie 'Mississippi Burning'

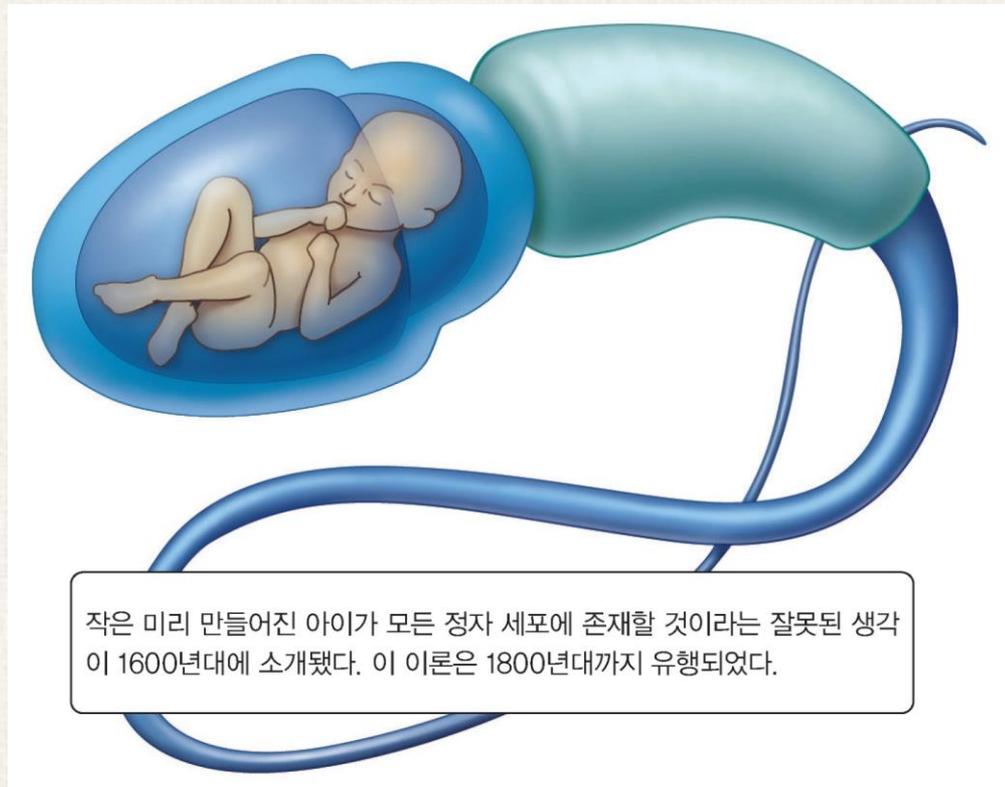
“One-drop rule”





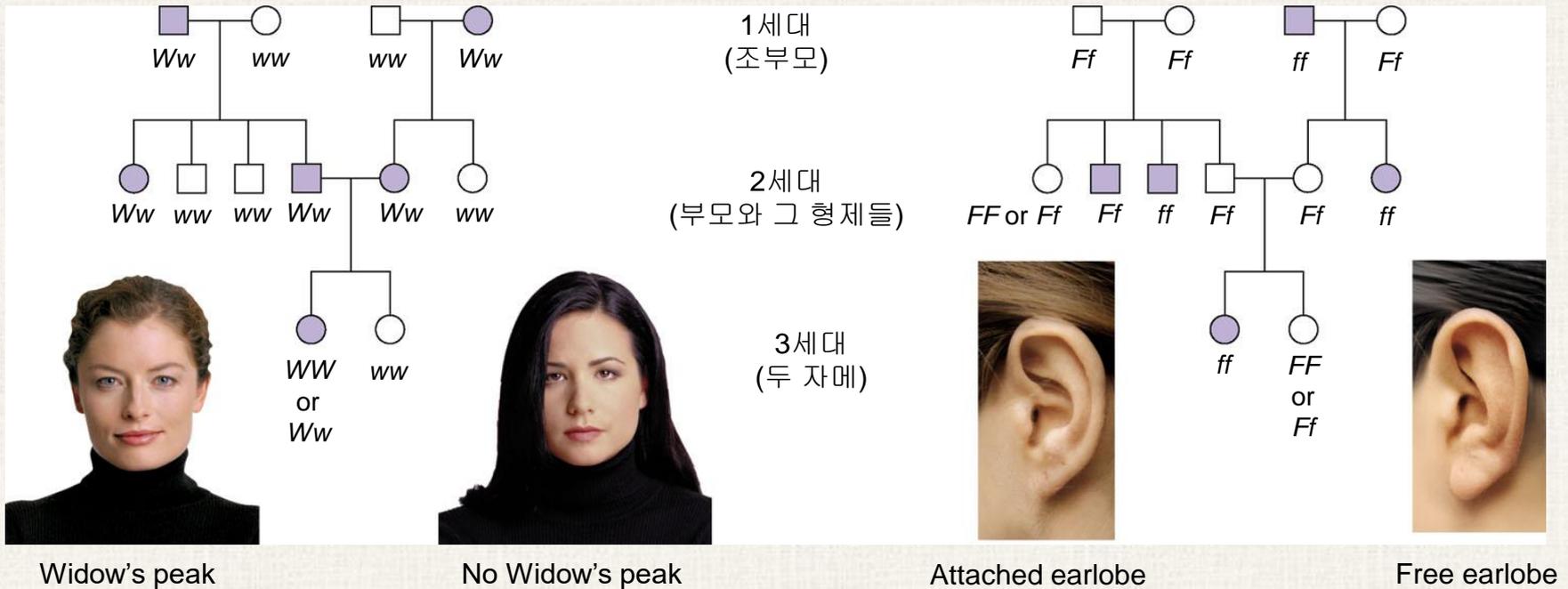
“미리 만들어져 있는 인간”: spermism?

- 여성은 자궁 주머니:
그리스 비극 'Eumenides'
- 여성의 기여는 없다?
 - 아이는 어머니도 닮는다.
 - 부모 키의 중간인 자손이 출현한다.



혈통 정리: 가계도 (Pedigree) 작성과 분석

* 특정 형질의 유전 양상은 가계도를 사용하여 추적할 수 있다.: widow's peak & attached earlobe

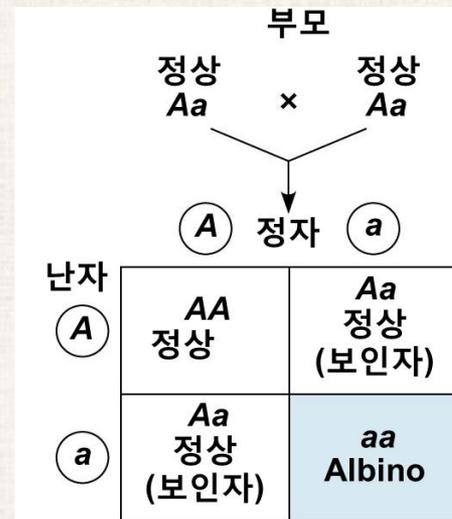


(a) 우성 형질 (widow's peak)

(b) 열성 형질 (attached earlobe)

유전병 규명: 우성?, 반성유전?

- 열성 유전병: 보인자 존재 예) 낭포성섬유증, 알비노 등 대부분의 치명적 유전병
- 우성 유전병: 유전자가 하나만 있어도 예) 알츠하이머, 헌팅턴 병, 연골발육 부전증
- 반성유전: 색맹, 혈우병, 뒤센근육무력증



**왜 사육사들은 “혈통 있는”
말과 개의 가치를 더 높게 평가할까?**

This is because with knowledge of an animal's family tree or complete lineage, it is much less likely that any genetic “surprises” will occur as they develop and reproduce.

선택적 사육: 인위적인 가계도 만들기



사육사들은 유전형질
가축의 몸집을 커지게
중 개량(사육)이 가능하

그림 7-4 귀여워라! 말을 작게 만들었다! 선택



사육사들은 유전형질이 존재한다는 것을 알게 되었고 가축의 몸집을
커지게 하기 위한 것과 같은 선택적인 품종 개량(사육)이 가능해졌다.

유전 메커니즘이 알려지기 수천
년 전부터
동식물
육종가들은
부모로부터 자손
세대로 이어지는
연결점을 알고
있었다.

1.4

유전학과 우생학

진보의 상징? 일그러진 유전학!

우성에 대한 오해

- 우성은 우수한 것?: 알데히드 분해능은 열성, 자유로운 컷볼이 우성
- 우성은 열성보다 많다?: 우성인 다지증은 1/400 비율이다. 예) 단지증, 손가락 마디의 털, 수지만 곡증, PTC 민감성
- 우성과 열성에 대한 오해: 우생학?

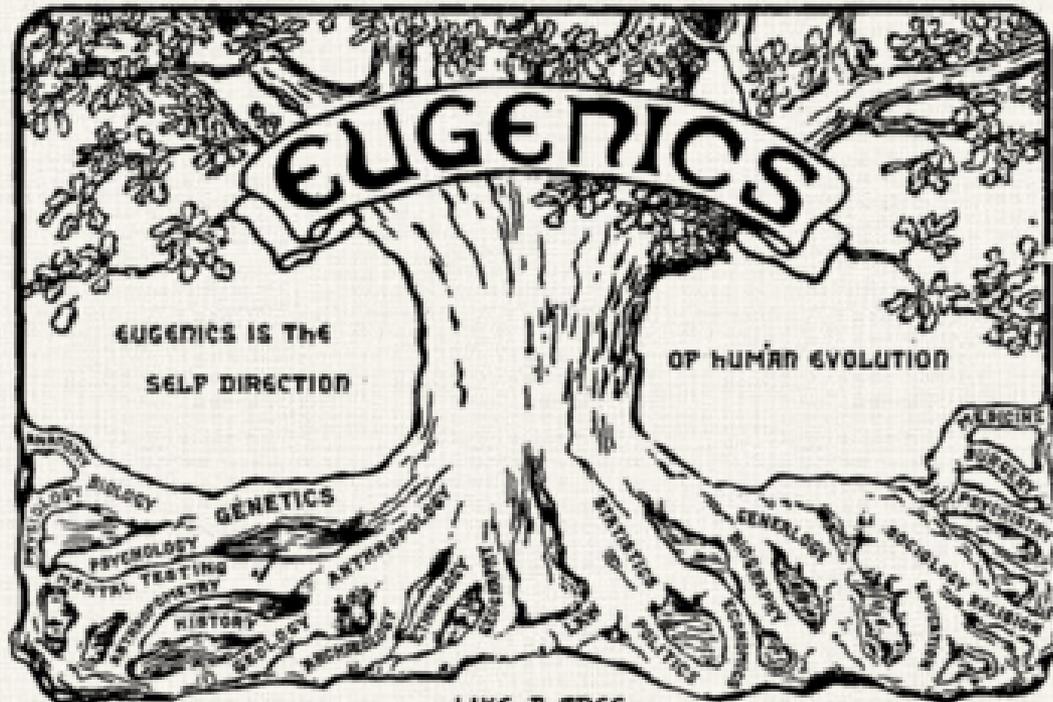
다윈의 자연선택설

□ 자연선택설

- 여러 변이 중 제공된 자연 환경 조건에 생존할 수 있는 개체만 선택된다.
- 선택된 개체의 변이는 자손에게 **유전**된다.

□ 자연선택을 통해 인간을 발전할 수도 타락할 수도 있다.: 우생학의 근거, by Francis Galton

- 우생학 (Eu + genesis)우생학은 나무가 자라듯이 인류 발전에 이바지 한다.



LIKE A TREE
EUGENICS DRAWS ITS MATERIALS FROM MANY SOURCES AND ORGANIZES
THEM INTO AN HARMONIOUS ENTITY.

우수 인류 기준 설정(?)을 위한 측정



SARTJE, THE HOTTENTOT VENUS.
Shown in London in 1811. —

Sartje is 22 years old is 4 feet 10 In. high, and has (for an Hottentot) a good proportion; she lived in the occupation of a Cook at the Cape of Good Hope. — Her Country is situated not less than 600 Miles from the Cape. The Subsistents of which are such as cattle will sell them by barter for a more trifling; A Bottle of Brandy, or small roll of tobacco will purchase several sheep — Their principal Trade is in Cattle skins & Tallow. — Beyond this Nation is an other, of small stature, very subtle & fierce; the Dutch could not bring them under subjection; and shot them whenever they found them. — 9th Decr 1800. — 80



□ 실험에 소질이 없던 골턴은 인간을 측정한다.: 좋은 인간 찾기와 만들기

좋은 인간 '변이'를 창조해야 한다

- 골튼: 명문 가문의 존재 주장, “본성 대 양육”
최초로 언급, 우생학 명명
- 좌파 자유주의자들이 열렬히 환영: 조지 버나드 쇼를 비롯한 소설가 사회개혁가, 사회학자, 언어철학자 등
- 적극적 우생학: 강자의 선택적 번식, 좋은 유전자끼리 자손을 얻어야 cf) 소극적 우생학

소극적 우생학

- 나쁜 유전자 숙아내기: “정신박약”을 가려내기 위한 시험 - 후에 IQ test로 전환됨
- 많은 과학자들이 우생학을 연구하고 Cold Spring Harbor Laboratory에서 우생학 연구
- 미국의 30개 주가 법률을 제정: 2만여 명의 범죄자, 백치, 강간범, 저능아들을 불임 수술
- 자위행위자를 성도착자로 몰아 정관수술

□ 좋은 인류의 건설의 목표, 현실은

- 인종차별의 근거 제공
- 우량아 선발 대회!

□ 히틀러의 “Mein Kampf”

- 아리안족의 우수함 추구와 유대인 학살
- 1941년, 25만 명 살해, 40만 명 불임수술



유전학자의 대응

- Alfred R. Wallace: “오만하게 과학의 사제인 척하는 자들의 주제넘은 간섭에 불과할 뿐”
- Thomas H. Morgan: “과학적 근거 하에” 우생학 기록국의 과학이사회 위원 사임
- Raymond Pearl: “교조적인 우생학자들은 유전학 분야에서 가장 잘 확립된 사실들과 정반대의 주장을 펼치고 있다”

현대판 우생학: 생명공학의 성과?! I

- 사람 성장호르몬 (hGH): 운동선수가 사용하여 부작용 발생
- 적혈구생성소 (erythropoietin): 빈혈 치료에 사용, 혈액도핑 대상



현대판 우생학: 생명공학의 성과?! II

- 남성호르몬을 처방 받는 body builder, ADHD 약을 먹는 대학생
- 태아검사 가능, 정자은행: 신우생학 - 중국과 인도에서 여아 1,000만 명이 성년까지 생존 X
- 본격적인 유전자 조작 가능: CRISPR-Cas9
- 동물 우생학: 급한 문제는 아닌가?

1.5

더 확장된 유전 개념 예

본성과 양육

본성과 양육: 환경이 생물의 특징을 결정

□ 표현형 표준범위

- 특정 표현형이 유전자형에 의해 전적으로 정해진 것이 아니라 환경에 의해 결정된다.
- 범위의 폭이 좁을 수도 있다. 예) 혈액형
- 히말라야 토끼와 시아메스 고양이의 털 색을 담당하는 tyrosinase, 북극여우의 털 색



열에 민감한 털의 색



Siamese cats (as well as the Himalayan rabbit) carry genes that produce dark pigmentation. These genes interact strongly with the environment and are heat-sensitive.



삼 고양이와 일부 토끼들은 따뜻한 온도에서는 밝은 색의 털을, 추운 온도에서는(꼬리, 코, 귀, 그리고 발과 같은 곳에) 어두운 색의 털을 생성하게 하는 유전자를 지닌다.

페닐케톤뇨증



다이어트 소다에 들어있는 페닐알라닌의 섭취는 유전질환인 페닐케톤뇨증(PKU)인 사람에게는 치명적이다.

유전과 환경이 어우러진 여러 요소가 중요하다.

- 지능 test 결과 향상: 경험이 중요
- 일란성 쌍둥이의 표현형: 환경에 따라 달라짐
- 유전적 요소 + 심각한 환경적 영향: 심장병, 당뇨, 암, 알코올 중독, 정신분열증, 조울증

본성과 양육의 화해

- 환경에 적응한 유전자만 선택되어 왔다.
- 그렇게 태어난 걸 어떻게 해!
 - 행동주의의 한계: 성전환, 예술가와 법률가
 - 여성과 남성, 인종, 성소수자 등
- 교육의 중요성
 - 사이코패스: 적어도 최악은 막을 수 있다.
 - 과학의 객관적인 내용이 곧 ‘윤리’는 아니다.

1.6

앞으로의 과제

이제 시작

생각할 점

- 최신성과 수용: 인간 유전자 조작 사례, 후성유전학
- ‘일반생물학’ 성격의 교과목에서 교육이 가능할까?: 진도, 수위 조절 등
- 자연주의 오류
 - 성선택 특강 중에 울음을 터뜨리는 여성 관중
 - 객관적인 내용이 곧 ‘윤리’는 아니다.
 - 그렇지만 과학(자)의 책임은 있다.

과제

□ 교과 (내용) 개발

- 더 많은 주제로, 더 세밀하게
- 새로운 교과목 개발까지 필요할까?
- 자체적 또는 학생들의 평가

□ Student-centered learning에 적용? SE 교과목?

□ 다른 영역의 과학?: 화학, 물리, 수학 등