

⑤ 개체군 진화의 원리

유전의 기본 원리

㉠ 형질과 대립 형질

꽃의 색깔이나 씨의 모양과 같이 생물이 가지고 있는 고유한 특징을 형질이라 하며, 완두꽃의 경우 씨의 모양이 둥근 모양과 주름진 모양으로 구분되는데 이렇게 하나의 형질에 대한 각각의 변이를 대립 형질이라 한다.

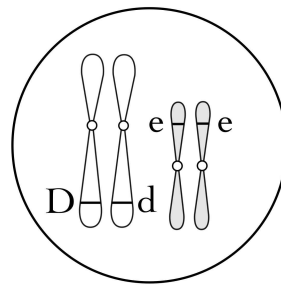
알려진 완두꽃의 씨에 대한 형질을 토대로 대립 형질을 나타내면 다음과 같다.

씨에 대한 형질		씨 모양	씨 색깔
대립 형질	우성	 둥글다	 황색
	열성	 주름지다	 녹색

㉡ 유전자와 대립유전자

생물의 특정 형질에 대한 유전 정보를 담고 있는 DNA의 특정 부위를 유전자라고 하며, 한 형질에 대해 서로 다른 대립 형질을 결정하는 유전자를 대립유전자라고 한다. 이러한 대립유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 존재한다.

예를 들어 씨 모양이 대립유전자 D와 d에 의해, 씨 색깔이 대립유전자 E와 e에 의해 결정될 때 상동 염색체와 대립유전자가 표현되도록 체세포를 도식화하면 다음과 같다.



㉢ 유전자형과 표현형

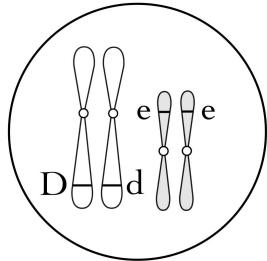
유전자형은 대립유전자의 구성을 기호로 나타낸 것이다.

예를 들어 위 체세포에서 씨 모양에 대한 유전자형은 Dd, 씨 색깔에 대한 유전자형은 ee이다. 이때 ee와 같이 대립유전자가 서로 같은 경우를 동형 접합이라 하고, Dd와 같이 대립유전자가 서로 다른 경우를 이형 접합이라고 한다.

표현형은 유전자형에 의해 겉으로 드러나는 형질을 의미한다.

㉔ 우성과 열성

대립유전자의 구성이 이형 접합일 때 겉으로 표현되는 대립유전자는 우성이고, 표현되지 않는 대립유전자는 열성이다. 또한 이형 접합일 때 겉으로 드러나는 대립 형질은 우성, 겉으로 나타나지 않는 대립 형질은 열성이다.



예를 들어 둥근 모양을 나타내는 대립유전자 D와 주름진 모양을 나타내는 대립유전자 d에 의해 결정되는 씨 모양 유전에서 유전자형이 Dd일 때 씨 모양이 둥근 모양이라면 대립유전자 D는 우성 대립유전자, 둥근 모양은 우성 형질이다.

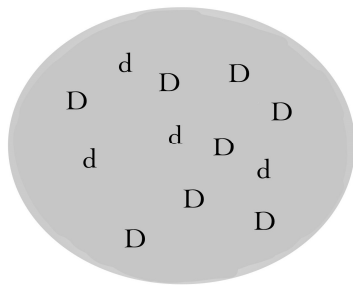
유전자풀

한 집단을 구성하는 모든 개체들이 가지고 있는 대립유전자 전체

예를 들어 털색을 결정하는 대립유전자 D와 d를 가지고 있는 강아지 집단에서 유전자형에 따른 개체 수로부터 다음과 같이 유전자풀을 나타낼 수 있다.

표현형	갈색 털		흰색 털
유전자형	DD	Dd	dd
개체 수	3	2	1
대립유전자 수	6	4	2

[개체군의 유전자풀]



자연 선택

과잉의 자손들 사이에 생존 경쟁이 일어나면, 특정 변이를 가진 개체는 환경에 적응하기 유리하여 더 잘 생존하고 번식한다. 이를 통해 집단 내 환경 적응에 유리한 형질을 가진 개체의 빈도가 높아지게 되며 이러한 일련의 과정을 자연 선택이라 한다.

개체

유전자풀에 있는 유전자를 다음 세대로 전달해주는 매개체

이러한 개체 간에 유전적 차이로 인한 형질의 차이가 존재하는데, 이러한 형질의 차이는 대립유전자 구성의 차이에 의해 나타난다.

핵상

염색체의 조합 상태

동물의 염색체는 쌍으로 존재하기 때문에(2n), 특정 형질을 나타내는 대립유전자 수는 개체수의 2배이다.

집단(개체군)

같은 지역에 서식하는 같은 종의 개체들의 모임

변이

같은 종 내에서 개체간 나타나는 형질의 차이

개체군의 유전

Schema 6

변형된 집단

[논증]

$$\begin{aligned} \therefore \text{변형된 집단에서 대립유전자 A의 빈도} &= \frac{\frac{a}{a+b} \times k \times N + \frac{p}{p+q} \times l \times N}{(k+l) \times N} \\ &= \frac{\frac{a}{a+b} \times k + \frac{p}{p+q} \times l}{k+l} \end{aligned}$$

이 과정에서 $p+q$ 값과 $a+b$ 값을 통일하는 게 상황을 해제하는 데 더 유용하다.

즉, 비교에 있어 $\frac{1}{3}$ 과 $\frac{5}{6}$ 의 1:2 내분점을 직접 정량값 공식으로 계산하는 것보다

$\frac{2}{6}$ 와 $\frac{5}{6}$ 와 같이 비교의 기준을 통일시킨 후 분자만 2:1 내분점을 계산하는 게 낫다.

이는 선분 상에서 2와 5를 1:2로 내분하는 지점은 3임을 떠올리기 더 직관적으로 용이하기 때문이다.

또한 $p+q$ 값과 $a+b$ 값을 통일하면

변형되기 전 집단에서 곱상수비가 개체수비가 되어

개체수비와 대립유전자 빈도를 도출해야 하는 상황에 대해 일관되게 해제할 수 있다.

곱상수비 vs 개체수비

곱상수비는 유전자형 간 비율을 매개하고, 개체수비는 집단 간 개체수의 비율을 의미한다.

[예시 - 곱상수비 ≠ 개체수비 - 집단 II의 A*A*는 100마리]

	AA	AA*	A*A*	곱상수 ≠ 개체수비	A	A*
	우성 형질		열성 형질			
I	1	4	4	×32	1	2
II	1	10	25	×4	1	5
변형된 집단 (I + II)					1	1

[예시 - $p+q$ 값과 $a+b$ 값 통일 - 곱상수비 = 개체수비]

	AA	AA*	A*A*	곱상수비 = 개체수비	A	A*
	우성 형질		열성 형질			
I	4	16	16	×8	2	4
II	1	10	25	×4	1	5
변형된 집단 (I + II)					1	1

[유제 8]

다음은 어떤 동물로 구성된 집단 I과 II에 대한 자료이다.

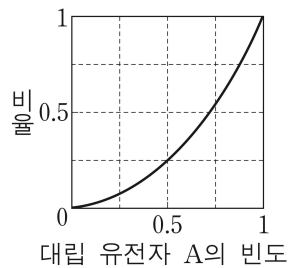
- I과 II는 모두 하디-바인베르크 평형이 유지되는 집단이다.
- I과 II에서 이 동물의 몸 색은 상염색체에 있는 검은색 몸 대립유전자 A와 회색 몸 대립유전자 A*에 의해 결정되며, A는 A*에 대해 완전 우성이다.
- I에서 $\frac{\text{유전자형이 AA*인 개체수}}{\text{검은색 몸 개체수}} = \frac{5}{7}$ 이다.
- $\frac{\text{I에서 회색 몸 개체의 비율}}{\text{II에서 검은색 몸 개체의 비율}} = \frac{25}{72}$ 이다.
- 유전자형이 AA인 개체수는 I에서가 II에서보다 400 많다.
- I과 II의 개체들을 모두 합쳐서 A의 빈도를 구하면 0.5이다.

I과 II의 개체수 차는?

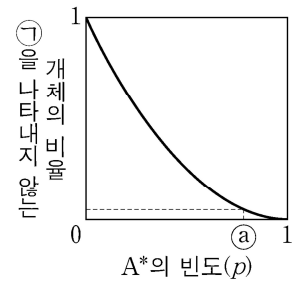
개체군의 유전

Schema 7

그래프 해석



16 수능



21 9평

그래프 상에서 여러 멘델 집단에 대한 자료를 그래프로 제시한 후 특정 빈도에 따른 상황 판단, 형질의 우열, 확률 계산을 질문한다.

대립유전자 A의 빈도 p 를 변수 x 로 두고
특정 유전자형과 표현형의 비율을 변수 y 로 설정하면

다음과 같이 p 에 따라 y 가 도출되는 함수(그래프)가 도출된다.

[y축 : 유전자형이 AA인 빈도]

$$y = p^2$$

[y축 : 유전자형이 AA*인 빈도]

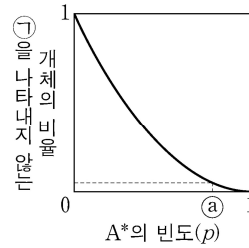
$$y = 2pq = 2p(1-p)$$

[y축 : 유전자형이 A*A*인 빈도 = 표현형이 열성 형질인 빈도]

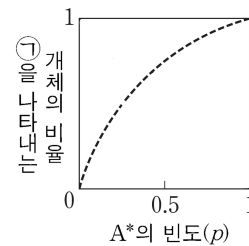
$$y = q^2 = (1-p)^2$$

위 세 경우를 한 그래프에 나타내면 다음과 같다.

[유제 14 해설] 답. $\frac{5}{6}$



(0, 1)과 (1, 0)을 모두 지나는 그래프의 경향으로 보아 대립유전자의 빈도 p 가 1일 때 ㉠을 나타내지 않는 개체의 비율이 0이므로 p 는 형질 ㉠에 대응된다.



대립유전자 A^* 와 형질 ㉡을 나타내는 개체의 비율에 대응되는 함수의 그래프는 증가함수의 경향을 나타낸다.

이 그래프는 위로 볼록이므로
대립유전자 A^* 는 우성 대립유전자, ㉡은 우성 형질이다.

$$\text{조건에서 } \frac{AA^*_N}{\text{㉠}_N} = \frac{AA^*_N}{A^*A^*_N + AA^*_N} = \frac{1}{3} = \frac{1}{2+1} \text{ 이므로}$$

열성 대립유전자 A 의 빈도를 q 라 하면

$$A^*A^*_N : AA^*_N = 2 : 1 \text{ 이므로 } p : q = 4 : 1 \text{ 이다.}$$

$$\therefore \text{㉡} = \frac{4}{5}$$

(\because Schema 2 두 유전자형의 비율)

[구하는 것]

임의의 우성 개체와 임의의 열성 개체가 교배했을 때 자손이 우성 형질일 확률을 질문하고 있다.

임의의 열성 개체는 항상 열성 대립유전자가 있는 생식 세포를 자손에게 전달하므로 구하는 확률은 임의의 우성 개체가 우성 대립유전자가 있는 생식세포를 전달할 확률과 동일하다.

$$\therefore \text{구하는 확률은 } 1 - \frac{q}{p+2q} = \frac{1}{1+q} \text{ 중 하나로 생각할 수 있으며}$$

$$\text{그에 따라 } 1 - \frac{1}{4+2 \times 1} = \frac{1}{1+\frac{1}{5}} = \frac{5}{6} \text{ 이다.}$$