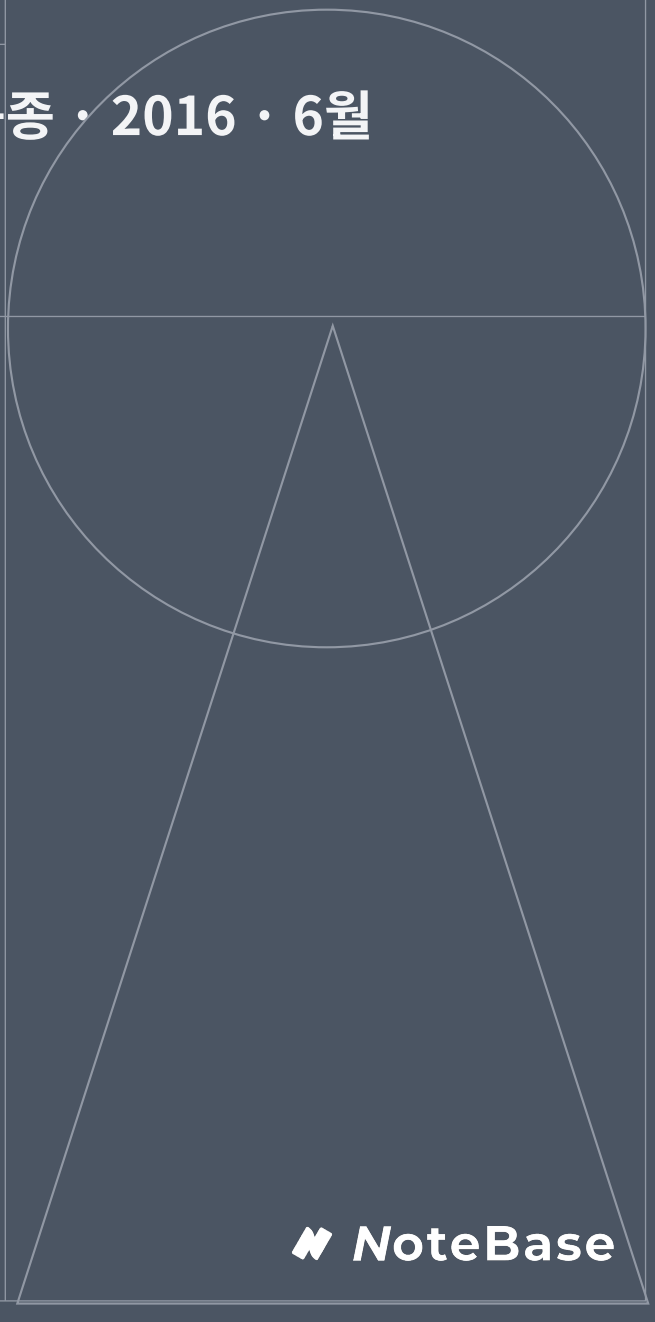
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 가축육종 · 2016 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 가축육종 · 2016 · 6월

공무원/서울시/9급 · 가축육종 · 2016 · 6월

문 1. 닭의 만우성유전자(K)는 반성유전형질로서 조우성유전자(k^+)에 대해 우성이다. 그러므로 이러한 형질을 이용하여 어린병아리 때 깃털의 발육속도로서 자가 성감별이 가능한데, 이를 위해서는 만우성과 조우성의 부, 모계통의 유전적 고정이 필요하다. 다음 중 자가 성감별을 위한 모계 종계의 교배조합 체계로 바람직한 것은?

① $Z^{k+}Z^{k+} \times Z^{K}W$

② $Z^{K}Z^{K} \times Z^{K}W$

③ $Z^{K}Z^{k+} \times Z^{K}W$

④ $Z^{k+}Z^{k+} \times Z^{k+}W$

정답 2번

간단한 해설

깃털로 성감별할 병아리를 생산하려면 조우성 수컷과 교배할 **만우성 모계 종계**가 필요하다. 모계 계통의 수컷을 $Z^{K}Z^{K}$로 고정하면 모든 딸이 아버지에게서 Z^{K}를 받아 만우성이 된다.

NoteBase

선지별 해설

닭은 수컷이 ZZ, 암컷이 ZW이며, 깃털 발육속도를 결정하는 유전자는 Z염색체에 있다. 딸은 아버지에게서 Z를, 어머니에게서 W를 받는다. 성감별용 병아리는 조우성 수컷 $Z^{k+}Z^{k+}$과 만우성 암컷 $Z^{K}W$을 교배하여 생산한다. 이때 아들은 어머니의 Z^{K}를 받아 만우성 $Z^{K}Z^{k+}$, 딸은 아버지의 Z^{k+}를 받아 조우성 $Z^{k+}W$이 된다. 따라서 이 문항에서는 **만우성 암컷을 일정하게 생산하고 그 형질을 고정하여 유지할 수 있는 모계 계통**을 찾아야 한다.

① $Z^{k+}Z^{k+} \times Z^{K}W$: 아들은 모두 만우성 $Z^{K}Z^{k+}$, 딸은 모두 조우성 $Z^{k+}W$이 된다. 이 교배는 **성감별할 병아리를 직접 생산하는 조합**이지만, 딸이 조우성이므로 만우성 모계 종계를 생산·유지하는 조합으로는 적합하지 않다.

② $Z^{K}Z^{K} \times Z^{K}W$: 수컷이 만드는 정자는 모두 Z^{K}를 가진다. 따라서 아들은 모두 $Z^{K}Z^{K}$, 딸은 모두 $Z^{K}W$이 되어 **암수 모두 만우성으로 고정**된다. 여기서 얻은 만우성 암컷을 조우성 부계 수컷과 교배하면 성감별이 가능한 병아리를 생산할 수 있다.

③ $Z^{K}Z^{k+} \times Z^{K}W$: 아들은 $Z^{K}Z^{K}$와 $Z^{K}Z^{k+}$로 나뉘지만 모두 만우성이다. 반면 딸은 만우성 $Z^{K}W$과 조우성 $Z^{k+}W$이 절반씩 발생한다. 수컷이 겉으로 만우성이어도 **이형접합체이면 딸의 형질이 분리**되므로, 만우성 모계 종계를 일정하게 생산하는 고정 계통이 되지 못한다.

④ $Z^{k+}Z^{k+} \times Z^{k+}W$: 아들은 모두 $Z^{k+}Z^{k+}$, 딸은 모두 $Z^{k+}W$이 되어 암수 모두 조우성으로 고정된다. 이는 **조우성 부계 계통을 유지**하는 데 알맞으며, 필요한 만우성 모계 종계를 생산하지 못한다.

네 조합 중 만우성 암컷을 빠짐없이 생산하면서 다음 세대에도 만우성을 고정하여 유지할 수 있는 것은 ②의 교배조합이다.

NoteBase

문 2. 선발하려는 집단의 선발차가 20이고, 모집단의 전체분산이 1,600일 경우의 표준화된 선발차(선발강도)는?

① 0.5

② 1.0

③ 1.5

④ 2.0

정답 1번

간단한 해설

선발강도는 선발차를 **모집단의 표준편차**로 나눈 값이다. 전체분산이 1,600이므로 표준편차는 40이고, 선발강도는 $\frac{20}{40} = 0.5$이다.

계산 과정

선발차 S는 선발된 집단의 평균에서 선발 전 모집단의 평균을 뺀 값이다. 선발강도 i는 이 차이가 모집단 표준편차 σ_P의 몇 배인지를 나타내므로, $i = \frac{S}{\sigma_P}$로 구한다.

모집단의 전체분산은 $\sigma_P^2 = 1600$이므로 표준편차는 $\sigma_P = \sqrt{1600} = 40$이다. 표준화할 때는 **분산이 아니라 표준편차**로 나누어야 한다.

선발차 20을 대입하면 $i = \frac{20}{40} = 0.5$이다. 이는 선발된 집단의 평균이 모집단 평균보다 표준편차의 0.5배만큼 높다는 뜻이다. 선발차와 표준편차의 단위가 약분되므로 선발강도에는 단위가 없으며, 계산값 0.5는 ①에 해당한다.

NoteBase

문 3. 닭의 역우(F) 및 정상우(f) 유전자와 백색(I) 및 유색(i)의 우모색 관련 유전자는 동일염색체상에 연관되어 있다. 백색의 우모색과 역우 특징을 갖는 F1 (IiFf)과 유색-정상 개체를 교배하여 100수의 자손을 생산하였다. 생산된 자손들 중 백색-역우 40수, 백색-정상 12수, 유색-역우 8수, 유색-정상 40수가 나타났다면 교차가는?

① 8%

② 12%

③ 20%

④ 40%

정답 3번

간단한 해설

백색-정상 12수와 유색-역우 8수는 교차로 생긴 재조합형이다. 두 유형을 합한 20수가 전체 100수에서 차지하는 **재조합형의 비율**이므로 교차가는 20%이다.

계산 과정

검정교배의 의미: 유색-정상 개체의 유전자형은 iiff이므로 if 생식세포만 만든다. 따라서 IiFf 개체와 교배하여 얻은 **자손의 표현형으로 IiFf 개체가 만든 생식세포의 유전자 조합**을 알 수 있다.

부모형 판별: 연관된 두 유전자 사이에서는 재조합형보다 부모형이 많이 나타난다. 각각 40수로 많이 나타난 백색-역우와 유색-정상이 부모형이며, IiFf 개체가 만든 IF와 if 생식세포에 각각 대응한다.

재조합형 집계: 부모형의 유전자 조합이 교차로 바뀌면 If와 iF 생식세포가 생긴다. 이에 대응하는 **백색-정상 12수와 유색-역우 8수**가 재조합형이다. 재조합형 자손은 12 + 8 = 20수이며, 두 유형을 모두 합해야 한다.

교차가 계산: 교차가 r은 전체 자손 중 재조합형 자손이 차지하는 백분율이다. 전체 자손 수는 40 + 12 + 8 + 40 = 100수이므로 $r = \frac{20}{100} \times 100 = 20\%$이다. 계산된 교차가 20%는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. 어떤 축우 집단에서 체중에 대한 개체 선발을 하였을 경우 집단의 평균 체중은 550kg, 종축으로 선발된 개체들의 평균값은 750kg이었다. 이때 체중의 유전력은 0.3, 집단 내 개체들의 세대 간격은 수컷이 2년, 암컷은 4년이라 하였을 때 다음 세대에 기대되는 연간 유전적 개량량은?

① 20kg

② 30kg

③ 50kg

④ 60kg

정답 1번

간단한 해설

개체 선발의 세대당 유전적 개량량은 **선발차 × 유전력**으로 구한다. 선발차 200kg에 유전력 0.3을 곱한 60kg을 **암수 평균 세대 간격 3년**으로 나누면 연간 20kg이 된다.

계산 과정

1. 선발차: 선발차 S는 종축으로 선발된 개체들의 평균 체중에서 원래 집단의 평균 체중을 뺀 값이다. 따라서 S = 750 − 550 = 200kg이다. 이는 선발된 종축이 원래 집단보다 평균적으로 얼마나 무거운지를 나타낸다.

2. 세대당 유전적 개량량: 개체의 체중을 기준으로 선발할 때 기대되는 선발 반응 R은 $R = h^2S$로 구한다. 여기서 h^2는 유전력이며, 주어진 값은 0.3이다. 선발된 개체의 체중 우수성에는 환경의 영향도 포함되므로, 선발차에 유전력을 곱해 다음 세대의 유전적 향상분을 예측한다. 계산하면 0.3 × 200 = 60kg이며, 이는 **한 세대당 기대되는 개량량**이다.

3. 평균 세대 간격: 세대 간격은 다음 세대의 종축이 태어날 때 부모의 평균 나이이다. 자손은 유전자를 부계와 모계에서 절반씩 받으므로, 집단의 세대 간격 L은 **수컷과 암컷 세대 간격의 산술평균**을 사용한다. 따라서 $L = \frac{2+4}{2} = 3$년이다.

4. 연간 유전적 개량량: 세대당 개량량을 평균 세대 간격으로 나누어 1년당 값으로 환산한다. 연간 개량량은 $\frac{R}{L} = \frac{60}{3} = 20$kg/년이다. 따라서 선지 ①의 20kg에 해당한다.

NoteBase

문 5. 가축 형질의 유전력을 추정하는 방법 중 분산분석에 의한 방법으로 반형매 간의 유사도 또는 전형매 간의 유사도에 근거하여 추정하는 방법이 있다. 전형매 간의 유사도에 근거하여 분산성분을 추정한 결과 부친의 분산성분(σ_s^2)은 0.2이고, 모친의 분산성분(σ_d^2)은 0.3, 자손의 분산성분(σ_w^2)은 1.5라 할 때, 부친의 분산성분으로부터 추정한 유전력의 값은?

① 0.1

② 0.2

③ 0.25

④ 0.4

정답 4번

간단한 해설

부친 분산성분은 상가적 유전분산의 1/4에 해당하므로, **부친 분산성분의 4배**를 전체 표현형 분산으로 나눈다. 전체 표현형 분산은 0.2 + 0.3 + 1.5 = 2.0이므로 유전력은 0.4이다.

계산 과정

이 문제에서 구하는 협의의 유전력은 **전체 표현형 분산 중 상가적 유전분산이 차지하는 비율**이다. 상가적 유전분산을 σ_A^2, 전체 표현형 분산을 σ_P^2라 하면 $h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2}$이다.

전체 표현형 분산: 주어진 부친·모친·자손의 분산성분을 모두 합한다. $\sigma_P^2 = \sigma_s^2 + \sigma_d^2 + \sigma_w^2$이므로 0.2 + 0.3 + 1.5 = 2.0이다. 자손의 분산성분 1.5만을 전체 표현형 분산으로 사용하지 않는다.

상가적 유전분산: 무작위 교배 집단에서 근친·상위성·부계 공통환경 효과를 무시하는 기본 모형을 적용한다. 같은 부친과 서로 다른 모친을 가진 부계 반형매의 유사도에 해당하는 부친 분산성분은 상가적 유전분산의 1/4이다. 따라서 **부친 분산성분에 4를 곱하여** $\sigma_A^2 = 4\sigma_s^2 = 4 \times 0.2 = 0.8$로 추정한다. 모친 분산성분 0.3은 전체 표현형 분산에는 포함되지만, 부친 성분으로 추정하는 이 계산의 분자에 따로 더하지 않는다.

부친 성분에 의한 유전력: $h_s^2 = \frac{4\sigma_s^2}{\sigma_P^2}$에 대입하면 $h_s^2 = \frac{0.8}{2.0} = 0.4$이다. 분산끼리 나눈 비율이므로 단위는 없으며, 표현형 분산의 40%가 상가적 유전분산으로 추정된다는 뜻이다. 계산값 0.4는 ④와 일치한다.

NoteBase

문 6. 다음과 같은 유전현상의 변이를 초래하는 것은 무엇인가?

치사작용을 초래하며 교차율을 변화시키고, 위우성(pseudodominance) 현상과 여러 가지 형태적 변화를 야기하기도 한다.

① 결실
② 중복
③ 역위
④ 전좌

정답 1번

간단한 해설

결실로 한쪽 상동염색체의 우성 대립유전자가 사라지면, 다른 쪽에 남은 열성 대립유전자의 형질이 드러날 수 있다. 이것이 열성 형질이 우성처럼 나타나는 **위우성**이다.

공통 해설

결실은 **염색체의 일부 구간이 소실되는** 구조적 변이이다. 결실 부위에 우성 대립유전자가 있었다면, 다른 상동염색체에 남은 열성 대립유전자의 형질이 가려지지 않고 나타날 수 있다. 예를 들어 A가 a에 대해 완전우성일 때, A와 a를 가진 개체에서 A가 있는 구간이 결실되면 남은 a의 형질이 드러날 수 있다. 이를 위우성(pseudodominance)이라고 하며, a 자체가 우성으로 바뀐 것은 아니다.

결실로 생존에 필수적인 유전자가 소실되면 치사작용이 나타날 수 있고, 소실된 유전자의 종류와 양에 따라 형태적 변화도 생길 수 있다. 따라서 **모든 결실이 반드시 치사인 것은 아니다**. 또한 결실 이형접합체에서는 정상 상동염색체의 해당 구간과 짝을 이룰 상대 구간이 없어 그 부위의 교차가 억제되므로 교차율이 달라질 수 있다.

지문의 위우성을 설명하는 핵심은 **대립유전자의 실제 소실**이다. 중복이나 역위, 유전물질의 소실이 없는 전좌만으로는 이처럼 우성 대립유전자가 없어져 열성 형질이 드러나는 현상을 설명할 수 없다. 따라서 제시된 현상들은 결실의 영향으로 연결된다.

NoteBase

문 7. 유전자기능 분석방법으로 사용하는 중합효소반응(polymerase chain reaction)은 3가지 단계(Primer 결합, DNA 합성, DNA 변성)를 반복하여 특정 DNA 영역을 증폭한다. 각 단계의 순서로 옳은 것은?

① DNA 변성 → DNA 합성 → Primer 결합

② DNA 변성 → Primer 결합 → DNA 합성

③ Primer 결합 → DNA 합성 → DNA 변성

④ Primer 결합 → DNA 변성 → DNA 합성

정답 2번

간단한 해설

이중가닥 DNA를 먼저 **단일가닥으로 분리**해야 프라이머가 주형에 결합할 수 있다. DNA 중합효소는 **결합한 프라이머의 끝에서** 새 DNA 가닥을 합성한다.

올바른 순서

DNA 변성 → Primer 결합 → DNA 합성

DNA 변성: 온도를 높여 이중가닥 DNA의 상보적 염기 사이 수소결합을 끊고 **두 가닥을 분리**한다. 분리된 각 가닥이 새 DNA를 만드는 주형이 되므로, 이중가닥 DNA에서 반응을 시작할 때 이 단계가 먼저 필요하다.

Primer 결합: 변성 후 온도를 낮추면 짧은 DNA 조각인 프라이머가 주형 DNA의 상보적인 염기서열에 결합한다. 이 과정은 어닐링이라고 하며, 프라이머는 DNA 중합효소가 합성을 시작할 수 있는 **3′ 말단의 OH기**를 제공한다.

DNA 합성: DNA 중합효소가 주형의 염기서열에 맞춰 프라이머의 3′ 말단에 뉴클레오타이드를 붙여 새 가닥을 연장한다. 따라서 **프라이머 결합이 합성보다 앞서야** 한다. 합성된 이중가닥 DNA는 다음 주기의 변성 단계에서 다시 분리되어 주형으로 사용되며, 이 주기를 반복하면 특정 DNA 영역이 증폭된다.

NoteBase

문 8. 집토끼의 모색과 모장에 관한 유전 양식으로서 백색짧은털(EESS)을 가진 개체와 흑색긴털(eess)을 가진 개체 간의 교잡으로 백색짧은털(EeSs)을 가진 개체가 생산되었다. 본 개체를 흑색긴털(eess) 개체와 검정교배시킨 결과 백색짧은털 개체 84마리, 백색긴털 개체 14마리, 흑색짧은털 개체 16마리, 흑색긴털 개체 86마리가 출생되어 이론적 분리비인 1:1:1:1과는 매우 큰 차이가 있었다. 왜 이러한 결과가 나타나는지에 대한 가장 적절한 유전 현상의 설명은?

① 모색과 모장의 독립유전

② 모색 유전자의 상위성 유전

③ 모장 유전자의 상위성 유전

④ 모색과 모장의 연관

정답 4번

간단한 해설

검정교배에서 부모와 같은 조합인 백색짧은털과 흑색긴털이 많고, 새로운 조합인 백색긴털과 흑색짧은털은 적다. 이는 모색과 모장 유전자가 **같은 염색체에 있어 함께 전달되는 연관**으로 설명된다.

핵심 풀이

검정교배의 의미: EESS와 eess 사이에서 태어난 EeSs 개체는 한쪽 부모에게서 E와 S를, 다른 쪽 부모에게서 e와 s를 함께 받았다. 이를 eess와 교배하면 검정친은 es 생식세포만 만들므로, 자손의 표현형을 통해 EeSs 개체가 만든 생식세포의 조합을 알 수 있다. ES는 백색짧은털, Es는 백색긴털, eS는 흑색짧은털, es는 흑색긴털 자손으로 나타난다.

분리 결과와 연관: 부모에게서 받은 조합을 유지한 백색짧은털 84마리와 흑색긴털 86마리가 많고, 조합이 바뀐 백색긴털 14마리와 흑색짧은털 16마리는 적다. 모색과 모장 유전자가 **같은 염색체에 연관되어 있으면** E와 S, e와 s가 각각 함께 전달되기 쉽다. 감수분열 중 교차가 일어나면 Es와 eS라는 재조합 생식세포도 생기므로, 소수의 새로운 조합이 나타나는 것까지 설명할 수 있다.

독립유전·상위성과의 구별: 두 유전자가 독립적으로 유전된다면 EeSs 개체의 ES·Es·eS·es 생식세포가 같은 비율로 생기므로, 검정교배 자손도 1:1:1:1로 기대된다. 총 200마리라면 각 표현형이 약 50마리씩이어야 하지만, 관찰 결과는 부모의 조합에 크게 치우쳐 있다. 상위성은 **한 유전자좌의 유전자가 다른 유전자좌의 표현형 발현을 가리거나 바꾸는 관계**이다. 이 자료의 핵심은 특정 형질의 발현이 가려진 것이 아니라 부모에게서 받은 두 형질의 조합이 함께 전달되는 빈도가 높다는 점이므로, 모색 유전자나 모장 유전자의 상위성보다 두 유전자의 연관으로 설명한다.

NoteBase

문 9. 다음 중 닭의 조합능력(combining ability)을 개량하기 위해 고안된 육종방법은?

① 가계선발

② 후대검정

③ 상반반복선발법

④ 개체와 가계의 결합선발

정답 3번

간단한 해설

상반반복선발법은 **두 집단을 서로 교배하여 얻은 후대의 성적**을 기준으로 각 집단의 번식용 개체를 선발하는 방법이다. 이를 반복하여 두 집단 사이의 조합능력을 개량한다.

공통 해설

조합능력은 어떤 개체나 계통이 다른 개체나 계통과 교배했을 때 우수한 후대를 생산하는 능력이다. 이를 개량하려면 **교잡 후대에서 나타나는 성적**을 선발에 반영해야 한다. 이 목적에 맞게 두 집단을 상호 검정하고 반복적으로 선발하는 방법이 상반반복선발법이다.

예를 들어 A집단과 B집단을 유지하면서 서로 교배하여 후대의 성적을 조사한다. 그 결과로 각 집단의 후보를 평가하고, 선발된 개체들을 각각 원래 집단 안에서 교배하여 다음 세대를 만든다. 이 과정을 반복하면 A와 B를 교배했을 때 좋은 성적을 내는 방향으로 두 집단의 조합능력을 함께 개량할 수 있다. 평가하는 것은 교잡 후대이지만, **다음 세대의 부모로 선발하는 것은 원래 두 집단의 개체**라는 점이 핵심이다.

가계선발이나 개체와 가계의 결합선발이라는 명칭만으로는 두 집단의 교잡 성적을 이용한 상호 개량을 뜻하지 않는다. 후대검정은 후대 성적으로 부모를 평가하는 절차이므로 상반반복선발에 활용될 수 있지만, 그 자체가 두 집단을 상호 검정하며 선발을 반복하는 육종방법을 뜻하지는 않는다.

NoteBase

문 10. 다음 중 DNA가 유전물질로서 인정받게 된 실험과 직접적 관련이 없는 것은?

① Griffith의 폐렴쌍구균 실험

② Watson & Crick의 DNA 이중나선 구조

③ Hershy & Chase의 T2 박테리오파지 실험

④ Avery 등의 분해효소 첨가 실험

정답 2번

간단한 해설

Watson과 Crick의 이중나선 모형은 **DNA의 분자 구조**를 설명한 것으로, DNA와 단백질 중 무엇이 유전물질인지를 가려낸 실험과는 구별된다.

선지별 해설

① O: Griffith는 열처리로 죽인 병원성 S형 폐렴쌍구균과 살아 있는 비병원성 R형을 함께 주입하면 생쥐가 죽고 살아 있는 S형 균이 나타나는 것을 관찰했다. 죽은 S형 균의 어떤 물질이 R형 균의 유전적 성질을 바꾸는 **형질전환**을 발견한 것이다. 그 물질이 DNA라는 사실까지 밝히지는 못했지만, 이후 DNA를 유전물질로 확인하는 연구의 출발점이 되었다.

② X: Watson과 Crick은 DNA의 두 가닥이 서로 감긴 이중나선 모형을 제시했다. 이 모형은 상보적 염기쌍을 통해 유전정보가 복제될 수 있는 원리를 설명하지만, **DNA와 단백질 중 유전물질을 가려낸 실험은 아니다**. 따라서 이 문항에서 묻는 유전물질의 확인 실험과 구별해야 한다.

③ O: Hershey와 Chase는 T2 박테리오파지의 DNA를 방사성 인으로, 단백질을 방사성 황으로 각각 표지하여 대장균을 감염시켰다. 감염 뒤 **DNA는 주로 세포 안으로 들어가고 단백질 껍질은 주로 밖에 남는** 것을 확인했으며, 감염된 세균에서는 자손 파지가 만들어졌다. 이는 단백질보다 DNA가 유전물질이라는 판단을 뒷받침했다.

④ O: Avery 등은 형질전환을 일으키는 추출물에 성분별 분해효소를 처리하여 어떤 물질이 필요한지 조사했다. 단백질이나 RNA를 분해해도 형질전환이 일어났지만, **DNA를 분해하면 형질전환이 일어나지 않았다**. 이 결과는 형질전환을 일으키는 유전물질이 DNA임을 뒷받침했다.

NoteBase

문 11. 다음 중 보족 유전자 작용의 대표적인 예로 옳은 것은?

① 쇼트혼(Shorthorn) 종의 피모색

② 닭의 우모색

③ 닭의 볏모양

④ 토끼의 색원체유전자

정답 3번

간단한 해설

닭의 볏모양에서는 **서로 다른 두 유전자의 우성 대립유전자**가 함께 작용할 때, 각각이 단독으로 작용할 때와 다른 호두볏이 나타난다. 이처럼 두 유전자의 작용이 서로 보완되어 새로운 표현형을 만드는 것이 보족 유전자 작용이다.

선지별 해설

① X: 쇼트혼종에서 적색모와 백색모가 함께 나타나는 로운(roan) 피모색은 **같은 유전자좌의 두 대립유전자가 함께 발현**되는 공우성의 사례이다. 서로 다른 유전자좌의 유전자가 보완적으로 작용하는 보족 유전자 작용과 구별된다.

② X: 닭의 우모색에서 백색 레그혼의 우성 백색 유전자 I는 검은색 색소의 발현을 억제한다. 이는 다른 유전자의 표현을 막는 **억제 유전자 작용**의 대표 사례이다. 두 유전자가 함께 작용하여 새로운 표현형을 만드는 보족 작용과는 다르다.

③ O: 닭의 볏모양은 서로 다른 유전자좌의 R과 P가 함께 관여한다. 우성 R만 있으면 장미볏, 우성 P만 있으면 완두볏이 나타나지만, **우성 R과 P가 모두 있으면 호두볏**이 나타난다. 두 유전자좌 모두 열성 동형접합이면 단관이 된다. 각각의 우성 유전자가 단독으로 있을 때와 다른 표현형을 함께 만들어 내므로 보족 유전자 작용의 대표적인 예이다.

④ X: 토끼의 색원체유전자는 **하나의 유전자좌에 여러 대립유전자**가 존재하는 복대립유전자의 대표 사례이다. 이 대립유전자들의 조합에 따라 색소 발현이 달라지며, 서로 다른 두 유전자좌의 유전자가 보완적으로 작용하는 경우와 구별된다.

NoteBase

문 12. 다음 중 가축의 형질 발현에 관한 유전과 환경의 상호작용에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 유전자의 효과는 환경과 무관하게 작용한다.

② 유전자는 형질 발현의 기본적 소질을 결정하고 환경이 이를 구현시켜 준다.

③ 환경이 불량하더라도 우량한 유전자를 보유한 가축은 표현성적이 우수하다.

④ 유전자가 열등하면 양질의 사료 등으로 육질 등의 생산능력을 극복할 수 있다.

정답 2번

간단한 해설

가축의 생산형질은 **유전적 소질과 사육환경이 함께 작용**하여 나타난다. 우량한 유전적 소질도 영양·건강·사양관리 등의 환경이 뒷받침되어야 충분히 발휘된다.

선지별 해설

① X: 유전자의 효과가 실제 형질로 나타나는 정도는 **환경의 영향을 받는다**. 같은 유전적 소질을 지닌 가축도 영양상태나 사육환경에 따라 성장과 생산성 등이 달라질 수 있으므로, 환경과 무관하게 작용한다는 설명은 부적절하다.

② O: 유전자는 형질 발현의 기본적 소질인 **유전적 잠재능력**을 결정하고, 환경은 그 능력이 실제 성적으로 나타나는 데 영향을 준다. 따라서 생산성을 높이려면 유전적 개량과 함께 적절한 사료 공급과 사양관리가 필요하다.

③ X: 우량한 유전자를 보유하더라도 **불량한 환경에서는 잠재능력을 충분히 발휘하지 못할 수 있다**. 영양 부족이나 질병 등은 성장과 생산성을 떨어뜨리므로, 유전적 소질이 우수하다는 이유만으로 실제 측정되는 표현성적까지 우수하다고 단정할 수 없다.

④ X: 양질의 사료는 생산성이나 육질을 개선하는 데 도움이 되지만, **유전적 소질의 한계를 완전히 극복하는 것은 아니다**. 환경 개선으로 보유한 능력의 발현을 돕는 것과 유전적 소질 자체를 개량하는 것은 구별해야 한다.

NoteBase

문 13. 역우, 단관, 백색 우모 (*FFrrII*)의 닭과 정상우, 장미관, 유색 우모 (*ffRRii*)의 닭을 교잡하였을 경우 F_1은 역우, 장미관, 백색 우모 (*FfRrIi*)를 가진 개체가 된다. 이들 F_1 간의 교잡으로 *FFRRII*의 유전자형을 가진 개체가 생산될 수 있는 확률은?

① 1/8

② 1/16

③ 1/32

④ 1/64

정답 4번

간단한 해설

F_1끼리 교잡하면 각 유전자쌍에서 **대문자 동형접합체**가 나올 확률은 $\frac{1}{4}$이다. 세 유전자쌍이 독립적으로 분리되므로, 이 조건을 모두 만족하는 확률은 $\frac{1}{64}$이다.

계산 과정

교잡하는 두 F_1의 유전자형은 모두 FfRrIi이다. 따라서 FfRrIi × FfRrIi에서 FF, RR, II가 동시에 나타날 확률을 구한다. 세 유전자쌍은 **독립적으로 분리된다는 조건**으로 계산한다.

Ff × Ff에서 각 부모는 F와 f를 각각 1/2의 확률로 전달하므로, FF가 될 확률은 $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$이다. 같은 원리로 Rr × Rr에서 RR이 될 확률과 Ii × Ii에서 II가 될 확률도 각각 $\frac{1}{4}$이다. 여기서는 우성 형질이 나타나는 개체 전체가 아니라, 각 유전자쌍이 **대문자 동형접합인 개체**만 센다.

독립적인 세 조건을 모두 만족할 확률은 각 확률을 곱하여 구한다. 따라서 FFRRII가 생산될 확률은 $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{64}$이며, ④의 값에 해당한다.

NoteBase

문 14. 다음 중 유전력에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 유전력의 범위는 0에서 +1 사이에 있다.

② 유전력은 광의와 협의의 유전력으로 나눌 수 있다.

③ 유전력은 형질에 따라 동일하다.

④ 유전력이 작으면 가계선발이 효율적이다.

정답 3번

간단한 해설

유전력은 모든 형질에서 일정한 값이 아니라 **형질에 따라 달라진다**. 형질마다 표현형 차이에서 유전적 차이가 차지하는 비율이 다르기 때문이다.

선지별 해설

① O: 유전력은 특정 집단에서 나타나는 **표현형 분산 중 유전분산이 차지하는 비율**이다. 전체 변이 중 유전적 차이로 설명되는 몫이므로 이론적인 범위는 0에서 1이다. 0이면 해당 유전분산의 기여가 없고, 1이면 표현형 분산 전부가 해당 유전분산으로 설명된다는 뜻이다.

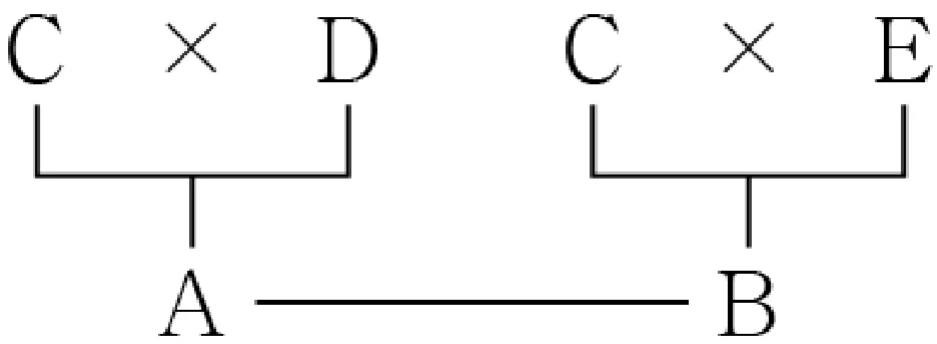
② O: 광의의 유전력은 표현형 분산 중 상가적 효과, 우성 효과, 상위성 효과를 포함한 전체 유전분산의 비율이다. 협의의 유전력은 그중 **상가적 유전분산만의 비율**이다. 상가적 효과는 각 유전자의 효과가 더해지는 부분으로, 부모에서 자손으로 전달되는 육종가와 선발 반응을 예측할 때 중요하다.

③ X: 유전력은 **형질에 따라 다르다**. 형질마다 유전분산과 환경분산의 상대적 크기가 다르기 때문이다. 예를 들어 가축의 번식 형질은 일반적으로 유전력이 낮고, 여러 도체 형질은 그보다 높다. 같은 형질이라도 집단의 유전적 구성이나 사육환경이 달라지면 유전력은 달라질 수 있다.

④ O: 유전력이 낮으면 개체 자신의 성적만으로 유전적 능력을 구별하기 어렵다. 가계선발은 **혈연관계가 있는 여러 개체의 평균 성적**을 이용하므로, 개체별 우연한 환경효과를 줄여 유전적 차이를 파악하는 데 유리하다. 다만 가계가 함께 받은 사양관리 등 공통 환경효과를 유전적 우수성으로 오인하지 않도록 통제해야 한다.

NoteBase

문 15. 다음은 반형매관계인 A, B 개체에 대한 가계도이다. 이때 A와 B 두 개체 간의 혈연계수는? (단, $F_c = 0$)



① 0.1

② 0.125

③ 0.25

④ 0.5

정답 3번

간단한 해설

A와 B는 **공통 부모 C**로부터 각각 유전자의 절반씩을 물려받는다. C의 근교계수가 0이므로 두 전달 경로를 곱한 혈연계수는 $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = 0.25$이다.

계산 과정

가계도 확인: A의 부모는 C와 D이고, B의 부모는 C와 E이다. 따라서 A와 B는 **부모 한쪽인 C만 공통**으로 두는 반형매이다. 주어진 가계도에서 두 개체를 공통 조상을 통해 연결하는 경로는 A ← C → B 하나이다.

공식 적용: 혈연계수는 공통 조상으로 인해 두 개체가 유전적으로 닮은 정도를 나타낸다. 부모에서 자식으로 유전자가 전달될 때마다 공통 조상의 기여는 절반으로 줄어든다. A와 C 사이의 세대 수를 n_1, B와 C 사이의 세대 수를 n_2, C의 근교계수를 F_c라 하면, 이 가계도에서 혈연계수는 $R_{AB} = \left(\frac{1}{2}\right)^{n_1 + n_2}(1 + F_c)$로 구한다. 여기서는 **양쪽 모두 부모와 자식 사이의 한 세대**이므로 $n_1 = n_2 = 1$이고, 주어진 조건에 따라 $F_c = 0$이다.

계산: $R_{AB} = \left(\frac{1}{2}\right)^{1+1}(1 + 0) = \frac{1}{4} = 0.25$이다. 이는 공통 조상에서 유래한 유전적 관계의 정도가 25%라는 뜻이며, 혈연계수는 단위가 없는 값이다. 계산값 0.25는 ③에 해당한다.

NoteBase

문 16. Angus종 집단에서 출생한 100마리의 송아지 중 16마리는 적색(bb)이고, 84마리는 흑색(BB, Bb)이었다. 이들 집단이 Hardy-Weinberg 평형상태에 있고, 폐쇄집단 내 무작위 교배가 이루어지고 돌연변이, 선발, 유전적 부동, 이주, 격리 등이 작용하지 않는다고 가정하였을 때, 3세대 후 이들 집단 내 Bb의 유전자형 빈도는?

① 0.16

② 0.24

③ 0.4

④ 0.48

정답 4번

간단한 해설

적색 송아지의 비율 0.16은 열성 동형접합체의 빈도이므로, 대립유전자 b의 빈도는 0.4이고 B의 빈도는 0.6이다. 이형접합체의 빈도는 $2pq = 0.48$이며, **평형 조건이 유지되므로 3세대 후에도 변하지 않는다**.

계산 과정

1. 평형식 적용: 대립유전자 B의 빈도를 p, b의 빈도를 q라 두면 $p + q = 1$이다. Hardy-Weinberg 평형에서 BB, Bb, bb의 유전자형 빈도는 각각 p^2, $2pq$, q^2이다.

2. 대립유전자 빈도 계산: 적색은 bb이므로 $q^2 = \frac{16}{100} = 0.16$이다. 따라서 $q = \sqrt{0.16} = 0.4$, $p = 1 - q = 0.6$이다. 여기서 **0.16은 b 자체의 빈도가 아니라 bb의 빈도**이다. 흑색 84마리에는 BB와 Bb가 함께 포함되므로 흑색 비율을 BB의 빈도로 사용할 수 없다.

3. Bb 빈도 계산: 무작위 교배에서 한쪽 부모로부터 B, 다른 쪽으로부터 b를 받는 경우와 그 반대 경우를 합하므로 Bb의 빈도는 $pq + qp = 2pq$이다. 이를 계산하면 $2pq = 2 \cdot 0.6 \cdot 0.4 = 0.48$, 즉 전체의 48%이다.

4. 3세대 후의 빈도: 이미 평형상태이며, 폐쇄집단 내 무작위 교배가 이루어지고 돌연변이·선발·유전적 부동·이주·격리 등이 작용하지 않는다는 조건에서는 **대립유전자 빈도와 유전자형 빈도가 세대를 거쳐 유지된다**. 따라서 3세대 후에도 Bb의 빈도는 0.48이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 다음 중 선발에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 가축 집단의 유전능력을 개량한다.

② 자연적 선발과 인위적 선발로 구분한다.

③ 다음 세대의 가축을 생산하는 데 사용될 종축을 고르는 것이다.

④ 가축이 유전적으로 퇴화하는 것을 방지하는 목적이 있다.

정답 4번

간단한 해설

선발의 직접적인 목적은 **우수한 종축을 골라 다음 세대의 유전능력을 개량**하는 것이다. 유전적 퇴화 방지는 선발 자체의 목적과 구분하며, 특히 근친교배로 생기는 근교퇴화는 혈연관계가 먼 개체끼리 교배하는 등 교배 관리를 통해 줄인다.

선지별 해설

① O: 유전능력이 우수한 개체를 번식에 이용하면 이들이 가진 유전자가 다음 세대에 더 많이 전달된다. 이러한 선발을 세대에 걸쳐 실시하여 **집단의 평균 유전능력**을 개량한다. 현재 개체의 사료나 사육환경을 개선하여 능력을 높이는 것과는 구별된다.

② O: 선발은 **자연적 선발과 인위적 선발**로 구분한다. 자연적 선발은 자연환경에서 생존과 번식에 유리한 개체가 더 많은 자손을 남기는 과정이고, 인위적 선발은 사람이 개량 목표에 맞는 개체를 골라 번식에 이용하는 과정이다.

③ O: 종축은 다음 세대를 생산하기 위해 번식에 이용하는 가축이다. 선발은 후보 가축 중에서 **어떤 개체를 부모로 남길지** 결정하는 과정이다. 선발한 암수 중 어느 개체끼리 짝지을지를 정하는 것은 교배 계획에 해당한다.

④ X: 선발의 직접적인 목적은 유전적 퇴화의 방지가 아니라 **우수한 종축을 통한 집단의 유전능력 개량**이다. 특히 근친교배로 번식능력·생존율 등이 낮아지는 근교퇴화는 혈연관계가 먼 개체끼리 교배하는 이계교배 등으로 줄인다. 우수한 소수 개체에 번식을 집중하면 혈연관계가 높아질 수도 있으므로, 선발만으로 퇴화를 방지한다고 볼 수 없다.

NoteBase

문 18. 젖소에 있어 특정개체의 1회 측정 평균유량이 10,000kg이고, 이 개체가 속한 우군의 평균유량은 8,000kg이며, 해당형질의 유전력은 0.25, 반복력은 0.5라 할 때 이 개체의 유량에 대한 차기 생산능력(추정생산능력)은?

① 8,500kg

② 9,000kg

③ 10,500kg

④ 11,000kg

정답 2번

간단한 해설

1회 기록으로 같은 개체의 차기 유량을 예측할 때는 **반복력 0.5**를 적용한다. 우군 평균보다 많은 2,000kg 중 1,000kg이 다음 기록에서도 유지될 것으로 추정되므로 차기 생산능력은 9,000kg이다.

계산 과정

차기 생산능력은 기존 생산기록을 이용하여 같은 개체의 향후 생산량을 예측한 값이다. 같은 개체의 반복 기록에는 유전적 효과뿐 아니라 영구적 환경효과도 공통으로 작용하므로 **유전력 0.25가 아니라 반복력 0.5**를 사용한다.

기록이 1회일 때 예측식은 $A = \mu + r(P - \mu)$이다. 여기서 A는 차기 생산능력, μ는 우군 평균유량 8,000kg, P는 개체의 기록 10,000kg, r은 반복력 0.5이다. 개체와 우군 평균의 차이에 반복력을 곱하여 다음 기록에서도 유지될 것으로 예상되는 차이를 구한다.

이 개체의 유량은 우군 평균보다 10,000 − 8,000 = 2,000kg 많다. 이 차이 중 다음 기록에서도 유지될 것으로 추정되는 양은 0.5 × 2,000 = 1,000kg이다.

이를 우군 평균에 더하면 차기 생산능력은 8,000 + 1,000 = 9,000kg이다. 이는 ②의 9,000kg에 해당한다.

NoteBase

문 19. 멘델법칙에 따른 유전현상의 결과를 볼 때 표현형의 분리비율은 이론치와 완벽하게 일치하는 경우는 드물다. 이런 이유는 각 유전인자를 가지고 있는 배우자들 간의 결합이 확률적으로 완전 임의로 이루어지기 때문에 조사대상의 수가 적으면 적을수록 실제 관측치와 이론치가 일치되는 경우가 드물고 조사수가 많으면 많을수록 관측치와 이론치가 거의 일치하게 되는 것이다. 이처럼 실제 관측치와 이론치 간의 차이를 판단 해석하는 통계수단은?

① 카이자승 검정

② 상관 분석

③ 회귀 분석

④ 분산 분석

정답 1번

간단한 해설

멘델의 분리비율로부터 기대되는 개체 수와 실제 관측된 개체 수의 차이가 우연한 변동으로 설명되는지 판단할 때는 **카이자승 적합도 검정**을 사용한다. 표현형별 관측도수가 이론적으로 기대되는 도수와 얼마나 부합하는지를 검정하는 것이다.

공통 해설

카이자승 검정 중 **적합도 검정**은 범주별 관측도수가 주어진 이론적 비율에 부합하는지 판단하는 방법이다. 이 문제에서는 각 표현형이 범주이고, 멘델법칙에 따른 분리비율이 비교 기준이다. 해당 분리비율을 따른다는 가정 아래 전체 조사 개체 수에 각 표현형의 이론적 비율을 곱하면 기대도수를 구할 수 있다.

관측도수를 O_i, 기대도수를 E_i라 하면 검정통계량은 $\chi^2 = \sum_i \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$이다. 각 범주에서 관측도수와 기대도수의 차이를 제곱하고 기대도수로 나눈 값을 합하므로, 기대도수에 비해 차이가 클수록 검정통계량이 커진다. 관측은 서로 독립이어야 하며, 카이자승 분포에 의한 근사 검정을 적용하려면 기대도수가 충분히 커야 한다.

이 검정은 **관측치와 이론치가 정확히 같은지**를 확인하는 데 그치지 않고, 그 차이가 가정한 분리비율 아래 우연히 나타날 만한 수준인지 판단한다. 차이가 통계적으로 유의하면 해당 이론적 비율에 부합한다는 가정을 기각하며, 유의하지 않다고 해서 그 비율이 참임을 증명한 것은 아니다. 따라서 문항에서 요구하는 통계수단은 카이자승 검정의 적합도 검정이다.

NoteBase

문 20. 돼지 품종 A의 평균산자수는 14두이고, 돼지 품종 B의 평균 산자수는 18두인데, A품종과 B품종 간의 교잡에 의하여 생긴 F_1의 평균산자수가 20두라고 하면 이때 이 형질의 잡종강세의 강도는?

① 10%

② 15%

③ 20%

④ 25%

정답 4번

간단한 해설

잡종강세의 강도는 **부모 두 품종의 평균**을 기준으로 계산한다. 부모 평균 16두보다 교잡 1대의 평균산자수가 4두 많으므로, 증가율은 25%이다.

계산 과정

1. 부모 품종의 평균: 잡종강세는 교잡종의 성적이 부모 두 품종의 평균을 얼마나 웃도는지로 평가한다. A품종은 14두, B품종은 18두이므로 기준이 되는 부모 평균은 $M = \frac{14+18}{2} = 16$두이다.

2. 교잡종의 증가량: 교잡 1대 F_1의 평균산자수는 20두이므로, 부모 평균보다 증가한 산자수는 $20 - 16 = 4$두이다.

3. 잡종강세의 강도: 교잡종의 평균을 C, 부모 평균을 M이라고 하면 강도는 $H = \frac{C-M}{M} \cdot 100\%$이다. 증가량을 **부모 평균 16두로 나누어** 백분율로 나타내므로, $H = \frac{20-16}{16} \cdot 100\% = 25\%$이다. 이는 ④의 25%에 해당한다.

NoteBase