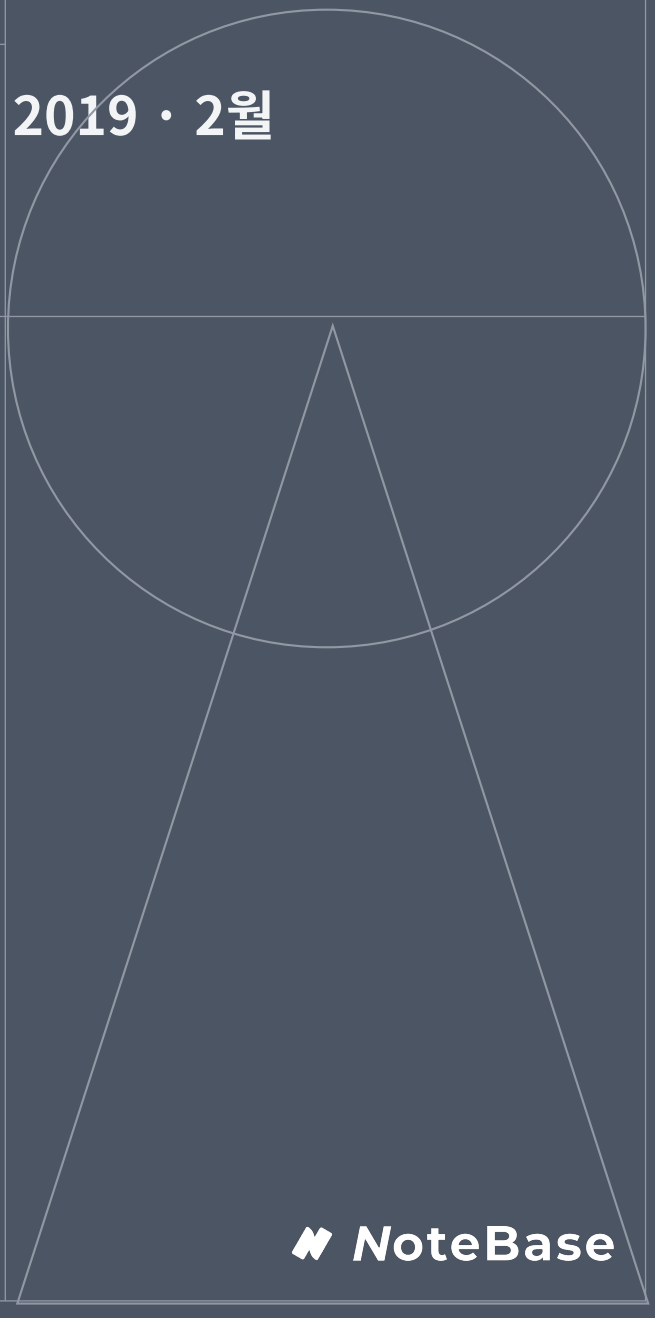
# 기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 생물 · 2019 · 2월



NoteBase

# 기출OX 해설집

## 공무원/서울시/9급 · 생물 · 2019 · 2월

**공무원/서울시/9급 · 생물 · 2019 · 2월**

**문 1. 헤모글로빈과 미오글로빈 단백질에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은?**

<보기>

ㄱ. 헤모글로빈은 적혈구에, 미오글로빈은 근육세포에 존재한다.

ㄴ. 산소압에 따른 헤모글로빈의 산소결합곡선은 S자형이다.

ㄷ. 헤모글로빈과 미오글로빈 모두 보결분자로 헴 구조를 가지고 있다.

ㄹ. 헤모글로빈과 미오글로빈 모두 α와 β 단백질을 각각 2개씩 4개의 단량체 단백질을 포함한다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄷ, ㄹ

③ ㄱ, ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄹ

**정답 3번**

**간단한 해설**

헤모글로빈과 미오글로빈은 모두 헴을 가지지만, **미오글로빈은 하나의 폴리펩타이드 사슬로 이루어진 단량체**이다. α 사슬 2개와 β 사슬 2개로 이루어진 구조는 성인의 주된 헤모글로빈에 해당한다.

NoteBase

**보기별 해설**

ㄱ. O: 헤모글로빈은 **적혈구에서 산소를 운반**하고, 미오글로빈은 근육세포에서 산소를 저장한다. 미오글로빈에 저장된 산소는 근육의 산소 공급이 부족할 때 이용될 수 있다.

ㄴ. O: 헤모글로빈은 한 소단위체에 산소가 결합하면 다른 소단위체의 산소 친화도가 높아지는 **협동적 결합**을 보인다. 이 때문에 산소 분압에 따른 산소 포화도 곡선이 S자형으로 나타난다.

ㄷ. O: 두 단백질 모두 비단백질성 보결분자인 **헴**을 가진다. 헴 중심의 2가 철 이온에 산소가 가역적으로 결합하므로 산소를 운반하거나 저장할 수 있다.

ㄹ. X: 성인의 주된 헤모글로빈은 α 사슬 2개와 β 사슬 2개가 모인 사량체이다. 반면 **미오글로빈은 하나의 폴리펩타이드 사슬**로 이루어진 단량체이며 헴도 1개만 가진다. 따라서 두 단백질 모두 4개의 소단위체로 이루어진다는 설명은 잘못되었다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄴ, ㄷ이며, 이 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

**문 4. 호수 바닥에서 살고 있는 메탄생성균(methanogen)과 프로테오박테리아에 속하는 니트로조모나스(Nitrosomonas), 광합성을 하는 시아노박테리아(cyanobacteria)에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?**

① 메탄생성균과 니트로조모나스는 진핵생물과 유사한 rRNA 염기서열을 갖는다.

② 메탄생성균과 시아노박테리아는 DNA에 결합하는 히스톤을 갖는다.

③ 니트로조모나스와 시아노박테리아는 한 종류의 RNA 중합효소를 갖는다.

④ 메탄생성균과 니트로조모나스와 시아노박테리아는 모두 펩티도글리칸으로 만들어진 세포벽을 갖는다.

**정답 3번**

**간단한 해설**

니트로조모나스와 시아노박테리아는 모두 **세균**에 속하며, 전사에 **한 종류의 RNA 중합효소**를 사용한다. 같은 종류의 효소가 mRNA, rRNA, tRNA의 합성을 담당한다.

**선지별 해설**

메탄생성균은 고세균에 속하고, 니트로조모나스와 시아노박테리아는 세균에 속한다. 모두 원핵생물이지만 rRNA 염기서열, DNA 결합 단백질, 세포벽 성분 등에서 차이가 있다.

① X: 진핵생물과 유사한 rRNA 염기서열 특성은 **메탄생성균이 속한 고세균**에서 나타난다. 니트로조모나스는 세균이므로 세균형 rRNA 염기서열을 가지며, 두 생물 모두 진핵생물과 유사한 rRNA를 갖는다는 설명은 성립하지 않는다.

② X: 메탄생성균에서는 DNA에 결합하여 DNA를 감고 정리하는 히스톤이 발견된다. 반면 시아노박테리아는 전형적인 히스톤 대신 HU 같은 DNA 결합 단백질로 DNA를 조직한다. HU는 히스톤 유사 단백질로 불리지만 **히스톤 자체와는 구별된다**.

③ O: 니트로조모나스와 시아노박테리아는 모두 세균이며, **한 종류의 RNA 중합효소**가 전사를 담당한다. 이 효소가 DNA를 주형으로 mRNA, rRNA, tRNA를 합성한다. 여기서 한 종류라는 말은 효소 분자가 하나뿐이라는 뜻이나 효소를 이루는 단백질 소단위체가 하나라는 뜻이 아니다.

④ X: 니트로조모나스와 시아노박테리아의 세포벽에는 펩티도글리칸이 있지만, 고세균인 메탄생성균의 세포벽에는 **펩티도글리칸이 없다**. 메탄생성균의 세포벽은 종류에 따라 유사펩티도글리칸이나 단백질성 층 등으로 이루어지며, 유사펩티도글리칸도 세균의 펩티도글리칸과는 다른 물질이다.

NoteBase

**문 6. 세포매개 면역반응(cell-mediated immune response)에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은?**

<보기>

ㄱ. 항원제시세포는 보조 T 림프구에게 자기 단백질(self protein)과 외래항원을 제시한다.

ㄴ. 보조 T 림프구는 인터루킨 2(IL-2)를 분비하여 B 림프구를 활성화한다.

ㄷ. 보조 T 림프구는 인터루킨 2(IL-2)를 분비하여 세포독성 T 림프구를 활성화한다.

ㄹ. 항원제시세포는 인터루킨 1(IL-1)을 분비하여 보조 T 림프구를 활성화한다.

① ㄴ, ㄷ

② ㄱ, ㄴ, ㄹ

③ ㄱ, ㄷ, ㄹ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

**정답 3번**

**간단한 해설**

ㄴ의 B 림프구 활성화는 항체 생산으로 이어지는 **체액성 면역** 과정이다. 세포매개 면역에서는 보조 T 림프구의 도움을 받아 활성화된 세포독성 T 림프구 등이 감염 세포를 제거한다.

NoteBase

**보기별 해설**

세포매개 면역은 T 림프구 등의 세포가 감염 세포를 제거하거나 대식세포의 작용을 강화하여 이루어지는 면역반응이다. 항체를 주된 작용 수단으로 하는 체액성 면역과 구별한다.

ㄱ. O: 항원제시세포는 외래항원을 분해한 펩타이드를 **자기 MHC 클래스 II 단백질과 결합한 형태**로 보조 T 림프구에 제시한다. 보조 T 림프구의 항원 수용체는 이 복합체를 인식한다. 여기서 '자기 단백질'은 항원을 제시하는 자기 MHC 단백질을 뜻한다.

ㄴ. X: 보조 T 림프구가 B 림프구의 활성화를 돕고, 활성화된 B 림프구가 형질세포로 분화하여 항체를 생산하는 과정은 **체액성 면역**에 해당한다. 따라서 세포매개 면역반응을 묻는 이 문항에서는 제외한다. IL-2가 B 림프구의 반응을 도울 수 없다는 뜻은 아니며, 이 보기의 판단 기준은 활성화 대상과 그에 따른 면역반응의 종류이다.

ㄷ. O: 활성화된 보조 T 림프구가 분비하는 IL-2는 항원을 인식한 세포독성 T 림프구의 **증식과 효과 세포로의 분화**를 촉진한다. 이 세포들이 바이러스 감염 세포 등을 직접 제거하는 것은 세포매개 면역의 주요 작용이다. IL-2만으로 항원 인식 없이 모든 세포독성 T 림프구가 활성화되는 것은 아니다.

ㄹ. O: 대식세포와 같은 항원제시세포가 분비하는 IL-1은 항원 제시와 함께 **보조 T 림프구의 활성화를 촉진**하고 IL-2 생산을 돕는다. 보조 T 림프구의 활성화에는 항원 인식과 공동자극도 필요하므로, IL-1의 분비만으로 활성화가 완결된다는 뜻은 아니다.

세포매개 면역반응에 해당하는 보기는 ㄱ, ㄷ, ㄹ이며, 이는 ③의 조합과 일치한다.

NoteBase

**문 7. 어떤 콩의 껍질의 색이 독립적으로 유전되는 두 개의 유전자에 의해 조절되는 다인자유전의 결과라고 가정하자. 같은 정도의 검은 색을 나타내는 유전자 A와 B는 대립유전자 a와 b에 대해 불완전우성이다. 가장 검은 콩 (AABB)과 가장 흰 콩(aabb)의 교배로 얻은 F1세대의 색깔과 동일한 색의 콩을 F1끼리 교배한 F2 세대에서 얻을 확률은?**

① 1/16

② 4/16

③ 5/16

④ 6/16

**정답 4번**

**간단한 해설**

F1의 유전자형은 AaBb이므로 같은 색을 내려면 **검은색에 기여하는 대립유전자 A와 B의 총수가 2개**여야 한다. F2에서 이 조건을 만족하는 AAbb, AaBb, aaBB의 확률을 합하면 $\frac{6}{16}$이다.

**계산 과정**

F1의 색: AABB와 aabb를 교배하면 F1은 모두 AaBb이다. A와 B가 같은 정도로 검은색에 기여하는 다인자유전이므로, 색의 진하기는 **A와 B의 총수**로 결정된다. F1은 A와 B를 각각 1개씩, 총 2개 가진다.

F2의 유전자형별 확률: AaBb끼리 교배할 때 각 유전자 자리에서 AA : Aa : aa와 BB : Bb : bb는 각각 1 : 2 : 1로 나타난다. 두 유전자는 **독립적으로 유전**되므로 서로 다른 자리의 유전자형이 함께 나타날 확률은 각 확률을 곱한다.

F1과 같은 색인 경우: A와 B의 총수가 2개인 유전자형은 AAbb, AaBb, aaBB이다. AaBb만이 아니라, A 또는 B를 2개 가진 경우도 같은 색을 낸다.
AAbb: $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$
AaBb: $\frac{2}{4} \times \frac{2}{4} = \frac{4}{16}$
aaBB: $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$

전체 확률: 세 유전자형은 서로 겹치지 않으므로 확률을 더한다. $\frac{1}{16} + \frac{4}{16} + \frac{1}{16} = \frac{6}{16}$이며, 이는 ④의 값에 해당한다.

NoteBase

**문 8. 양인자이형접합자(양성잡종, dihybrid)에 대한 설명으로 옳지 않은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은?**

<보기>
ㄱ. 두 쌍 중 한 쌍의 유전자의 각 대립인자가 서로 다르다.
ㄴ. 이배체 단일 유전자의 대립인자에 대한 표현이다.
ㄷ. 서로 교배하면 9종류의 서로 다른 유전자형이 나온다.
ㄹ. 검정교배를 하면 4종류의 표현형이 동일한 비로 나온다.
ㅁ. 표현형은 우성형질의 것으로 나타난다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄴ, ㄷ
③ ㄷ, ㄹ
④ ㄹ, ㅁ

**정답 1번**

**간단한 해설**

양인자이형접합자는 AaBb처럼 **서로 다른 두 유전자에서 모두 이형접합**인 개체이다. 한 유전자만 이형접합이라고 하거나, 단일 유전자의 대립인자에 대한 표현이라고 하면 그 뜻에 맞지 않는다.

NoteBase

**보기별 해설**

양인자이형접합자는 서로 다른 두 유전자에 대해 각각 다른 대립인자를 가진 개체로, AaBb로 나타낼 수 있다. ㄷ~ㅁ의 교배 결과와 표현형은 두 유전자가 독립적으로 유전되고 각 형질에서 완전 우성이 성립하는 멘델 유전을 전제로 한다.

ㄱ. X: AaBb에서는 A와 a가 서로 다르고 B와 b도 서로 다르다. 따라서 '두 쌍 중 한 쌍'이 아니라 **두 쌍 모두에서 대립인자가 서로 다르다**고 고쳐야 한다. 한 유전자만 이형접합인 AaBB나 Aabb와 구별된다.

ㄴ. X: 양인자이형접합자는 단일 유전자가 아니라 **서로 다른 두 유전자에 대한 이형접합 상태**를 나타낸다. 단일 유전자에 대해 두 대립인자가 다른 상태는 Aa처럼 나타내는 이형접합이다.

ㄷ. O: AaBb끼리 교배하면 A 유전자에서는 AA, Aa, aa의 3종류, B 유전자에서는 BB, Bb, bb의 3종류 유전자형이 나온다. 두 유전자가 독립적으로 유전되므로 이들이 조합되어 **3 × 3 = 9종류의 유전자형**이 나타난다.

ㄹ. O: 검정교배는 유전자형을 알아보려는 개체를 열성 동형접합자와 교배하는 것이다. AaBb를 aabb와 교배하면, AaBb가 만드는 AB, Ab, aB, ab의 네 종류 생식세포가 같은 비율로 참여하고 aabb는 ab 생식세포만 만든다. 자손은 AaBb, Aabb, aaBb, aabb가 되므로 두 형질 모두 우성, A 형질만 우성, B 형질만 우성, 두 형질 모두 열성인 **네 표현형이 1 : 1 : 1 : 1**로 나타난다.

ㅁ. O: 완전 우성에서는 이형접합자의 우성 대립인자가 표현형을 결정한다. AaBb는 A와 B를 각각 가지므로 **두 형질 모두 우성 표현형**으로 나타난다.

옳지 않은 보기는 ㄱ과 ㄴ이며, 이는 ①의 조합에 해당한다.

NoteBase

**문 9. 식물의 수송에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?**

① 카스파리안선(casparian strip)은 아포플라스트(apoplast)를 통한 물의 이동을 막는다.

② 물관부에서 증산-응집력-장력의 기작이 물의 수송을 일어나게 한다.

③ 공변세포는 빛이 없으면 양성자를 밖으로 퍼내고 대신 $K^+$과 $Cl^-$을 세포 내로 끌어들인다.

④ 동반세포(companion cell)는 체관요소의 생명유지에 필요한 기능을 제공한다.

**정답 3번**

**간단한 해설**

③의 양성자 방출과 $K^+ \cdot Cl^-$ 유입은 일반적으로 **빛을 받아 기공이 열릴 때** 나타나는 반응이다. 어두워지면 대체로 공변세포에서 이온과 물이 빠져나가 팽압이 낮아지고 기공이 닫힌다.

**선지별 해설**

① O: 아포플라스트는 세포막 안으로 들어가지 않고 세포벽과 세포 사이 공간을 따라 물이 이동하는 경로이다. 뿌리 내피의 카스파리안선은 이 경로를 차단하므로, 물과 용질이 중심주로 들어가려면 **선택적 투과성을 지닌 세포막을 거쳐야 한다**. 이 과정에서 식물은 물관부로 들어오는 물질을 조절할 수 있다.

② O: 잎에서 증산으로 물이 증발하면 물관부에 물을 위로 끌어당기는 **장력인 음압**이 형성된다. 물 분자 사이의 응집력이 물기둥을 이어 주므로 이 장력이 아래쪽으로 전달되어 뿌리에서 잎으로 물이 수송된다. 이것이 증산-응집력-장력 기작이다.

③ X: 선지의 '빛이 없으면'은 일반적인 기공 개폐 반응에서 **빛을 받으면**으로 고쳐야 한다. 특히 청색광은 공변세포의 양성자 펌프를 활성화하여 $H^+$를 세포 밖으로 내보내게 한다. 이에 따라 세포 안쪽이 더 음전하를 띠어 $K^+$ 유입이 촉진되고, $Cl^-$ 등의 음이온도 축적된다. 용질 축적으로 공변세포의 수분 퍼텐셜이 낮아지면 물이 삼투로 들어와 팽압이 높아지고 기공이 열린다. 어두워지면 일반적으로 이온과 물이 빠져나가 팽압이 낮아지면서 기공이 닫힌다.

④ O: 성숙한 체관요소는 살아 있지만 핵 등 일부 세포 소기관이 없어 독립적인 대사 능력이 제한된다. 동반세포는 체관요소와 원형질연락사로 연결되어 **생명유지에 필요한 대사적 지원**을 제공하고, 동화산물의 수송에도 관여한다.

NoteBase

**문 10. 질소는 단백질과 핵산의 주 원소이다. 대기 중의 질소를 직접 이용할 수 없는 식물은 미생물의 대사산물을 이용한다. 식물이 이용하는 질소대사산물을 생산하는 미생물을 <보기>에서 모두 고른 것은?**

<보기>

ㄱ. 질화세균(nitrifying bacteria)

ㄴ. 탈질화세균(denitrifying bacteria)

ㄷ. 남세균(시아노박테리아, cyanobacteria)

ㄹ. 뿌리혹박테리아(근립균, leguminous bacteria)

① ㄱ, ㄴ, ㄷ

② ㄱ, ㄴ, ㄹ

③ ㄱ, ㄷ, ㄹ

④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

**정답 3번**

**간단한 해설**

식물은 주로 **암모늄 이온과 질산 이온**을 흡수하여 질소원으로 이용한다. 탈질화세균은 질산 이온을 **기체 질소로 전환**하므로 식물이 이용할 질소원을 공급하는 미생물에서 제외한다.

NoteBase

**보기별 해설**

식물은 대기 중의 질소 기체를 직접 이용하지 못하지만, 암모늄 이온이나 질산 이온을 흡수하여 아미노산과 핵산 등의 합성에 이용할 수 있다. 각 미생물이 질소를 어떤 형태로 바꾸는지 구별해야 한다.

ㄱ. 질화세균: 암모늄 이온을 아질산 이온으로, 아질산 이온을 질산 이온으로 산화시키는 질화작용에 관여한다. 이 과정에서 만들어지는 **질산 이온은 식물이 흡수할 수 있는 질소원**이므로 해당한다. 질화작용은 대기 중의 질소 기체를 고정하는 과정과는 다르다.

ㄴ. 탈질화세균: 질산 이온을 질소 기체 등으로 환원하는 탈질화작용을 한다. 이는 식물이 이용할 수 있는 질소를 **대기로 돌려보내는 과정**이므로 해당하지 않는다. 식물에 질산 이온을 공급하는 질화작용과 구별해야 한다.

ㄷ. 남세균: 남세균 중 질소고정 능력이 있는 종류는 **대기 중의 질소를 암모니아로 전환**한다. 이렇게 고정된 질소는 생태계에서 순환하며 식물이 이용할 수 있는 질소원이 되므로 해당한다. 모든 남세균이 질소고정을 하는 것은 아니다.

ㄹ. 뿌리혹박테리아: 콩과식물의 뿌리혹에서 공생하며 질소고정을 한다. 대기 중의 질소를 암모니아로 바꾸어 **공생하는 식물에 질소원을 공급**하고, 식물로부터는 유기 양분을 받으므로 해당한다.

따라서 식물이 이용하는 질소대사산물의 생산에 관여하는 미생물은 ㄱ, ㄷ, ㄹ이며, 이 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

**문 11. 4명의 학생이 동일한 식물을 관찰하고 그 모양을 기록하였다. 올바르게 관찰하여 기록한 학생의 것은?**

① 잎맥이 서로 평행 - 원형 배열의 관다발 - 꽃잎이 5개 - 원뿌리

② 잎맥이 갈라짐 - 관다발이 산발적 - 꽃잎이 5개 - 수염뿌리

③ 잎맥이 서로 평행 - 관다발이 산발적 - 꽃잎이 6개 - 수염뿌리

④ 잎맥이 갈라짐 - 원형 배열의 관다발 - 꽃잎이 6개 - 원뿌리

**정답 3번**

**간단한 해설**

**평행한 잎맥·산발적으로 흩어진 줄기의 관다발·수염뿌리**는 외떡잎식물의 전형적인 특징이다. 꽃잎도 보통 **3의 배수**로 나타나므로 꽃잎 6개는 이 특징들과 일치한다.

**선지별 해설**

이 문항은 외떡잎식물과 쌍떡잎식물의 전형적인 형태적 특징이 일관되게 묶여 있는지 판단하는 문제이다. 관다발 배열은 줄기의 가로 단면을 기준으로 한다.

① X: 잎맥이 서로 평행한 것은 외떡잎식물의 전형적인 특징이지만, 원형으로 배열된 줄기의 관다발·꽃잎 5개·원뿌리는 쌍떡잎식물의 전형적인 특징이다. 뒤의 세 특징에 맞추려면 잎맥을 **그물 모양으로 갈라지는 잎맥**으로 고쳐야 한다.

② X: 갈라져 그물 모양을 이루는 잎맥과 꽃잎 5개는 쌍떡잎식물의 전형적인 특징이다. 이에 맞는 줄기의 관다발 배열은 **원형 배열**이며, 뿌리는 수염뿌리 대신 **원뿌리**로 기록해야 한다. 원뿌리는 굵은 중심 뿌리가 발달하고 그 옆으로 곁뿌리가 나오는 형태이다.

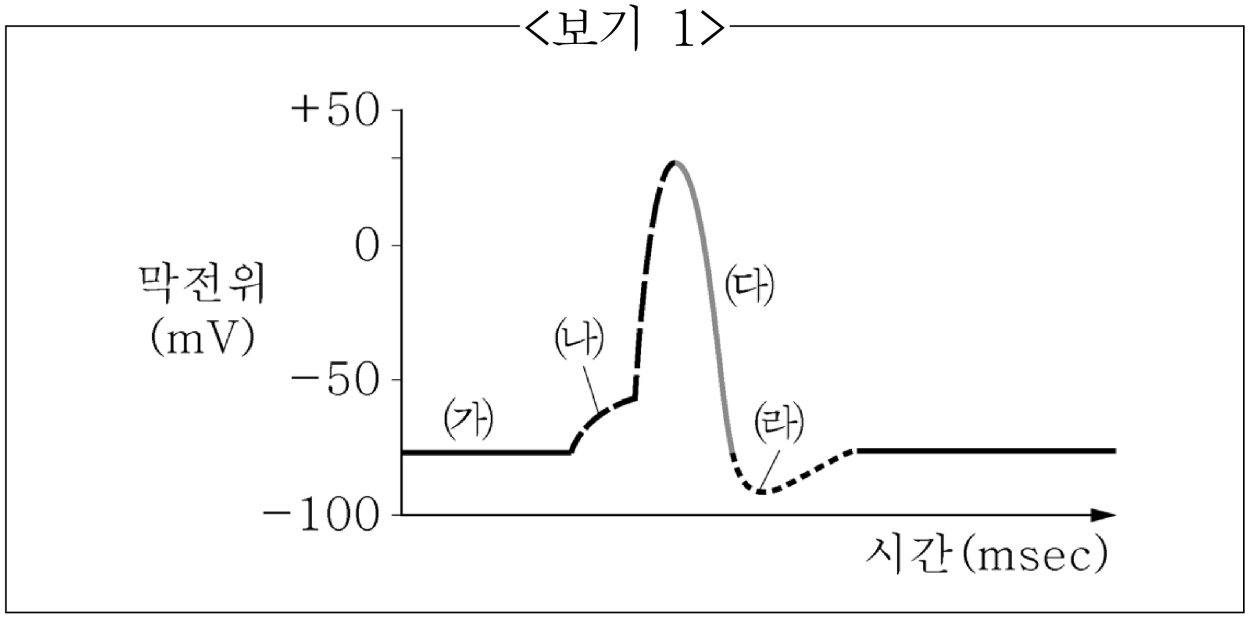
③ O: 평행한 잎맥, 줄기 단면에 산발적으로 흩어진 관다발, 꽃잎 6개, 수염뿌리는 모두 외떡잎식물의 전형적인 특징과 일치한다. 꽃잎 6개는 **3의 배수**이고, 수염뿌리는 굵은 중심 뿌리가 두드러지지 않고 비슷한 굵기의 가는 뿌리들이 모인 형태이다.

④ X: 갈라져 그물 모양을 이루는 잎맥, 원형으로 배열된 줄기의 관다발, 원뿌리는 쌍떡잎식물의 전형적인 특징이다. 쌍떡잎식물의 꽃잎 수는 보통 **4 또는 5의 배수**이므로, 이 조합의 꽃잎 6개를 4개나 5개 등으로 고쳐야 한다.

NoteBase

**문 12. <보기 1>은 뉴런의 휴지전위 및 활동전위에 대한 그래프이다. 각 단계별 나트륨 이온통로와 칼륨 이온통로에 대한 설명 중 옳은 것을 <보기 2>에서 모두 고른 것은?**

<보기 1>




<보기 2>

(가) 전압 개폐성이 아닌 칼륨 통로가 전압 개폐성이 아닌 나트륨 통로에 비해 상대적으로 많이 열려 있다.

(나) 전압 개폐성 나트륨 통로가 열리면서 막전위가 변화한다.

(다) 전압 개폐성 칼륨 통로가 열리고 칼륨 이온이 세포 내부로 이동한다.

(라) 전압 개폐성 칼륨 통로가 빠르게 닫혀 휴지전위 이하로 막전위가 내려간다.

① (가), (나)

② (다), (라)

③ (가), (나), (라)

④ (나), (다), (라)

**정답 1번**

**간단한 해설**

재분극 때는 칼륨 이온이 세포 **밖으로** 이동하여 막전위가 낮아진다. 이후 전압 개폐성 칼륨 통로가 **늦게 닫혀** 칼륨 유출이 이어지면 막전위가 휴지전위보다 낮아지는 과분극이 나타난다.

NoteBase

**보기별 해설**

(가) O: 그래프에서 막전위가 일정하게 유지되는 휴지 상태이다. 이때 전압 개폐성이 아닌 누출 통로는 나트륨보다 **칼륨에 대해 더 많이 열려** 있어 막의 칼륨 투과성이 더 크다. 칼륨이 농도 기울기에 따라 세포 밖으로 나가려는 경향이 휴지 상태에서 세포 안쪽이 바깥쪽보다 음전하를 띠는 데 기여한다.

(나) O: 그래프에서 막전위가 상승하는 탈분극 구간이다. 자극으로 막전위가 역치에 도달하면 전압 개폐성 나트륨 통로가 열려 **나트륨 이온이 세포 안으로 유입**된다. 양전하의 유입으로 세포 안쪽이 덜 음성이 되고, 막전위가 빠르게 상승한다.

(다) X: 그래프에서 활동전위의 정점 이후 막전위가 내려가는 재분극 구간이다. 나트륨 통로가 불활성화되고 전압 개폐성 칼륨 통로가 열리면서 칼륨 이온은 세포 내부가 아니라 **세포 밖으로 이동**한다. 양전하가 빠져나가므로 막전위가 다시 낮아진다.

(라) X: 그래프에서 막전위가 휴지전위보다 낮아진 과분극 구간이다. 전압 개폐성 칼륨 통로가 빠르게 닫혀서가 아니라 **닫히는 속도가 느려** 휴지전위에 도달한 뒤에도 칼륨 유출이 이어지기 때문에 나타난다. 이후 칼륨 통로가 닫히면서 칼륨 투과성이 휴지 상태 수준으로 돌아가고 막전위도 휴지전위로 회복된다.

옳은 설명은 (가), (나)이며, 이 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

**문 13. 세포 호흡은 전자전달계를 통한 산화적 인산화로 ATP를 얻기 위해 해당 과정과 시트르산 회로에서 얻은 환원력을 이용한다. 다음 중 환원력을 제공하는 탈수소효소의 기질로 옳게 짝지은 것은?**

① 1,3-이인산글리세르산(BPG) - 아이소시트르산 (isocitric acid)

② 3-인산글리세르산(3-PG) - 알파케토글루타르산 (α-ketoglutaric acid)

③ 포스포에놀피루브산(PEP) - 숙신산(succinic acid)

④ 글리세르알데히드-3인산(G3P) - 말산(malic acid)

**정답 4번**

**간단한 해설**

해당 과정에서는 **G3P가 1,3-이인산글리세르산으로 산화**될 때, 시트르산 회로에서는 **말산이 옥살로아세트산으로 산화**될 때 각각 NADH가 만들어진다. 두 물질은 모두 탈수소효소의 기질이며, 이때 생성된 NADH가 전자전달계에 전자를 공급한다.

NoteBase

**선지별 해설**

탈수소효소는 기질을 산화하면서 전자를 $NAD^+$나 FAD 같은 전자 운반체에 전달한다. 환원된 운반체가 제공하는 전자는 전자전달계에서 ATP를 합성하는 데 이용된다.

① X: 1,3-이인산글리세르산(BPG)은 해당 과정에서 G3P가 산화되어 생기는 **탈수소효소 반응의 생성물**이다. 이후 인산글리세르산 키네이스의 기질로 작용하여 3-인산글리세르산으로 전환되면서 ADP에 인산기를 전달해 ATP를 만든다. 따라서 해당 과정의 탈수소효소 기질은 BPG가 아니라 G3P로 고쳐야 한다. 아이소시트르산은 아이소시트르산 탈수소효소에 의해 알파케토글루타르산으로 산화·탈탄산되면서 NADH를 생성하므로 적절하다.

② X: 3-인산글리세르산(3-PG)은 **인산글리세르산 뮤테이스**에 의해 인산기의 위치가 바뀌어 2-인산글리세르산이 된다. 이 반응은 NADH를 만드는 산화 반응이 아니므로, 해당 과정의 탈수소효소 기질은 3-PG가 아니라 G3P이다. 알파케토글루타르산은 알파케토글루타르산 탈수소효소 복합체에 의해 숙시닐-CoA로 산화·탈탄산되면서 NADH를 생성하므로 적절하다.

③ X: 포스포에놀피루브산(PEP)은 피루브산 키네이스에 의해 피루브산으로 전환되며, 인산기를 ADP에 전달하여 ATP를 만드는 **기질 수준 인산화**의 기질이다. 이 단계에서는 NADH가 만들어지지 않으므로 PEP를 G3P로 고쳐야 한다. 숙신산은 숙신산 탈수소효소에 의해 푸마르산으로 산화되면서 효소에 결합한 FAD를 환원시키므로 적절하다.

④ O: 글리세르알데히드-3인산(G3P)은 G3P 탈수소효소에 의해 무기 인산이 첨가되며 1,3-이인산글리세르산으로 산화되고, 이때 $NAD^+$가 NADH로 환원된다. 말산은 말산 탈수소효소에 의해 옥살로아세트산으로 산화되며 NADH를 생성한다. 따라서 G3P와 말산은 **각각 해당 과정과 시트르산 회로에서 환원력을 제공하는 탈수소효소의 기질**이다.

NoteBase

**문 14. 유전체학(genomics)에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?**

① 효모 (S. cerevisiae)는 염기서열이 완전히 결정된 최초의 진핵생물이다.

② 염기서열이 완전히 결정된 최초의 다세포생물은 꼬마선충 (C. elegans)이다.

③ 유전체의 크기는 생물 개체의 크기, 복잡성, 외형 등과 연관성이 크다.

④ 인간 유전체 사업(human genome project)에 의해 인간 유전체의 대부분이 유전자로 이뤄져 있지 않다는 것이 밝혀졌다.

**정답 3번**

**간단한 해설**

유전체 크기는 생물의 크기·복잡성·외형과 **일정하게 비례하지 않는다**. 유전체에는 유전자 외에도 반복 서열 등 다양한 DNA가 포함되므로, DNA 총량이 많다고 더 복잡한 생물인 것은 아니다.

**선지별 해설**

① O: 효모(S. cerevisiae)는 핵을 가진 단세포 진핵생물이다. 1996년에 유전체 염기서열이 해독되어 **최초로 유전체 해독이 완료된 진핵생물**이 되었다.

② O: 꼬마선충(C. elegans)은 여러 세포로 이루어진 동물이며, 1998년에 유전체 염기서열이 해독되었다. 효모가 최초의 진핵생물 해독 사례라면, 꼬마선충은 **최초의 다세포생물 해독 사례**이다.

③ X: 유전체 크기는 한 벌의 유전체에 들어 있는 DNA의 총량을 뜻하며, 생물의 크기·복잡성·외형과 **일관된 비례 관계를 보이지 않는다**. 유전체에는 유전자뿐 아니라 반복 서열과 유전자 사이 영역 등이 포함되므로, 유전체가 커도 그만큼 유전자 수나 생물의 복잡성이 증가하는 것은 아니다. 진핵생물에서 DNA 총량과 생물의 복잡성이 일치하지 않는 현상을 'C값 역설'이라고 한다.

④ O: 인간 유전체 사업은 인간 유전체가 유전자만으로 채워져 있지 않으며, 유전자 사이 영역과 반복 서열 등도 큰 비중을 차지한다는 점을 밝혔다. 인간 DNA의 대부분은 단백질을 직접 암호화하지 않는 비암호화 DNA이다. 다만 **비암호화 DNA가 모두 유전자 밖에 있거나 기능이 없는 것은 아니다**. 유전자 내부의 인트론과 비암호화 RNA 유전자도 여기에 포함되며, 일부 비암호화 서열은 유전자 발현을 조절한다.

NoteBase

**문 15. 사람의 수정란에서 45개의 염색체가 발견되었다. 이에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?**

① 난자 또는 정자의 감수분열 후기에 오류가 일어났다.

② 제1감수분열 전기에 키아즈마(chiasma)가 생기지 않았다.

③ 제2감수분열 중기에 염색체의 정렬이 일어나지 않았다.

④ 23개의 염색체를 가진 난자와 22개의 염색체를 가진 정자의 수정이 일어났다.

**정답 1번**

**간단한 해설**

감수분열 후기의 **염색체 비분리**로 염색체가 하나 부족한 생식세포가 생길 수 있다. 염색체 22개인 생식세포가 정상적인 23개 생식세포와 수정하면, 정상보다 하나 적은 45개의 염색체를 가진 수정란이 형성된다.

**선지별 해설**

① O: 감수분열에서는 제1감수분열 후기에 상동 염색체가, 제2감수분열 후기에 자매 염색분체가 분리된다. 이때 **분리가 정상적으로 일어나지 않는 현상**이 염색체 비분리이다. 비분리로 염색체가 하나 부족하여 염색체 수가 22개인 생식세포가 만들어지고, 이것이 염색체가 정상적으로 23개인 생식세포와 수정하면 22 + 23 = 45개가 된다. 이러한 오류는 난자 또는 정자의 형성 과정에서 일어날 수 있다.

② X: 키아즈마는 제1감수분열 전기에 상동 염색체의 비자매 염색분체 사이에서 교차가 일어난 부위이며, 상동 염색체가 정상적으로 분리되도록 연결을 유지하는 데 기여한다. 키아즈마가 형성되지 않으면 분리 오류의 위험이 커질 수 있지만, **염색체가 45개라는 사실만으로 키아즈마가 생기지 않았다고 단정할 수는 없다**. 직접 설명해야 할 현상은 감수분열 후기의 염색체 분리 오류이다.

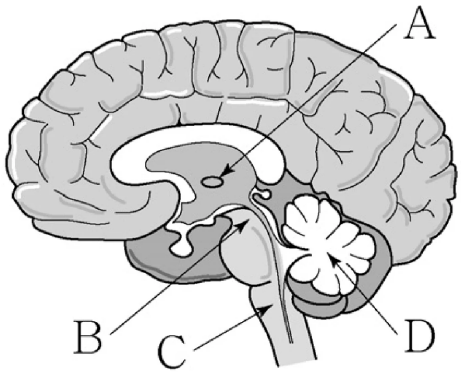
③ X: 제2감수분열 중기에는 염색체가 세포의 적도면에 정렬하고, 후기에는 자매 염색분체가 분리되어 양극으로 이동한다. 정렬 이상이 분리 오류로 이어질 수는 있지만, 수정란의 염색체 수만으로 **제2감수분열 중기에 정렬이 일어나지 않았다고 특정할 수는 없다**. 염색체 수가 달라지는 핵심 기전은 후기의 비분리이며, 제1감수분열에서도 발생할 수 있다.

④ X: 염색체가 23개인 난자와 22개인 정자가 수정하면 23 + 22 = 45개가 되므로, 선지의 조합은 가능한 경우이다. 그러나 **염색체가 22개인 난자와 23개인 정자**가 수정해도 45개가 된다. 따라서 주어진 정보만으로 염색체가 하나 부족한 생식세포를 정자로 단정할 수 없으며, 난자 또는 정자의 감수분열 오류를 포괄하는 설명이 더 적절하다.

NoteBase

**문 16. <보기>는 뇌구조를 나타낸 것이다. 이 중 반사 중추로서 소화운동 조절, 호흡, 순환 등의 역할을 하는 곳은?**

<보기>




① A

② B

③ C

④ D

**정답 3번**

**간단한 해설**

소화 운동·호흡·순환처럼 의식적으로 명령하지 않아도 이루어지는 기능을 조절하는 중추는 **연수**이다. 그림에서 C는 뇌줄기의 아래쪽에서 척수로 이어지는 연수를 가리킨다.

**도식 해설**

C: 그림에서 불룩한 다리뇌 아래에 있고, 아래쪽으로 척수와 이어지는 부분이 **연수**이다. 연수에는 호흡과 심장 박동·혈관 운동을 조절하는 중추가 있으며, 소화관의 운동 조절에도 관여한다. 따라서 제시된 소화 운동·호흡·순환의 조절 기능은 C에 해당한다.

D: 뇌줄기 뒤쪽에 있는 주름진 구조는 소뇌이다. 소뇌는 **몸의 균형 유지와 운동 조절**을 담당하므로, 연수의 내장 기능 조절과 구별한다.

NoteBase

**문 17. 화합물 A는 칼슘의 세포막 이동을 차단시키는 킬레이트제제이다. 화합물 A가 신경세포의 시냅스에 미치는 영향에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?**

① 시냅스전뉴런(presynaptic neuron)의 신경전달물질 방출을 증가한다.

② 시냅스전뉴런(presynaptic neuron)의 신경전달물질 방출을 감소시킨다.

③ 신경전달물질은 방출되나 시냅스후뉴런(postsynaptic neuron)의 수용체와는 결합할 수 없다.

④ 시냅스후뉴런(postsynaptic neuron)의 리간드 개폐성(ligand-gated) 이온채널을 열어 놓아 칼슘이온이 결합된다.

**정답 2번**

**간단한 해설**

시냅스전뉴런 말단으로 들어온 **칼슘이온은 시냅스 소포의 막 융합과 신경전달물질 방출을 유도**한다. 화합물 A가 칼슘이온의 유입을 억제하면 신경전달물질 방출이 감소한다.

**선지별 해설**

화학적 시냅스에서는 활동전위가 시냅스전뉴런 말단에 도달하면 전압 개폐성 칼슘 통로가 열리고 칼슘이온이 유입된다. 유입된 칼슘이온은 신경전달물질이 든 시냅스 소포가 세포막과 융합하도록 유도하여 신경전달물질을 시냅스 틈으로 방출하게 한다.

① X: 칼슘이온의 유입은 신경전달물질 방출을 촉진하는 신호이다. 따라서 화합물 A로 칼슘이온의 유입이 억제되면 방출은 증가하는 것이 아니라 **감소한다**.

② O: 킬레이트제는 칼슘이온과 결합하여 이용 가능한 유리 칼슘이온을 줄인다. 문제의 조건처럼 시냅스전뉴런 말단으로 칼슘이온이 들어오는 것이 억제되면 **시냅스 소포의 막 융합이 줄어** 신경전달물질 방출이 감소한다.

③ X: 화합물 A의 작용은 **시냅스전뉴런의 방출 단계 억제**이다. 신경전달물질이 방출된 뒤 시냅스후뉴런의 수용체와 결합하는 것을 직접 차단하는 작용은 제시되어 있지 않다. 따라서 수용체 결합 불능이 아니라 신경전달물질 방출 감소로 설명해야 한다.

④ X: 시냅스후뉴런의 리간드 개폐성 이온 통로는 **신경전달물질이 수용체에 결합하면** 열린다. 칼슘이온의 이동을 억제하는 화합물 A가 이 통로를 열어 두는 것은 아니다. 이 문제에서 칼슘이온의 핵심 역할은 시냅스전뉴런 말단에 유입되어 신경전달물질 방출을 유도하는 것이다.

NoteBase

**문 19. 3가지의 다른 유전자 A, B, C가 3종의 유전자 좌위(loci)에 위치한다. 각각 두 가지의 표현형을 나타내는데 그 중 하나는 야생 표현형과는 다르다. A의 비정상 대립유전자인 a의 표현형은 B 또는 C의 표현형과 50% 정도 함께 유전이 된다. 또 다른 경우, b와 c 유전자는 약 14.4% 정도 함께 유전되는 것으로 보인다. 이에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?**

① 각각의 유전자는 독립적으로 분리된다.

② 세 유전자는 서로 연관된 유전자이다.

③ A는 연관유전자이나 B와 C는 아니다.

④ B와 C는 연관유전자이며 A와는 독립적으로 분리된다.

**정답 4번**

**간단한 해설**

A와 B·C 사이의 약 50% 동반 유전은 **독립 분리**에 해당하는 양상이다. 반면 B와 C의 동반 유전 비율 14.4%는 독립 분리의 기대 비율에서 벗어나므로, 두 유전자 사이의 **연관**을 나타낸다.

NoteBase

**선지별 해설**

독립 분리에서는 한 유전자의 대립유전자가 전달되어도 다른 유전자의 두 대립유전자가 전달될 가능성은 각각 약 50%로 같다. 연관된 유전자는 같은 염색체에 있어 대립유전자 조합의 전달이 이러한 독립 분리의 기대와 달라진다. 특정 대립유전자들이 함께 전달되는 빈도가 높아지는지 낮아지는지는 부모의 대립유전자 배열에 따라 달라지므로, '함께 유전되는 비율이 낮다'는 이유만으로 독립이라고 판단하지 않는다.

① X: 모든 유전자가 독립적으로 분리된다면 B와 C도 독립 분리의 기대 비율을 보여야 한다. 그러나 B와 C는 약 14.4%의 동반 유전을 보이므로 **B와 C 사이에는 연관**이 있다. A는 B 및 C와 독립적으로 분리되는 양상을 보인다.

② X: A와 B, A와 C의 동반 유전 비율은 각각 약 50%로, **A는 B·C와 독립적으로 분리**되는 양상을 보인다. 따라서 세 유전자가 모두 서로 연관되어 있다는 설명은 맞지 않는다. 다만 독립 분리 양상만으로 A가 반드시 다른 염색체에 있다고 단정할 수는 없다. 같은 염색체에서도 유전자 사이가 충분히 멀면 독립적으로 분리되는 것처럼 나타날 수 있다.

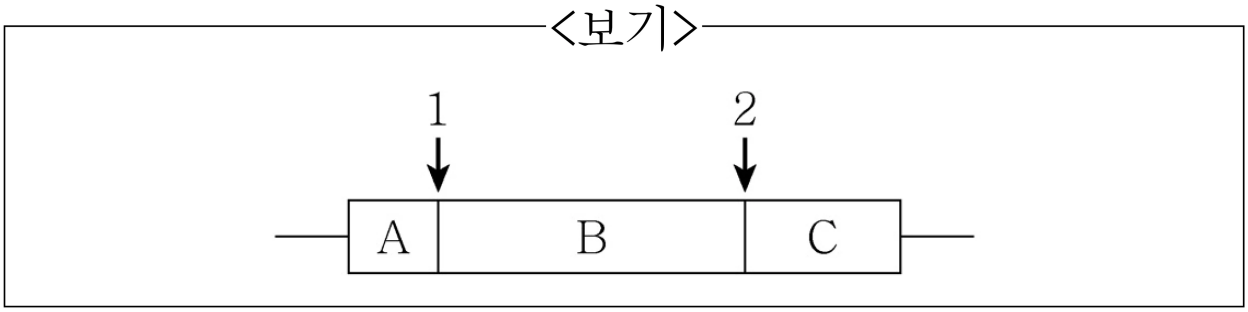
③ X: 연관과 독립의 관계를 반대로 설명했다. A가 B 또는 C와 함께 유전되는 비율은 약 50%로 독립 분리 양상이지만, B와 C 사이의 비율은 약 14.4%로 그 기대에서 벗어난다. **서로 연관된 유전자는 B와 C**이며, A는 이들과 독립적으로 분리된다.

④ O: B와 C의 동반 유전 비율 14.4%는 독립 분리의 기대 비율인 약 50%와 다르므로 두 유전자 사이의 연관을 나타낸다. 반면 A와 B·C 사이에서는 각각 약 50%의 동반 유전이 나타난다. 따라서 **B와 C는 서로 연관되고 A와는 독립적으로 분리**된다는 설명이 주어진 결과에 부합한다.

NoteBase

**문 20. <보기>의 DNA 시료를 제한효소 1과 2로 처리한 후 젤 전기영동으로 분리하여 A, B, C 세 개의 절편을 얻었다. 젤 전기영동으로 얻어진 DNA 절편의 순서로 가장 옳은 것은?**

<보기>




① 


② 


③ 


④ 


**정답 1번**

**간단한 해설**

DNA는 음전하를 띠므로 **(+)극으로 이동**하며, 젤에서는 **짧은 절편일수록 더 멀리** 이동한다. 그림에서 가장 긴 B는 이동 거리가 가장 짧고, 가장 짧은 A는 가장 멀리 이동한다.

NoteBase

**올바른 순서**

B → C → A

제한효소 1은 A와 B 사이를, 제한효소 2는 B와 C 사이를 절단한다. 그림에서 절편의 길이는 B가 가장 길고 C, A 순으로 짧다. DNA는 인산기에 의해 음전하를 띠므로 왼쪽의 (-)극에서 오른쪽의 (+)극 쪽으로 이동한다. 젤은 DNA의 이동을 방해하는 그물망처럼 작용하므로, 짧은 절편일수록 쉽게 통과하여 같은 시간 동안 더 멀리 이동한다.

B: 세 절편 중 **길이가 가장 길어** 젤에서 가장 느리게 이동한다. 따라서 이동 거리가 가장 짧아 (-)극 쪽에 가장 가까운 띠를 형성한다.

C: 길이가 B보다 짧고 A보다 길다. 이동 거리도 B보다 길고 A보다 짧으므로 두 절편 사이의 가운데 띠를 형성한다.

A: 세 절편 중 **길이가 가장 짧아** 젤에서 가장 빠르게 이동한다. 따라서 이동 거리가 가장 길어 (+)극 쪽에 가장 가까운 띠를 형성한다.

NoteBase