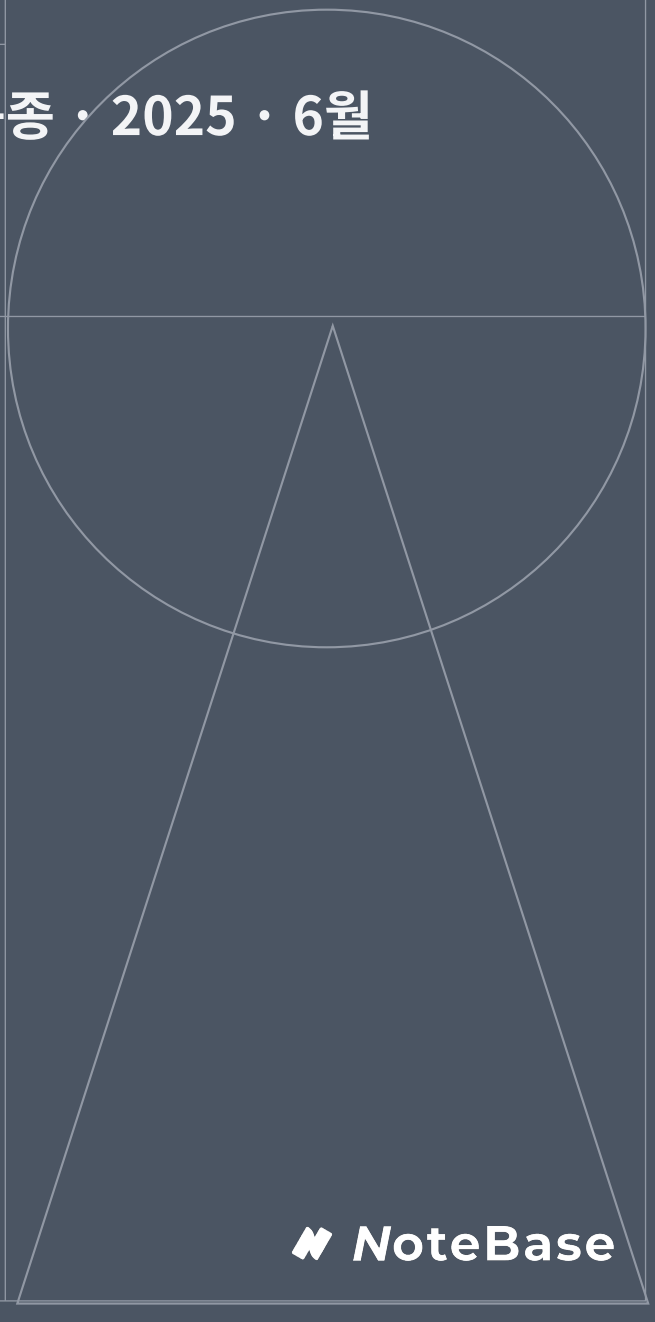
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 가축육종 · 2025 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

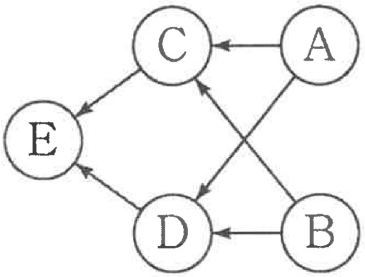
공무원/서울시/9급 · 가축육종 · 2025 · 6월

공무원/서울시/9급 · 가축육종 · 2025 · 6월

문 1. <보기>의 혈통표(도)에서 C와 D 간의 혈연계수는?

<보기>

개체	아비	어미	비고
A	–	–	
B	–	–	
C	A	B	
D	A	B	
E	C	D	



① 0.125

② 0.25

③ 0.5

④ 0.75

정답 3번

간단한 해설

C와 D는 아비 A와 어미 B가 모두 같은 **전형매**이다. 공통 부모 A와 B를 통한 경로의 기여가 각각 0.25이므로, 두 값을 합한 혈연계수는 0.5이다.

NoteBase

계산 과정

혈통표에서 C와 D는 모두 아비가 A, 어미가 B인 전형매이다. 부모 정보가 없는 A와 B는 서로 혈연관계가 없고 근교되지 않은 기초개체로 가정한다. E는 C와 D의 자손이므로 두 개체의 공통조상에 포함하지 않는다.

구하려는 혈연계수를 R_{CD}라 하자. 근교가 없는 경우에는 **공통조상을 거치는 각 경로의 기여를 합산**한다. 부모에서 자손으로 유전자가 전달될 때의 비율은 1/2이므로, 각 경로에서는 부모·자손 연결 수만큼 1/2을 곱한다.

A 경로: C－A－D에는 C와 A, A와 D 사이의 연결이 각각 하나씩 있다. 따라서 공통 아비 A를 통한 기여는 $\left(\frac{1}{2}\right)^{1+1} = \frac{1}{4} = 0.25$이다.

B 경로: C－B－D도 연결이 두 개이다. 공통 어미 B를 통한 기여 역시 $\left(\frac{1}{2}\right)^{1+1} = \frac{1}{4} = 0.25$이다. **공통 아비뿐 아니라 공통 어미의 기여도 포함**해야 한다.

두 경로를 합하면 $R_{CD} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2} = 0.5$이다. 혈연계수는 단위가 없는 비율이며, 계산값 0.5는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 선발의 효과를 크게 하기 위한 방법에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 가축의 증식률을 높여 많은 수의 후보 씨가축을 확보한다.

② 능력이 우수한 가축을 되도록 오랜 기간 번식에 활용한다.

③ 집단 내 가축에게 되도록 동일한 환경조건을 제공한다.

④ 통계적 보정을 통하여 환경분산을 작게 해준다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '되도록 오랜 기간' 번식에 활용하는 방법은 **세대간격을 늘려 연간 개량량을 줄인다**. 다른 조건이 같다면 우수한 후대 씨가축으로 적절히 교체하여 세대간격을 줄이는 것이 유리하다.

선지별 해설

① O: 증식률을 높여 후보 씨가축을 많이 확보하면, 필요한 씨가축 수가 같을 때 **후보 중 선발하는 비율을 낮출 수 있다**. 더 우수한 개체만 고를 수 있어 선발강도가 높아지고 선발에 따른 유전적 개량량이 커진다.

② X: 세대간격은 다음 세대의 씨가축이 태어났을 때 그 부모의 평균 나이이다. 같은 가축을 오랫동안 번식에 이용하면 세대간격이 길어진다. 한 세대의 개량량이 같더라도 세대교체에 걸리는 시간이 길어지면 **연간 개량량은 작아진다**. 따라서 우수한 가축을 무조건 오래 이용하기보다, 우수한 후대 씨가축으로 적절히 교체하여 세대간격을 줄이는 것이 유리하다.

③ O: 가축의 관측된 능력에는 유전적 차이와 환경적 차이가 함께 반영된다. 사료·사양관리 등 환경조건을 되도록 같게 하면 **환경 차이 때문에 생기는 능력 차이**를 줄일 수 있다. 그만큼 유전적으로 우수한 개체를 정확하게 선발하기 쉬워진다.

④ O: 측정 나이 등 기록에 영향을 주는 환경요인의 효과를 통계적으로 보정하면, 비교에 사용하는 기록에서 **환경요인에 의한 변이를 줄일 수 있다**. 이는 실제 사육환경을 바꾸는 것과는 구별되며, 환경효과를 통제한 기록으로 유전능력을 더 정확히 평가하여 선발 효과를 높이는 방법이다.

NoteBase

문 3. 닭의 반성유전 형질이 아닌 것은?

① 볏모양

② 만우성

③ 은색

④ 횡반

정답 1번

간단한 해설

볏모양은 **상염색체에 있는 유전자**에 의해 유전되는 형질이다. 닭의 대표적인 반성유전 형질인 만우성·은색·횡반은 관련 유전자가 Z염색체에 있다는 점에서 구별된다.

선지별 해설

반성유전은 성염색체에 있는 유전자에 의해 형질이 유전되는 현상이다. 닭에서 만우성·은색·횡반은 Z염색체에 있는 유전자와 관련된다.

① X: 볏모양은 반성유전 형질이 아니라 **상염색체성 유전 형질**이다. 대표적으로 장미볏을 결정하는 R 유전자와 완두볏을 결정하는 P 유전자는 상염색체에 있으며, 이들의 조합에 따라 볏모양이 달라진다.

② O: 만우성은 깃털이 늦게 자라는 형질이다. 이를 결정하는 **K 유전자가 Z염색체**에 있으므로 반성유전 형질에 해당한다.

③ O: 은색은 깃털색에 관한 형질로, 금색과 구별된다. 은색을 결정하는 **S 유전자가 Z염색체**에 있으므로 반성유전 형질에 해당한다.

④ O: 횡반은 깃털에 밝고 어두운 가로무늬가 나타나는 형질이다. 이 문항의 횡반은 **Z염색체의 B 유전자**에 의한 형질이므로 반성유전에 해당한다.

NoteBase

문 4. <보기>를 참고하여 구한 일당증체량에 대한 선발강도와 다음 세대에 기대되는 유전적 개량량[g/일]은?

<보기>
A 농장 돼지의 일당증체량은 평균 600g/일이다. 일당증체량 개량을 위하여 선발한 씨돼지의 평균은 700g/일, 해당 형질의 표현형 표준편차는 10g/일, 유전 표준편차는 5g/일이다.

① 선발강도: 10, 유전적 개량량[g/일]: 25
② 선발강도: 10, 유전적 개량량[g/일]: 100
③ 선발강도: 20, 유전적 개량량[g/일]: 25
④ 선발강도: 20, 유전적 개량량[g/일]: 100

정답 1번

간단한 해설

선발강도는 **선발차를 표현형 표준편차로 나눈 값**이므로 10이다. 유전력은 $\frac{5^2}{10^2} = 0.25$이므로, 선발차 100g/일 중 다음 세대에 기대되는 유전적 개량량은 **25g/일**이다.

계산 과정

선발차: 선발한 씨돼지의 평균이 원래 집단 평균보다 얼마나 높은지를 나타낸다. 선발차 S는 700 − 600 = 100g/일이다. 이는 선발된 부모 집단의 우수한 정도이며, 다음 세대의 개량량 자체는 아니다.

선발강도: 선발차를 **표현형 표준편차**로 나누어 표준화한 값이다. 표현형 표준편차를 σ_P라 하면 $i = \frac{S}{\sigma_P} = \frac{100}{10} = 10$이다. 같은 단위끼리 나누므로 선발강도에는 단위가 없다.

유전력: 선발 반응을 예측하려면 표현형의 차이 중 유전적으로 전달되는 부분을 반영해야 한다. 주어진 유전 표준편차를 선발 반응에 기여하는 상가적 유전 표준편차로 적용하면, 유전력은 $h^2 = \frac{5^2}{10^2} = 0.25$이다. **표준편차의 비가 아니라 분산의 비**이므로 두 표준편차를 각각 제곱한다.

유전적 개량량: 표현형에 따른 선발에서 다음 세대의 기대 개량량 R은 선발차에 유전력을 곱한 $R = h^2S$로 구한다. 따라서 0.25 × 100 = 25g/일이다. 이는 다음 세대의 일당증체량 평균이 원래 집단보다 25g/일 높아질 것으로 기대된다는 뜻이다.

선발강도 10과 유전적 개량량 25g/일의 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 5. 생식세포 형성 과정 중 감수분열에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 감수분열은 2회 연속된 핵분열 과정을 거쳐 하나의 모세포로부터 4개의 반수체 딸세포를 형성한다.

② 제1감수분열의 후기(anaphase I)에서는 자매염색분체가 분리되어 각각 반대 극으로 이동한다.

③ 감수분열의 결과로 생긴 반수체 세포는 정자나 난자와 같은 배우자(gamete)로 기능한다.

④ 제1감수분열 전기 I (prophase I)에서 상동염색체 간 교차(crossing over)가 일어날 수 있다.

정답 2번

간단한 해설

제1감수분열 후기에는 **상동염색체가 분리**되어 반대 극으로 이동하며, 자매염색분체는 붙어 있다.
자매염색분체가 분리되는 시기는 제2감수분열 후기이다.

선지별 해설

① O: 감수분열에서는 DNA가 한 번 복제된 뒤 **두 차례의 핵분열**이 이어진다. 제1감수분열에서 상동염색체가 나뉘어 염색체 수가 절반으로 줄고, 제2감수분열에서 자매염색분체가 나뉘어 하나의 이배체 모세포로부터 네 개의 반수체 딸세포가 형성된다.

② X: 제1감수분열 후기에는 **상동염색체가 분리**되어 각각 반대 극으로 이동한다. 이때 각 염색체를 이루는 두 자매염색분체는 붙어 있다. 자매염색분체가 분리되는 것은 **제2감수분열 후기**이므로, 선지의 분리 대상이나 분열 시기를 고쳐야 한다.

③ O: 가축에서는 감수분열로 형성된 반수체 세포가 정자나 난자와 같은 배우자로 발달한다. 배우자가 가진 염색체 수는 체세포의 절반이므로, 수정 때 두 배우자가 결합하면 **이배체 염색체 수가 회복**된다. 다만 난자 형성에서는 세포질이 불균등하게 나뉘어 기능적인 난자와 극체가 생기므로, 네 딸세포가 모두 난자로 기능하는 것은 아니다.

④ O: 제1감수분열 전기에는 상동염색체가 서로 짝을 이루며, 이때 **상동염색체의 비자매염색분체 사이**에서 교차가 일어날 수 있다. 염색체 일부가 서로 교환되면 새로운 유전자 조합이 생겨 유전적 다양성이 증가한다.

NoteBase

문 6. AB 유전자 간에 5단위, AC 간에 9단위, 그리고 BC 간에 4단위라면 유전자 A, B, C의 배열순서를 바르게 나열한 것은? (단, Morgan 단위를 이용한다.)

① A - B - C

② B - A - C

③ B - C - A

④ C - A - B

정답 1번

간단한 해설

AB의 5단위와 BC의 4단위를 더하면 AC의 9단위가 되므로, **B가 A와 C 사이**에 놓인다. 유전자 지도에서는 두 끝 사이의 거리가 중간 유전자를 경계로 나눈 두 구간 거리의 합과 같다.

올바른 순서

A → B → C

A: 유전자 지도에서 세 유전자 사이의 거리를 비교하면 AC가 9단위로 가장 길다. 따라서 A와 C가 양 끝에 놓이며, A를 왼쪽 기준점으로 잡으면 B는 A에서 오른쪽으로 5단위 떨어진 곳에 놓인다.

B: AB는 5단위, BC는 4단위이고 5 + 4 = 9단위로 AC의 거리와 같다. 이는 **B가 A와 C 사이에 있어 두 구간 거리를 더할 수 있다**는 뜻이다. B가 가운데에 놓여야 주어진 거리 관계가 성립한다.

C: B에서 A가 있는 쪽의 반대 방향으로 4단위 떨어진 곳에 놓인다. 이때 A에서 C까지의 거리는 5 + 4 = 9단위가 되어 세 거리 조건을 모두 만족한다. 배열을 반대 방향에서 읽어도 유전자들의 상대적인 위치는 같다.

NoteBase

문 7. <보기>의 (가)~(다)에 들어갈 내용을 순서대로 바르게 나열한 것은?

<보기>
유전자형가는 그 개체가 지닌 유전자 평균 효과의 총합인 (가), 대립유전자의 우열관계에 따라 나타나는 비상가적 효과인 (나), 비대립유전자 간의 상호작용에 의해 나타나는 (다)로 분할된다.

① (가): 육종가, (나): 상위성효과, (다): 우성효과
② (가): 육종가, (나): 우성효과, (다): 상위성효과
③ (가): 표현형가, (나): 우성효과, (다): 상위성효과
④ (가): 표현형가, (나): 육종가, (다): 환경효과

정답 2번

간단한 해설

유전자 평균 효과를 합한 값이 **육종가**이다. 비상가적 효과 중 **같은 유전자좌의 대립유전자 사이**에서 나타나는 것은 우성효과이고, **서로 다른 유전자좌 사이**에서 나타나는 것은 상위성효과이다.

빈칸별 해설

(가) 육종가: 개체가 지닌 각 유전자의 평균 효과를 모두 합한 값으로, 유전자형가의 **상가적 유전효과**에 해당한다. 표현형가는 유전적 효과뿐 아니라 환경효과도 반영한 관측 형질의 값이므로, 유전자 평균 효과의 총합인 육종가와 구별한다.

(나) 우성효과: **같은 유전자좌에 있는 대립유전자 사이의 상호작용**으로 생기는 비상가적 효과이다. 대립유전자가 함께 있을 때 나타나는 우열관계 때문에 각 유전자의 평균 효과를 단순히 더한 것만으로 설명되지 않는 부분이다.

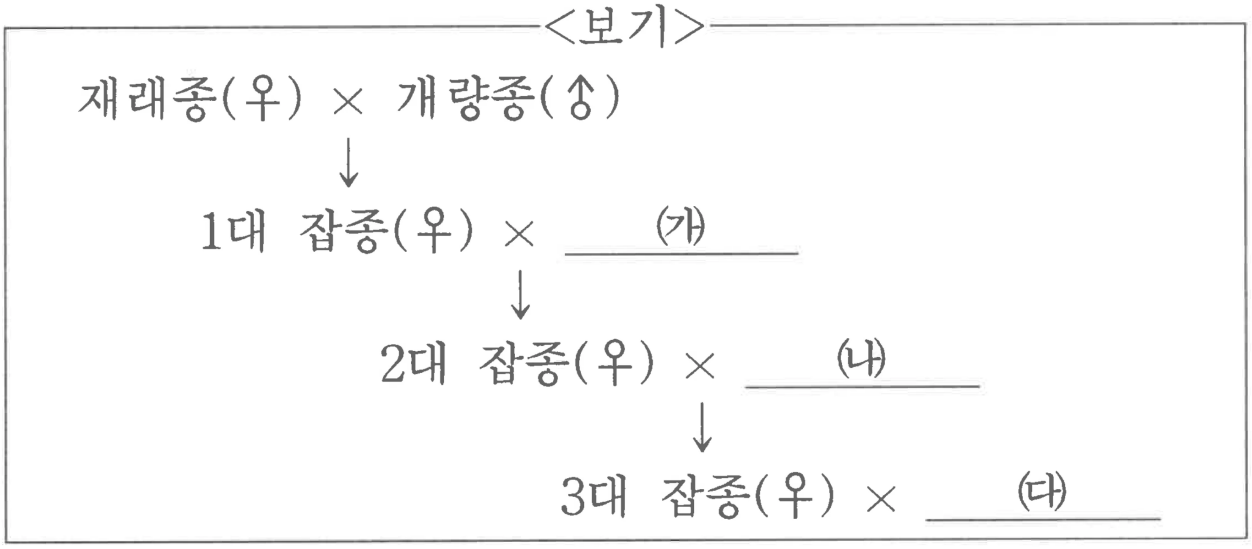
(다) 상위성효과: **서로 다른 유전자좌에 있는 비대립유전자 사이의 상호작용**으로 생기는 비상가적 효과이다. 한 유전자좌의 유전효과가 다른 유전자좌의 유전자형에 따라 달라지는 경우를 말한다. 같은 유전자좌 안에서 나타나는 우성효과와 구별하며, 이 역시 유전자 사이의 관계에 따른 효과이므로 환경효과가 아니다.

따라서 (가) 육종가, (나) 우성효과, (다) 상위성효과의 조합은 ②와 일치한다.

NoteBase

문 8. 누진교배법을 설명한 <보기>의 (가), (나), (다)에 들어갈 교배종을 순서대로 바르게 나열한 것은?

<보기>



① (가): 개량종(♂), (나): 개량종(♂), (다): 개량종(♂)

② (가): 1대 잡종(♂), (나): 2대 잡종(♂), (다): 1대 잡종(♂)

③ (가): 2대 잡종(♂), (나): 3대 잡종(♂), (다): 2대 잡종(♂)

④ (가): 재래종(♂), (나): 재래종(♂), (다): 재래종(♂)

정답 1번

간단한 해설

누진교배는 재래종 암컷에서 얻은 잡종 암컷에 **같은 개량품종의 수컷을 세대마다 반복 교배**하는 방법이다.
세대가 진행될수록 개량품종의 유전적 비중이 커진다.

NoteBase

빈칸별 해설

누진교배법은 재래종 암컷과 개량종 수컷을 교배한 뒤, 그 자손 중 암컷을 골라 같은 개량품종의 수컷과 계속 교배하는 방법이다. 그림에서 암컷은 1대·2대·3대 잡종으로 바뀌지만, 교배에 쓰는 수컷은 매번 개량종이다.

(가): 개량종(♂). 재래종 암컷과 개량종 수컷 사이에서 태어난 1대 잡종 암컷에 **다시 개량종 수컷**을 교배하여 2대 잡종을 얻는다.

(나): 개량종(♂). 2대 잡종 암컷에도 **같은 개량품종의 수컷**을 교배하여 3대 잡종을 얻는다. 잡종의 세대 번호가 높아졌다고 수컷을 2대 잡종이나 3대 잡종으로 바꾸지 않는다.

(다): 개량종(♂). 3대 잡종 암컷에도 개량종 수컷을 교배한다. 이러한 반복 교배로 자손의 유전적 구성이 **개량품종에 점차 가까워진다**.

따라서 (가)·(나)·(다)에 모두 개량종(♂)을 넣는 ①의 조합이 성립한다.

NoteBase

문 9. 다음 중 염색체 수(2n)가 가장 적은 동물은?

① 돼지

② 소

③ 토끼

④ 닭

정답 1번

간단한 해설

돼지의 염색체 수는 **2n = 38개**로, 제시된 동물 중 가장 적다. 여기서 2n은 생식세포의 염색체 수가 아니라 체세포의 이배체 염색체 수를 뜻한다.

선지별 해설

2n은 부모에게서 한 벌씩 물려받은 두 벌의 염색체 수로, 상염색체와 성염색체를 모두 포함한다. 네 동물 모두 이배체 염색체의 총개수를 기준으로 비교한다.

① 돼지: **2n = 38개**이며, 19쌍에 해당한다.

② 소: 2n = 60개이며, 30쌍에 해당한다. 돼지보다 염색체 수가 많다.

③ 토끼: 2n = 44개이며, 22쌍에 해당한다. 소보다는 적지만 돼지보다는 많다.

④ 닭: 2n = 78개이며, 39쌍에 해당한다. 네 동물 중 염색체 수가 가장 많다.

염색체 수는 돼지 38개 < 토끼 44개 < 소 60개 < 닭 78개 순이다. 따라서 가장 적은 동물은 ① 돼지이다.

NoteBase

문 10. 이형접합체(heterozygote)를 규명하는 기본 교배 양식으로, 불량한 열성형질을 제거하는 데 이용되는 교배로 가장 옳은 것은?

① 무작위교배

② 근친교배

③ 종간교배

④ 검정교배

정답 4번

간단한 해설

검정교배는 우성 표현형을 보이는 개체를 **열성 동형접합체와 교배**하여 숨겨진 열성 대립유전자의 보유 여부를 알아내는 방법이다. 이렇게 찾아낸 이형접합 보인자를 번식에서 제외하는 데 활용하여 불량한 열성형질을 줄일 수 있다.

핵심 풀이

검정교배의 원리: 한 유전자좌에서 A가 a에 대해 완전우성이라면, AA와 Aa는 같은 우성 표현형을 나타내므로 겉모습만으로 구분하기 어렵다. 검사할 개체를 열성 동형접합체 aa와 교배하면, AA인 경우 자손은 모두 Aa이고, Aa인 경우 자손은 Aa와 aa가 1:1의 기대비율로 나온다. 상대인 aa는 a만 전달하므로, **aa 자손이 나오면 검사한 부모도 a를 가진 이형접합체**임을 알 수 있다. 다만 자손 수가 적을 때 열성형질이 나타나지 않았다는 사실만으로 AA라고 단정할 수는 없다.

불량 열성형질의 제거에 이용하는 이유: 불량 대립유전자 a를 가진 Aa는 정상적인 우성 표현형을 나타내어 보인자라는 사실이 드러나지 않을 수 있다. 검정교배로 이러한 보인자를 찾아 번식에서 제외하면, **불량 대립유전자가 다음 세대에 전달되는 것을 줄일 수 있다**.

근친교배와의 구분: 근친교배는 혈연관계가 가까운 개체끼리 교배하는 방식이다. 동형접합성을 높여 불량한 열성형질을 드러낼 수 있지만, 이 문항의 결정적 단서는 **열성 동형접합체를 교배 상대로 이용해 이형접합 여부를 판별**한다는 검정교배의 원리이다.

NoteBase

문 11. 순종 집단 품종 A의 연간 산유량은 11,000kg이고, 순종 집단 품종 B의 연간 산유량은 13,000kg이다. A와 B의 잡종인 F_1의 연간 산유량이 15,000kg이라고 할 때, 연간 산유량에 대한 잡종강세의 강도[%]는?

① 7.5

② 12.5

③ 15.5

④ 25.0

정답 4번

간단한 해설

잡종강세는 **두 부모 품종의 평균 산유량을 기준**으로 한 증가율이다. F_1은 부모 평균 12,000 kg보다 3,000 kg 많으므로 잡종강세의 강도는 25.0%이다.

계산 과정

잡종강세의 강도는 F_1의 능력이 두 순종 부모 품종의 평균을 초과하는 정도를 백분율로 나타낸 값이다. 부모 평균을 M, F_1의 연간 산유량을 F, 잡종강세의 강도를 H라고 하면, $H = \frac{F - M}{M} \times 100$으로 계산한다. 증가량을 **부모 평균으로 나누는 것**이므로 분모에는 F_1의 산유량을 넣지 않는다.

부모 평균: $M = \frac{11,000 + 13,000}{2} = 12,000$ kg이다. 이는 두 순종 품종 A와 B의 연간 산유량을 동등하게 반영한 비교 기준이다.

초과량: F_1의 연간 산유량은 15,000 kg이므로, 부모 평균보다 많은 양은 15,000 − 12,000 = 3,000 kg이다.

백분율: $H = \frac{3,000}{12,000} \times 100 = 25.0\%$이다. 즉 F_1의 연간 산유량은 부모 평균보다 25.0% 높으며, 이는 ④의 25.0에 해당한다.

NoteBase

문 12. <보기>의 (가)에 들어갈 수치로 옳은 것은? (단, 선발 이외에 유전자 빈도에 변화를 주는 요인은 없다고 가정한다.)

<보기>
Angus종 400마리 중에서 100마리가 열성인 적색(bb) 개체로 나타날 때, 매 세대별 열성동형 개체를 도태하여 열성 유전자를 제거하고자 한다. 400마리 중에서 4마리가 적색 개체로 나타나게 하기 위해 필요한 세대수는 (가) 이다.

① 6
② 7
③ 8
④ 9

정답 3번

간단한 해설

적색(bb) 개체의 비율은 b 유전자 빈도의 제곱이므로, 초기와 목표 유전자 빈도는 각각 0.5와 0.1이다. **열성동형 개체를 매 세대 모두 도태**할 때 필요한 세대수는 두 유전자 빈도의 역수 차이로 구하며, 그 값은 **8세대**이다.

NoteBase

계산 과정

이 문제는 무작위 교배를 가정하는 표준 선발 모형을 적용한다. b 유전자 빈도를 q라 하면, 매 세대 도태 전 집단에서 적색(bb) 개체의 비율은 q^2이다. 선발 이외의 유전자 빈도 변화 요인은 없으며, bb 개체는 모두 번식에서 제외한다.

초기 유전자 빈도: 처음 적색 개체는 400마리 중 100마리이므로 $q_0^2 = \frac{100}{400} = 0.25$이다. 따라서 $q_0 = \sqrt{0.25} = 0.5$이다. **개체의 비율과 유전자 빈도를 구분**하여 제곱근을 취해야 한다.

목표 유전자 빈도: 적색 개체가 400마리 중 4마리인 상태는 $q_t^2 = \frac{4}{400} = 0.01$에 해당한다. 따라서 t세대 후 목표로 하는 b 유전자 빈도는 $q_t = \sqrt{0.01} = 0.1$이다.

도태에 따른 변화: B 유전자 빈도를 p라 하면 $p + q = 1$이고, Bb 개체의 비율은 2pq이다. bb를 모두 도태하면 전체 중 남는 비율은 $1 - q^2$이며, b 유전자는 **도태되지 않은 Bb 개체에 남는다**. Bb는 두 대립유전자 중 하나가 b이므로, 남은 집단의 b 빈도는 $q' = \frac{pq}{1 - q^2} = \frac{q}{1 + q}$이다. 이 빈도가 다음 세대에 전달된다.

필요한 세대수: 위 관계의 역수를 취하면 $\frac{1}{q'} = \frac{1}{q} + 1$이므로, 한 세대마다 b 유전자 빈도의 역수가 1씩 증가한다. t세대 동안 누적하면 $t = \frac{1}{q_t} - \frac{1}{q_0}$이다. 수치를 대입하면 $t = \frac{1}{0.1} - \frac{1}{0.5} = 10 - 2 = 8$이다. 따라서 필요한 기간은 8세대이며, (가)에 들어갈 수치는 ③의 8이다.

NoteBase

문 13. 다른 유전자 자리에 있는 두 쌍 이상의 유전자가 서로 독립유전하면서도 상호작용을 하여 한 개의 형질발현에 관계하는 유전자 작용에 해당하지 않는 것은?

① 보족유전자작용
② 상위유전자작용
③ 복대립유전자작용
④ 다인자유전자작용

정답 3번

간단한 해설

복대립유전자는 집단에서 **같은 유전자 자리에 세 종류 이상의 대립유전자**가 존재하는 경우이다. 서로 다른 유전자 자리의 유전자들이 한 형질의 발현에 함께 관여하는 경우와 구별된다.

선지별 해설

문항은 서로 다른 유전자 자리에 있는 유전자들이 한 형질의 발현에 함께 관여하는 경우를 묻는다. 유전자들이 독립적으로 유전된다는 것은 자손에게 전달되는 방식에 관한 설명이며, 형질을 발현하는 과정에서 서로 영향을 주는 것과 양립할 수 있다.

① O: 보족유전자작용은 서로 다른 유전자 자리의 유전자들이 **기능적으로 서로 보완**하여 하나의 형질을 발현시키는 작용이다. 전형적으로는 각 자리의 우성 대립유전자가 함께 있어야 특정 형질이 나타나며, 필요한 유전자 중 하나의 기능이 없으면 그 형질이 나타나지 않는다.

② O: 상위유전자작용은 한 유전자 자리의 유전자가 **다른 유전자 자리의 유전자 효과를 가리거나 억제**하는 작용이다. 서로 다른 자리의 유전자 사이에서 형질발현이 달라지는 것이므로, 같은 자리의 대립유전자 사이에 성립하는 우열관계와 구별된다.

③ X: 복대립유전자작용은 **같은 유전자 자리**에 대해 집단 전체에 세 종류 이상의 대립유전자가 존재하는 경우와 관련된다. 이배체 개체 하나는 해당 자리에 부모에게서 하나씩 받은 두 대립유전자를 가지며, 세 종류 이상을 모두 가지는 것은 아니다. 따라서 이를 서로 다른 유전자 자리의 유전자들 사이의 상호작용으로 설명하면 안 된다.

④ O: 다인자유전자작용은 **여러 유전자 자리의 유전자들이 하나의 형질에 함께 관여**하는 작용이다. 각 유전자의 효과가 누적되어 형질의 정도가 연속적으로 달라질 수 있다. '여러 유전자 자리'가 관여한다는 점에서, 한 자리의 대립유전자 종류가 여러 개인 복대립유전자와 구별된다.

NoteBase

문 14. 유전자의 연관과 교차에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 교차가의 범위는 0~50%이다.
ㄴ. 연관된 두 유전자 간의 교차가가 크면 두 유전자 간의 거리가 멀다고 할 수 있다.
ㄷ. 비대립유전자들이 동일한 염색체 상에 선상배열되어 하나의 군을 형성한 것을 연관(linkage)이라고 한다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

연관된 유전자 사이가 멀수록 그 사이에서 교차가 일어날 기회가 많아져 **교차가도 커진다**. 다만 교차가는 재조합형의 비율이므로 **최대 50%**이며, 같은 염색체에 있는 유전자라도 멀리 떨어져 있으면 이 값에 가까워진다.

보기별 해설

ㄱ. O: 교차가는 전체 생식세포 중 두 유전자에 대해 부모형과 다른 유전자 조합을 가진 재조합형 생식세포의 비율이다. 완전연관으로 재조합형이 생기지 않으면 0%이고, 두 유전자가 독립적으로 분리될 때에는 부모형과 재조합형의 비율이 같아 50%이다. 따라서 교차가의 이론적 범위는 **0~50%**이다.

ㄴ. O: 두 유전자 사이가 멀면 감수분열 때 그 구간에서 교차가 일어날 기회가 많아진다. 따라서 연관된 두 유전자의 **교차가가 클수록 유전적 거리가 멀다**고 추정할 수 있다. 다만 먼 구간에서는 다중교차가 재조합형으로 드러나지 않을 수 있으므로, 교차가가 거리와 언제나 정확히 비례하는 것은 아니다.

ㄷ. O: 서로 다른 유전자좌에 있는 비대립유전자들이 **같은 염색체에 선상으로 배열**되어 함께 유전되는 경향을 연관이라고 한다. 이처럼 같은 염색체에 속한 유전자들의 집합은 연관군이다. 연관된 유전자도 그 사이에서 교차가 일어나면 원래의 유전자 조합이 달라질 수 있다.

ㄱ·ㄴ·ㄷ이 모두 성립하므로 세 보기를 모두 포함한 ④의 조합에 해당한다.

NoteBase

문 15. 현행 우리나라 젖소의 개량목표에 포함되는 형질을 <보기>에서 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 유단백량
ㄴ. 유지방량
ㄷ. 유단백률
ㄹ. 지제
ㅁ. 유방
ㅂ. 산유량

① ㄴ, ㅂ
② ㄴ, ㄹ, ㅁ, ㅂ
③ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ, ㅂ

정답 4번

ㄱ

유단백량은 **유성분 개량목표에 포함**되며, 2030년 목표량은 338 kg이다.

가축개량목표(농림축산식품부고시 제2023-3호) 2. 젖소 개량목표
2. 젖소
□ 개량목표

https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/13DWxYlYWTebBrHevsFhCKqnfJWJhewYu.webp

NoteBase

ㄴ

유지방량은 **유성분 개량목표에 포함**된다. 목표량이 2025년과 2030년 모두 396 kg으로 같아도 개량목표에서 제외되는 것은 아니다.

가축개량목표(농림축산식품부고시 제2023-3호) 2. 젖소 개량목표
2. 젖소
□ 개량목표

https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/13DWxYlYWTebBrHevsFhCKqnfJWJhewYu.webp

ㄷ

유단백률은 **유단백량과 별도로 설정된 유성분 개량형질**이며, 2030년 목표는 3.26%이다.

가축개량목표(농림축산식품부고시 제2023-3호) 2. 젖소 개량목표
2. 젖소
□ 개량목표

https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/13DWxYlYWTebBrHevsFhCKqnfJWJhewYu.webp

ㄹ

지제는 **체형 개량목표에 포함**되며, 2030년 목표점수는 78.5점이다.

가축개량목표(농림축산식품부고시 제2023-3호) 2. 젖소 개량목표
2. 젖소
□ 개량목표

https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/13DWxYlYWTebBrHevsFhCKqnfJWJhewYu.webp

NoteBase

ㅁ

유방은 **체형 개량목표에 포함**되며, 2030년 목표점수는 78.7점이다.

가축개량목표(농림축산식품부고시 제2023-3호) 2. 젖소 개량목표
2. 젖소
□ 개량목표

https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/13DWxYlYWTebBrHevsFhCKqnfJWJhewYu.webp

ㅂ

산유량은 **유성분·체형과 함께 설정된 젖소 개량목표**이며, 2030년 목표량은 9,425 kg이다.

가축개량목표(농림축산식품부고시 제2023-3호) 2. 젖소 개량목표
2. 젖소
□ 개량목표

https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/13DWxYlYWTebBrHevsFhCKqnfJWJhewYu.webp

NoteBase

문 16. <보기>는 Shorthorn종의 모색에 대한 표현형과 유전자형 빈도이다. 대립유전자 R의 빈도는?

<보기>

표현형	개체수	유전자형	유전자형 빈도
적색(red)	285	RR	0.475
조모색(roan)	261	Rr	0.435
백색(white)	54	rr	0.09
계	600		1

① 0.3075

② 0.3275

③ 0.475

④ 0.6925

정답 4번

간단한 해설

대립유전자 R의 빈도는 **RR 빈도에 Rr 빈도의 절반을 더한 값**이다. 따라서 $0.475 + \frac{0.435}{2} = 0.6925$로, 전체 대립유전자의 69.25%가 R이다.

계산 과정

전체 개체 수는 600마리이며, 적색 RR은 285마리, 조모색 Rr은 261마리, 백색 rr은 54마리이다. 각 개체는 이 유전자좌에 대립유전자를 두 개씩 가지므로, 빈도 계산의 분모는 **개체 수가 아니라 전체 대립유전자 수**인 $2 \times 600 = 1{,}200$개이다.

RR 개체는 R을 두 개씩, Rr 개체는 R을 한 개씩 가지며, rr 개체에는 R이 없다. 따라서 R의 총수는 $2 \times 285 + 261 = 831$개이다. 이때 261개는 이형접합체 Rr에서 나온 R의 수이다.

R의 빈도를 p라 하면 $p = \frac{831}{1200} = 0.6925$이다. 이는 전체 대립유전자 중 R의 비율이 69.25%라는 뜻이며, ④의 0.6925와 일치한다.

NoteBase

문 17. 닭의 역우(F) 및 정상우(f) 유전자와 백색(I) 및 유색(i) 유전자는 동일 염색체 상에 연관되어 있다. <보기>를 참고하여 구한 교차가[%]는?

<보기>
대립하는 상동염색체의 염색분체 간에 일어나는 교차가를 알기 위하여 유색·역우(iiFF)와 백색·정상우(IIff)를 교배하여 백색·역우(IiFf)를 얻었다. 이 백색·역우(IiFf) F_1과 유색·정상우(iiff)를 검정교배하여 얻은 F_2는 백색·역우 10개체, 유색·역우 40개체, 백색·정상우 40개체, 유색·정상우 10개체를 얻었다.

① 15
② 17
③ 20
④ 25

정답 3번

간단한 해설

검정교배 자손 중 **부모에게 없던 유전자 조합**은 백색·역우와 유색·정상우이다. 두 재조합형이 각각 10개체로 전체 100개체 중 20개체이므로 교차가는 20%이다.

계산 과정

1. 부모형 유전자 조합: 유색·역우(iiFF)는 iF 배우자만, 백색·정상우(IIff)는 If 배우자만 만든다. 따라서 이들을 교배한 F_1(IiFf)은 한쪽 상동염색체에 iF, 다른 쪽에 If를 가진다. **부모형 조합은 iF와 If**이다.

2. 검정교배의 의미: 유색·정상우(iiff)는 if 배우자만 만든다. 따라서 검정교배 자손의 형질을 보면 **잡종 IiFf가 만든 배우자의 조합**을 알 수 있다. iF 배우자는 유색·역우(iiFf) 40개체를, If 배우자는 백색·정상우(Iiff) 40개체를 만들며, 이들은 부모형이다.

3. 재조합형 개체 수: 두 유전자 사이의 교차로 부모형과 다른 조합인 IF와 if가 생긴다. IF 배우자에서 나온 백색·역우(IiFf) 10개체와 if 배우자에서 나온 유색·정상우(iiff) 10개체가 재조합형이므로, **두 재조합형을 합한 수**는 10 + 10 = 20개체이다.

4. 교차가 계산: 교차가는 전체 검정교배 자손 중 재조합형 자손이 차지하는 비율을 백분율로 나타낸 값이다. 전체 자손 수는 10 + 40 + 40 + 10 = 100개체이므로, 교차가는 $\frac{10+10}{100} \times 100 = 20\%$이다. 이는 ③의 20에 해당한다.

NoteBase

문 18. Angus종 흑색은 적색에 대하여 완전 우성이다. Hardy-Weinberg 평형에 있는 어느 집단에서 전체 100두 중 16두가 적색이라면 이 집단에서 모색 유전자가 이형접합체(heterozygote)인 개체는 몇 두인가?

① 32두

② 36두

③ 48두

④ 60두

정답 3번

간단한 해설

적색 개체의 비율 0.16은 열성 대립유전자 빈도 자체가 아니라 **열성 동형접합체의 빈도**이다. 여기서 구한 대립유전자 빈도로 이형접합체 비율 $2pq = 0.48$을 계산하면, 전체 100두 중 이형접합체는 48두이다.

계산 과정

흑색 대립유전자를 A, 적색 대립유전자를 a라 하고, 각각의 빈도를 p, q라 둔다. 흑색이 완전 우성이므로 AA와 Aa는 흑색이고, **적색은 aa인 경우에만** 나타난다. Hardy-Weinberg 평형에서는 AA, Aa, aa의 빈도가 각각 p^2, $2pq$, q^2이다.

적색이 전체 100두 중 16두이므로 $q^2 = \frac{16}{100} = 0.16$이다. 따라서 $q = \sqrt{0.16} = 0.4$이고, $p = 1 - q = 0.6$이다. 0.16은 aa 개체가 차지하는 비율이고, 0.4는 전체 모색 대립유전자 중 a가 차지하는 비율이다.

이형접합체 Aa는 A와 a를 하나씩 받은 개체이다. 평형 집단에서 A와 a가 결합하는 두 경우의 빈도를 합하면 $pq + qp = 2pq$이므로, 이형접합체 빈도는 $2pq = 2 \cdot 0.6 \cdot 0.4 = 0.48$이다. 이는 전체 개체의 48%가 Aa라는 뜻이다.

이형접합체 수는 전체 개체 수에 그 빈도를 곱하여 구한다. 100 × 0.48 = 48두로, ③의 48두에 해당한다.

NoteBase

문 19. 염색체 상의 유전자 배열이 <보기>와 같은 상황에서 역위(inversion) 현상이 발생했다. 유전자 절단 부위 (ㄱ~ㅁ)와 역위가 일어난 후의 유전자 배열을 옳게 짝지은 것은?

<보기>



① 절단 부위: ㄴ, ㅁ, 역위 후 유전자 배열: ABCJKDEFGHI

② 절단 부위: ㄴ, ㅁ, 역위 후 유전자 배열: ABCIHGFEDJK

③ 절단 부위: ㄱ, ㅁ, 역위 후 유전자 배열: ABCDEFGHIJK

④ 절단 부위: ㄷ, ㄹ, 역위 후 유전자 배열: KJIHGFEDCBA

정답 2번

간단한 해설

역위는 염색체의 두 절단점 사이 구간이 **방향을 바꾸어 다시 연결**되는 현상이다. ㄴ과 ㅁ 사이의 DEFGHI가 IHGFED로 뒤집히므로, 양쪽의 ABC와 JK는 그대로 두고 ABCIHGFEDJK로 배열된다.

NoteBase

선지별 해설

역위는 염색체의 일부 구간이 절단된 뒤 180° 회전하여 같은 위치에 다시 연결되는 구조 변이이다. 뒤집힌 구간 안의 유전자 순서는 반대가 되지만, 구간 밖의 배열은 유지된다. 그림에서 ㄱ은 A와 B 사이, ㄴ은 C와 D 사이, ㄷ은 E와 F 사이, ㄹ은 G와 H 사이, ㅁ은 I와 J 사이이다.

① X: ㄴ과 ㅁ에서 절단하면 DEFGHI가 역위 대상이다. 이 구간이 **IHGFED로 뒤집혀야** 하므로 전체 배열은 ABCIHGFEDJK이다. ABCJKDEFGHI는 DEFGHI의 내부 순서가 그대로여서 제시한 절단점에서의 역위 결과가 아니다.

② O: ㄴ과 ㅁ 사이의 DEFGHI를 뒤집으면 IHGFED가 된다. 구간 밖의 **ABC와 JK는 그대로 유지**되므로 ABC + IHGFED + JK, 즉 ABCIHGFEDJK가 된다.

③ X: ㄱ과 ㅁ에서 절단하면 BCDEFGHI가 뒤집혀 IHGFEDCB가 된다. 따라서 A와 JK 사이에 이 구간이 연결된 **AIHGFEDCBJK**가 되어야 한다. ABCDEFGHIJK는 원래 배열이므로 역위 결과가 아니다.

④ X: ㄷ과 ㄹ 사이에는 FG가 있으므로, 역위 후에는 이 부분만 **GF로 바뀐다**. 전체 배열은 ABCDEGFHIJK이다. KJIHGFEDCBA는 모든 유전자를 역순으로 나열한 것이어서 ㄷ과 ㄹ 사이 구간만의 역위와 다르다.

NoteBase

문 20. Goodale-Hays의 산란 5요소설에 해당하지 않는 것은?

① 조숙성

② 수정률

③ 취소성

④ 산란강도

정답 2번

간단한 해설

수정률은 낳은 알 중 **수정된 알의 비율**로, 알을 얼마나 낳는지를 설명하는 Goodale-Hays의 산란 5요소에는 포함되지 않는다. 암탉은 수정되지 않은 알도 낳으므로 수정 여부와 산란능력은 구별해야 한다.

선지별 해설

Goodale-Hays의 산란 5요소는 조숙성, 산란강도, 취소성, 동기휴산성, 산란지속성이다. 산란 시작 시기, 산란 빈도, 산란의 중단과 지속 등을 통해 산란수를 설명한다.

① O: 조숙성은 **성성숙이 빨라 첫 알을 일찍 낳는 성질**이다. 초산일령이 빠르면 같은 연령까지 사육할 때 산란할 수 있는 기간이 길어질 수 있으므로, 산란수를 설명하는 요소에 해당한다.

② X: 수정률은 낳은 알 중 수정된 알의 비율이다. 이는 **알의 수정 여부**를 나타내며, 산란수 자체를 설명하는 산란 5요소에는 포함되지 않는다. 암탉은 수탉과 교미하지 않아도 무정란을 낳을 수 있으므로, 수정률과 알을 낳는 능력을 구별해야 한다.

③ O: 취소성은 알을 품어 부화시키려는 성질이다. 취소성이 나타나면 **포란하는 동안 산란이 중단**되므로 산란수에 영향을 준다. 따라서 산란 5요소에 포함되며, 산란수 증대를 위한 개량에서는 취소성이 약한 것이 유리하다.

④ O: 산란강도는 **일정 기간에 얼마나 빈번하게 알을 낳는지**를 나타낸다. 산란강도가 높으면 같은 기간에 낳는 알의 수가 많아지므로 산란 5요소에 해당한다.

NoteBase