⑤ 개체군의 유전

개체군의 유전
Schema 2

유전자형 간 비율

집단 I에서 유전자형이 AA*인 개체들을 A*A*인 개체들과 합쳐서 A의 빈도를 구하면 $\frac{3}{8}$ 이다.

대립유전자 A의 빈도는 $\frac{\text{특정 대립유전자의 수}}{\text{집단 내 특정 형질의 대립유전자 총 수}}$ 이므로 $\frac{AA^*_N}{2 \times AA^*_N + 2 \times A^*A^*_N}$ 과 동일하다.

이때 $\frac{3}{8}$ 의 3과 8은 특정 대립유전자의 수와 전체 대립유전자 총 수간 비례관계를 나타내는 비례상수이므로 AA* 개체수에 비례상수 3을 할당할 수 있다.

즉, $\frac{3}{8} = \frac{3}{2 \times 3 + 2 \times A^*A^*_N}$ 의 상황이므로 $A^*A^*_N$에 비례상수 1이 할당된다.

$\therefore AA^*_N : A^*A^*_N = 3:1$

[17 수능] 집단 I에서 유전자형이 AA인 개체들을 A*A*인 개체들과 합쳐서 A의 빈도를 구하면 $\frac{5}{7}$ 이다.

대립유전자 A의 빈도는 $\frac{2 \times AA_N}{2 \times AA_N + 2 \times A^*A^*_N}$ 와 동일하므로 $\frac{AA_N}{AA_N + A^*A^*_N}$ 와 같다.

앞서 해제한 방식으로 AA_N에 비례상수 5를 할당하면 $A^*A^*_N$의 비례상수가 2로 결정된다

$\therefore AA_N : A^*A^*_N = 5:2$

⑤ 개체군의 유전

개체군의 유전
Schema 3

멘델 집단의 비율관계

앞서 해제한 것과 같이 여러 집단 중 멘델 집단을 판단해야 한다면
비멘델 집단을 통해 역으로 멘델 집단임을 판별하는 게 좀 더 편리하다.

이는 하디-바인베르크 평형이 유지되는 집단은
$p : q \Leftrightarrow p^2 : 2pq : q^2$의 비율관계를 모두 만족시켜야 하기 때문에

위 비율관계 중 하나라도 성립하지 않으면 멘델 집단이 아니다라는 것을
단정적으로 생각할 수 있기 때문이다.

문제 내에서 멘델 집단만 제시되어 있는 경우
멘델 집단의 비율관계가 해제의 핵심으로 작용한다.

앞서
① 세 유전자형의 비율
② 두 유전자형의 빈도 에 대한 해제를 살펴보았고
실제 문제에서는 두 유전자형의 비율만 조건에 녹아있는 경우가 많다.

멘델 집단에서 두 유전자형의 비율이 주어지면 다음이 성립한다.

[순종과 잡종의 비율]
2×(순종의 빈도) : (잡종의 빈도) ⇒ 대립유전자 빈도비

[순종과 순종의 비율]
$\sqrt{}$(한 순종의 빈도) : $\sqrt{}$(다른 순종의 빈도) ⇒ 대립유전자 빈도비

멘델 집단의 비율관계

[논증]
우성 대립유전자 D의 빈도를 p
열성 대립유전자 d의 빈도를 q라 하자.

이때 멘델 집단은 다음의 빈도비를 만족시킨다.

유전자형 별 빈도		
DD의 빈도	DD*의 빈도	D*D*의 빈도
p^2	$2pq$	q^2

[Case 1 – 순종 DD와 잡종 DD*]
DD의 빈도 : DD*의 빈도 = $p^2 : 2pq$ 이므로
DD의 빈도 : DD*의 빈도 = $p : 2q$ 이고

$p : q$ ⇒ 대립유전자 빈도비이므로
2 × (DD의 빈도) = DD*의 빈도 ⇒ 대립유전자 빈도비 이다.

[Case 2 – 순종 D*D*와 잡종 DD*]
D*D*의 빈도 : DD*의 빈도 = $q^2 : 2pq$ 이므로
D*D*의 빈도 : DD*의 빈도 = $q : 2p$ 이고

$p : q$ ⇒ 대립유전자 빈도비이므로
DD*의 빈도 : 2×D*D*의 빈도 ⇒ 대립유전자 빈도비 이다.

[Case 3 – 순종 DD와 순종 D*D*]
DD의 빈도 : D*D*의 빈도 = $p^2 : q^2$ 이고
$p : q$ ⇒ 대립유전자 빈도비이므로
√(한 순종의 빈도) : √(다른 순종의 빈도) ⇒ 대립유전자 빈도비 이다.

[논증 끝]
∴ 2×(순종의 빈도) : (잡종의 빈도) ⇒ 대립유전자 빈도비
∴ √(한 순종의 빈도) : √(다른 순종의 빈도) ⇒ 대립유전자 빈도비

⑤ 개체군의 유전

개체군의 유전
Schema 6

변형된 집단

[18 수능] Ⅰ과 Ⅱ의 개체들을 모두 합쳐서 A의 빈도를 구하면 0.5이다.
[20 수능] (가)와 (나)의 개체들을 모두 합쳐서 갈색 꼬리털을 갖는 개체의 비율을 구하면 0.5이다.

집단의 개체들을 합쳐 새로운 집단을 형성한 후
대립유전자의 빈도나 개체의 비율을 질문하기도 한다.

① 대립유전자의 빈도

어떤 동물 종 P로 구성된 집단에서 유전 형질 ㉠은 상염색체에 있는 대립유전자 A와 A*에 의해 결정된다고 하자.

ⓐ 두 집단의 대립유전자 빈도
ⓑ 두 집단의 개체수비
ⓒ 새로운 집단의 대립유전자 빈도

ⓐ~ⓒ 중 두 가지를 알면 나머지 하나를 파악할 수 있다.

[17 9평] 멘델 집단 Ⅱ의 ㉠을 나타내는 개체(A*A*)들 중 200개체를 제외한 나머지 개체들과, Ⅱ의 ㉠을 나타내지 않는 개체(AA와 AA*)들을 합쳐서 A의 빈도를 구하면 A의 빈도는 0.5이다.

	AA	AA*	A*A*	곱상수	A	A*
집단 Ⅱ	4	12	9	$\times k$	2	3

ⓐ와 ⓒ가 제시되어 있다.
따라서 개체수에 대한 정보(곱상수)를 얻을 수 있다.

유전자형 간 비율이 모두 제시되어 있으므로
대립유전자에 해당되는 비례상수 또한 구할 수 있다.

	AA	AA*	A*A*	곱상수	A	A*
집단 Ⅰ	4	12	9	$\times k$	2	3

	A	A*		A	A*
대립유전자	8+12	12+18	$\times k$	2	3

이때 A*에 할당된 비례상수 30 중 10만큼을 제외해야
A의 빈도 : A*의 빈도 = 1 : 1을 만족할 수 있다.

	A	A*		A	A*
변형된 집단	20	30−10=20	$\times k$	1	1

따라서 A*A* 개체에 할당된 비례상수 5 당 200 개체가 대응되고
곱상수 k는 ×40임을 알 수 있다

변형된 집단

[17 9평 변형] 멘델 집단 Ⅱ의 ㉠을 나타내는 개체(A^*A^*)들 중 500개체를 제외한 나머지 개체들과, Ⅱ의 ㉠을 나타내지 않는 개체(AA와 AA^*)들을 합쳐서 A의 빈도를 구하면 A의 빈도는 0.4이다.

	AA	AA^*	A^*A^*	곱상수	A	A^*
집단 Ⅱ	1	8	16	$\times k$	1	4

같은 방식으로 유전자형 간 비율이 모두 제시되어 있으므로
대립유전자에 해당되는 비례상수를 나타내보자.

	AA	AA^*	A^*A^*	곱상수	A	A^*
집단 Ⅱ	1	8	16	$\times k$	1	4
	A		A^*		A	A^*
대립유전자	2+8		8+32	$\times k$	1	4

A^*에 할당된 비례상수 40 중 25만큼을 제외해야
A의 빈도 : A^*의 빈도 = 2 : 3을 만족할 수 있다.

	A	A^*		A	A^*
변형된 집단	10	40−25=15	$\times k$	2	3

따라서 A^*A^* 개체에 할당된 비례상수 12.5 당 500 개체가 대응되며
곱상수 k는 ×40임을 알 수 있다.

변형된 집단

[논증]

변형된 집단에서의 대립유전자 빈도를 일반화해보자.

집단 Ⅰ에서 A의 빈도는 $\dfrac{a}{a+b}$이고 집단 Ⅱ에서 A의 빈도는 $\dfrac{p}{p+q}$이다.

따라서 집단 Ⅰ의 대립유전자 A의 개수는 $\dfrac{a}{a+b}\times k\times N$

집단 Ⅱ의 대립유전자 A의 개수는 $\dfrac{p}{p+q}\times l\times N$ 로 둘 수 있고

(단, N은 비례상수를 정량값으로 바꾸는 적절한 상수이다.)

두 집단을 합친 변형된 집단에서 대립유전자 A의 개수는

$\dfrac{a}{a+b}\times k\times N+\dfrac{p}{p+q}\times l\times N$ 이다.

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

$$= \frac{\dfrac{a}{a+b}\times k+\dfrac{p}{p+q}\times l}{k+l}$$

이때 다음이 성립한다.–

A(x_1), B(x_2)에 대해 선분 AB를 $m:n$으로 내분하는 점을 P(x)라고 하면

$x-x_1:x_2-x=m:n$ 이므로 $x=\dfrac{mx_2+nx_1}{m+n}$ 이다.

즉, 변형된 집단에서 대립유전자 A의 빈도가

기하적으로 $\dfrac{p}{p+q}$와 $\dfrac{a}{a+b}$를 $k:l$로 내분하는 값이라는 것을 의미한다.

⑤ 개체군의 유전

곱상수비 vs 개체수비

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

개체군의 유전
Schema 6

변형된 집단

[논증]

∴ 변형된 집단에서 대립유전자 A의 빈도 = $\dfrac{\frac{a}{a+b}\times k\times N+\frac{p}{p+q}\times l\times N}{(k+l)\times N}$

$= \dfrac{\frac{a}{a+b}\times k+\frac{p}{p+q}\times l}{k+l}$

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
떠올리기기 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.

[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