수능특강

과학탐구영역

생명과학 Ⅱ

정답과 해설

01 생명 과학의 역사

수능 2점 테스트 본문 8쪽

01 ① 02 ⑤ 03 ④ 04 ②

01 생명 과학자들의 주요 성과

A는 하비, B는 모건이다.

✕. A는 하비이다.

㉡. 하비의 혈액 순환 원리 규명(가)은 1628년, 모건의 유전자설 발표(나)는 1926년에 이룬 성과이다. (가)는 (나)보다 먼저 이룬 성과이다.

✕. '탄저병 백신을 개발하였다.'는 파스퇴르의 성과이므로 제너의 성과(㉠)에 해당하지 않는다.

02 생명 과학자들의 주요 성과

㉠. ㉠은 멘델이다.

㉡. 중합 효소 연쇄 반응(PCR, ⓐ)은 DNA를 증폭하는 기술이다.

㉢. 제한 효소는 유전자 재조합 기술에 이용되는 효소(ⓑ)에 해당한다.

03 생명 과학자들의 주요 성과

㉠은 '생물 분류 체계 정리'이고, ㉡은 '결핵균 발견'이다.

✕. 다윈의 '자연 선택에 의한 진화 원리 설명'은 1859년, 린네의 '생물 분류 체계 정리(㉠)'는 1753년에 이룬 성과이다. 다윈의 '자연 선택에 의한 진화 원리 설명'은 ㉠보다 나중에 이룬 성과이다.

㉡. ㉡은 '결핵균 발견'이다.

㉢. 페니실린(ⓐ)은 항생제(항생 물질)이다.

04 파스퇴르의 주요 성과

㉠. 파스퇴르는 백조목 플라스크를 이용하여 생물 속생설을 입증하였다.

✕. 생물 속생설은 생물이 생물로부터 생겨남을 설명한 것이다. 생물이 무생물로부터 생겨남을 설명한 것은 자연 발생설이다.

✕. 아리스토텔레스의 자연 발생설 주장 이후에 파스퇴르가 생물 속생설을 입증하였다.

㉣. 파스퇴르는 약화된 병원체를 이용하여 탄저병 백신을 개발하였다.

수능 3점 테스트 본문 9쪽

01 ④ 02 ③

01 생명 과학자들의 주요 성과

니런버그와 마테이는 인공 RNA로부터 단백질이 합성되는 과정을 연구하여 유전부호를 해독하였고, 에이버리는 형질 전환 실험을 통해 DNA가 유전 물질임을 증명하였다. ㉠은 단백질, ㉡은 DNA이다. Ⅰ은 '에이버리는 형질 전환 실험을 통해 DNA(㉡)가 유전 물질임을 증명하였다.'이고, Ⅱ는 '니런버그와 마테이는 인공 RNA로부터 단백질(㉠)이 합성되는 과정을 연구하여 유전부호를 해독하였다.'이며, Ⅲ은 '사람 유전체 사업을 통해 사람 유전체의 염기 서열을 알아내었다.'이다.

✕. 단백질(㉠)의 기본 단위는 아미노산이다.

㉡. 에이버리의 형질 전환 실험(ⓐ)에 폐렴 쌍구균이 이용되었다.

㉢. Ⅲ은 '사람 유전체 사업을 통해 사람 유전체의 염기 서열을 알아내었다.'이다.

02 생명 과학자들의 주요 성과

㉠은 레이우엔훅, ㉡은 캘빈이다.

㉠. ㉡은 캘빈이다.

✕. 레이우엔훅이 만든 현미경(ⓐ)은 광학 현미경이다.

㉢. 왓슨과 크릭이 DNA의 이중 나선 구조를 알아내는 과정(다)에 프랭클린이 촬영한 DNA의 X선 회절 사진이 활용되었다.

02 세포의 특성

수능 2점 테스트 본문 18~19쪽

01 ③ 02 ③ 03 ④ 04 ⑤ 05 ⑤ 06 ⑤
07 ⑤ 08 ⑤

01 원핵세포와 진핵세포

대장균과 사람의 신경 세포 중 미토콘드리아가 있는 것은 사람의 신경 세포이므로 A는 대장균, B는 사람의 신경 세포이다.
㉠. 핵막이 없는 대장균은 원핵세포이고, 핵막이 있는 사람의 신경 세포는 진핵세포이다.
✗. 원핵세포인 대장균은 막성 세포 소기관을 갖지 않으며, 진핵세포인 사람의 신경 세포는 막성 세포 소기관을 갖는다. 소포체는 막성 세포 소기관이므로 ㉠에 해당하지 않는다. 단백질을 합성하는 리보솜은 대장균과 사람의 신경 세포에 모두 있으므로 ㉠에 해당한다.
㉢. 미토콘드리아는 외막과 내막으로 된 2중막을 갖는다.

02 생명체의 유기적 구성

식물에서 모양과 기능이 비슷한 세포들이 모여 조직을 이루고, 조직이 모여 조직계를 이룬다. 동물에서는 조직이 모여 기관을 이룬다.
㉠. ㉠은 조직, ㉡은 조직계, ㉢은 기관이다.
✗. 장미의 줄기는 여러 조직계가 모여 형성된 기관의 예이다.
㉢. 사람에서는 기관이 모여 기관계를 이루며, 기관계가 모여 개체를 이룬다.

03 세포의 구조와 기능

A는 골지체, B는 리소좀이다.
✗. 골지체는 막성 세포 소기관이며, 원핵세포인 대장균은 골지체와 같은 막성 세포 소기관을 갖지 않는다.
㉡. 골지체의 일부가 떨어져 나와 형성된 리소좀에는 가수 분해 효소가 들어 있다. 리소좀은 세포 내부로 들어온 세균과 같은 이물질을 분해하는 세포내 소화를 담당한다.
㉢. 골지체와 리소좀은 모두 막성 세포 소기관으로, 인지질 2중층으로 된 막을 갖는다.

04 생명체를 구성하는 물질

단백질과 RNA는 리보솜의 구성 성분이고, 단백질의 기본 단위는 아미노산이므로 A는 단백질, B는 RNA, C는 인지질이다.
㉠. 단백질의 기본 단위는 아미노산이며, 각각의 아미노산은 펩타이드 결합에 의해 연결된다.
㉡. RNA의 구성 원소에는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 인(P)이 있다.
㉢. 인지질에서 인산을 포함하는 머리 부분은 친수성이고, 2분자의 지방산으로 이루어진 꼬리 부분은 소수성이다.

05 생명체의 유기적 구성

꽃과 잎은 모두 기관의 예이므로 (다)는 기관, ㉠은 형성층, ㉡은 잎이다.
㉠. 형성층은 조직의 예이고, 관다발 조직계는 조직계의 예이므로 (가)는 조직, (나)는 조직계이다.
㉡. 관다발 조직계는 물질의 이동 통로인 물관부와 체관부로 구성된다.
㉢. 기본 조직계는 양분을 합성하고 저장하며, 표피 조직계는 표면을 덮어 식물체를 보호한다. 기관인 잎에는 기본 조직계와 표피 조직계가 모두 있다.

06 세포의 구조와 기능

A는 중심체, B는 액포, C는 세포벽이다.
㉠. 동물 세포에는 세포벽이 없고, 식물 세포에는 세포벽이 있으므로 (가)는 동물 세포, (나)는 식물 세포이다.
㉡. 중심체는 2개의 중심립으로 구성되며, 중심립은 미세 소관으로 이루어져 있다. 중심체는 세포 분열 시 방추사의 형성에 관여한다.
㉢. 액포는 막성 세포 소기관으로, 인지질 2중층으로 된 막을 가지며, 세포의 삼투압을 조절하고 영양소나 노폐물을 저장한다.

07 생명체를 구성하는 물질

핵산의 기본 단위는 뉴클레오타이드이고, 지질에는 인지질, 중성 지방, 스테로이드가 있으므로 A는 핵산, B는 지질, C는 탄수화물이다.
㉠. DNA와 RNA는 핵산에 속하고, 미토콘드리아에는 DNA와 RNA가 있다.
㉡. 지질에 속하는 중성 지방은 유기 용매에 녹는다.
㉢. 탄수화물에는 단당류, 2개의 단당류가 결합된 이당류, 여러 개의 단당류가 결합된 다당류가 있다. 따라서 '단당류, 이당류, 다당류가 있다.'는 탄수화물의 특징에 해당한다.

08 원핵세포와 진핵세포

제시된 3가지 세포에는 모두 리보솜이 있고, 세포벽이 있는 것은 대장균과 시금치에서 광합성이 일어나는 세포, 엽록체가 있는 것은 시금치에서 광합성이 일어나는 세포이다. 따라서 A는 사람의 신경 세포, B는 대장균, C는 시금치에서 광합성이 일어나는 세포이고, ㉠은 리보솜, ㉡은 세포벽, ㉢은 엽록체이다.

㉠. 사람의 신경 세포에는 세포벽이 없고, 대장균에는 엽록체가 없으므로 ⓐ와 ⓑ는 모두 '×'이다.
㉡. 리보솜에서 유전 정보에 따라 단백질이 합성된다.
㉢. 대장균은 핵막이 없는 원핵세포, 사람의 신경 세포와 시금치에서 광합성이 일어나는 세포는 모두 핵막이 있는 진핵세포이다.

수능 3점 테스트

본문 20~23쪽

01 ③ 02 ⑤ 03 ④ 04 ③ 05 ⑤ 06 ③
07 ⑤ 08 ④

01 세포의 연구 방법

A는 매끈면 소포체, B는 미토콘드리아, C는 핵, D는 엽록체이다. 세포 분획법은 원심 분리기를 이용하여 세포 파쇄액으로부터 세포 소기관을 크기와 밀도에 따라 분리하는 방법이다. 느린 회전 속도에서는 비교적 크고 무거운 세포 소기관이 가라앉아 분리되고, 회전 속도가 빨라질수록 점차 작은 세포 소기관이 가라앉아 분리되므로 ㉠은 핵, ㉡은 엽록체, ㉢은 미토콘드리아이다.
㉠. 매끈면 소포체는 인지질과 같은 지질의 합성에 관여한다.
✗. ㉡은 D(엽록체)이다.
㉢. 미토콘드리아는 외막과 내막의 2중막으로 되어 있고, 내막은 주름진 구조의 크리스타를 형성한다.

02 세포의 구조와 기능

미세 소관은 단백질로 구성되고, 리보솜은 RNA와 단백질로 구성되며, 엽록체는 DNA, RNA, 단백질, 2중막을 갖는다. 따라서 A는 엽록체, B는 리보솜, C는 미세 소관이고, ㉠은 단백질, ㉡은 핵산, ㉢은 인지질이다.
㉠. 엽록체는 외막과 내막의 2중막을 갖는다.
㉡. 세포 골격의 종류에는 미세 소관, 중간 섬유, 미세 섬유가 있다.
㉢. 핵산의 기본 단위는 인산, 당, 염기로 구성된 뉴클레오타이드이다.

03 생명체를 구성하는 물질

스테로이드, DNA, 단백질 중 지질에 속하는 것은 스테로이드이고, 호르몬의 구성 성분인 것은 스테로이드와 단백질이며, 염색질(염색사)의 구성 성분인 것은 DNA와 단백질이다.
✗. 스테로이드는 지질에 속하고, 호르몬의 구성 성분이므로 ㉠은 2이다.
㉡. A는 단백질, B는 DNA이다. 단백질은 세포막의 구성 성분이다.
㉢. DNA의 구성 원소에는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 인(P)이 있다.

04 생명체의 유기적 구성

위는 기관의 예이고, 결합 조직은 조직의 예이므로 A는 기관, B는 세포, C는 조직이다. 동물에서 모양과 기능이 비슷한 여러 개의 세포가 모여 조직을 이루고, 소장은 기관의 예이므로 ㉠은 B, ㉡은 C, ㉢은 A이다.
㉠. ㉢은 A(기관)이다.
㉡. 혈액에 있는 적혈구는 세포의 예이다.
✗. 동물에서는 조직이 모여 기관을 이루고, 식물에서는 조직이 모여 조직계를 이룬다.

05 세포의 연구 방법

자기 방사법은 방사성 동위 원소가 포함된 물질을 세포나 조직에 넣어준 후, 방사성 동위 원소에서 방출되는 방사선을 추적한다. 리보솜에서 합성된 단백질은 거친면 소포체에 들어간 후, 운반 소낭에 의해 골지체로 이동한다. 골지체에서 단백질을 싸고 있는 분비 소낭이 떨어져 나와 세포막과 융합하면 단백질이 세포 밖으로 분비된다. 따라서 (가)는 거친면 소포체, (나)는 골지체이다.
㉠. 자기 방사법에는 방사성 동위 원소가 이용되며, 방사성 동위 원소에서 방출되는 방사선을 추적한다.
㉡. 거친면 소포체는 표면에 리보솜이 붙어 있는 소포체이다.
㉢. 골지체는 납작한 주머니 모양의 구조물인 시스터나가 층층이 쌓인 형태이다.

06 생명체의 유기적 구성

기관은 동물과 식물의 구성 단계에 모두 있고, 조직계는 동물의 구성 단계에는 없고, 식물의 구성 단계에는 있다. 따라서 (가)는 소나무, (나)는 생쥐이고, A는 기관, B는 조직계이다.
✗. (가)는 조직계가 있는 소나무이다.
✗. 소나무의 체관은 조직의 예이다.
㉢. 생쥐에서는 연관된 기능을 하는 여러 기관이 모여 기관계를 이룬다.

07 생명체를 구성하는 물질

과당과 셀룰로스는 모두 탄수화물에, 중성 지방과 스테로이드는 모두 지질에 속한다. 과당은 단당류의 예이고, 셀룰로스는 다당류의 예이며, 콜레스테롤은 스테로이드의 예이다. 따라서 ㉠은 탄수화물, ㉡은 지질이고, A는 과당, B는 셀룰로스, C는 스테로이드, D는 중성 지방이다.
㉠. 녹말과 글리코젠은 모두 다당류의 예이며, 탄수화물에 속한다.
㉡. 셀룰로스는 식물 세포벽의 구성 성분이다.
㉢. 중성 지방은 1분자의 글리세롤과 3분자의 지방산이 결합한 화합물이다.

08 원핵세포와 진핵세포

제시된 3가지 세포는 모두 리보솜을 가지고, 핵막을 갖는 것은 생쥐의 간을 구성하는 세포, 장미에서 광합성이 일어나는 세포이며, 엽록체를 갖는 것은 장미에서 광합성이 일어나는 세포이다. 따라서 A는 생쥐의 간을 구성하는 세포, B는 대장균, C는 장미에서 광합성이 일어나는 세포이고, ㉠은 '엽록체를 갖는다.', ㉡은 '핵막을 갖는다.', ㉢은 '리보솜을 갖는다.'이다.

✕. 생쥐의 간을 구성하는 세포는 엽록체를 갖지 않으므로 ⓐ는 '×'이다.

㉡. 원핵생물인 대장균은 원형 DNA를 갖는다.

㉢. ㉢은 '리보솜을 갖는다.'이다.

03 세포막과 효소

수능 2점 테스트 본문 32~34쪽

01 ⑤	02 ②	03 ③	04 ⑤	05 ④	06 ⑤
07 ③	08 ②	09 ③	10 ⑤	11 ⑤	12 ⑤

01 단순 확산과 세포내 섭취

단순 확산은 물질이 농도 기울기를 따라 인지질 2중층을 직접 통과하는 물질 이동 방식이고, 세포내 섭취는 세포막을 통과할 수 없는 세포 밖의 큰 물질을 세포막으로 감싸서 세포 안으로 끌어들이는 물질 이동 방식이다. 따라서 (가)는 단순 확산, (나)는 세포내 섭취이다.

㉠. 폐포와 모세 혈관 사이에서 일어나는 O_2와 CO_2의 이동 방식은 단순 확산에 해당한다.

㉡. 세포내 섭취는 에너지가 사용되는 물질 이동 방식이다.

㉢. 백혈구의 식세포 작용에서 세포 안으로 세균의 이동 방식은 세포내 섭취에 해당한다.

02 효소의 특성

효소는 반응의 활성화 에너지를 낮춰 반응 속도를 빠르게 하는 생체 촉매이다.

✕. 이성질화 효소는 기질 내의 원자 배열을 바꾸어 이성질체로 전환시키는 효소이다. E는 2개의 기질을 결합시키는 효소이므로 이성질화 효소가 아니다.

㉡. 활성화 에너지는 어떤 물질이 화학 반응을 일으키기 위해 필요한 최소한의 에너지이므로 (가)의 활성화 에너지는 ㉠이다.

✕. (가)에서 E의 농도가 증가하더라도 이 반응의 활성화 에너지는 변화하지 않는다.

03 효소의 특성

효소가 기질과 결합하여 효소·기질 복합체를 형성하면 반응의 활성화 에너지가 낮아진다. 효소는 반응에서 소모되지 않으며, 반응이 끝난 후 생성물과 분리된 효소는 새로운 기질과 결합하여 다시 반응에 이용된다.

㉠. 시간에 따라 농도가 감소하는 A는 기질, 농도가 증가하는 B는 생성물, 농도가 감소했다가 증가하는 C는 효소이다.

㉡. 효소는 기질과 결합하여 효소·기질 복합체를 형성하고, 반응 후 생성물과 분리되며 반응에서 소모되지 않는다. 따라서 효소의 농도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 낮으므로 효소·기질 복합체의 농도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 높다.

✗. 이 효소에 의한 반응의 활성화 에너지는 기질의 농도와 효소의 농도에 영향을 받지 않으므로 t_1일 때와 t_2일 때가 같다.

04 삼투와 세포외 배출

원형질 분리가 일어난 식물 세포를 저장액에 넣었을 때 세포막을 통한 물의 이동은 삼투의 예이다. 세포외 배출은 분비 소낭이 세포막과 융합하면서 분비 소낭 속의 물질(효소, 호르몬 등)을 세포 밖으로 내보내는 물질 이동 방식이다.

㉠. A는 삼투, B는 세포외 배출이다.

㉡. 세포외 배출에는 에너지가 사용된다.

㉢. 인슐린은 호르몬이며, '세포 안에서 세포 밖으로 인슐린의 이동'은 세포외 배출의 예에 해당한다.

05 단순 확산과 촉진 확산

촉진 확산은 물질이 농도 기울기를 따라 막단백질을 통해 이동하는 물질 이동 방식이다.

㉠. 촉진 확산에서는 막단백질이 이용되므로 (가)는 단순 확산, (나)는 촉진 확산이다.

㉡. 단순 확산에서는 세포 안팎의 농도 차가 커질수록 물질 이동 속도가 증가한다. 촉진 확산에서는 일정 농도 차까지는 물질 이동 속도가 증가하지만 그 이상에서는 모든 막단백질이 포화되어 물질 이동 속도가 증가하지 않고 일정해진다. 따라서 ㉠의 이동 방식은 촉진 확산이다.

✗. 단순 확산과 촉진 확산에서는 모두 ATP가 소모되지 않는다.

06 효소의 종류

전이 효소는 기질의 작용기를 떼어 다른 분자에 전달하는 효소이고, 가수 분해 효소는 물 분자를 첨가하여 기질을 분해하는 효소이다.

㉠. A는 전이 효소, B는 가수 분해 효소, C는 산화 환원 효소이다.

㉡. ㉠은 물 분자를 첨가하여 기질을 분해하는 효소이므로 가수 분해 효소에 해당한다.

㉢. 산화 환원 효소는 수소나 산소 원자 또는 전자를 다른 분자에 전달하는 효소이다.

07 삼투

동물 세포를 저장액에 넣으면 유출되는 물의 양보다 유입되는 물의 양이 많아 부피가 증가하고, 고장액에 넣으면 유입되는 물의 양보다 유출되는 물의 양이 많아 부피가 감소한다.

㉠. X를 ㉠에 넣은 후 X의 부피가 감소했으므로 ㉠은 고장액이다.

㉡. 구간 Ⅰ에서 삼투에 의해 물이 세포 밖으로 이동하였다.

✗. t_2는 삼투에 의해 물이 세포 밖으로 이동하는 구간의 시점이다. X의 부피는 t_1일 때가 t_2일 때보다 크므로 X의 내액 농도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 낮다. 따라서 X의 삼투압은 t_1일 때가 t_2일 때보다 작다.

08 효소의 구성

주효소는 효소의 단백질 부분이고 보조 인자는 효소의 비단백질 부분으로, 주효소와 보조 인자가 결합하여 완전한 활성을 가지는 효소를 전효소라고 한다.

✗. (가)는 B가 분해되는 반응이므로 A는 보조 인자, B는 기질이다.

㉡. ㉠에서 기질의 농도가 감소하지 않았으므로 보조 인자가 없어 반응이 일어나지 않았다. 따라서 ㉠은 보조 인자가 없을 때이고, ㉡은 보조 인자가 있을 때이다.

✗. 각 시점에서 E에 의한 반응 속도는 시간에 따른 기질의 농도 그래프에서 접선의 기울기의 절댓값이다. ㉡에서 t_1일 때와 t_2일 때 접선의 기울기의 절댓값을 비교해보면 기질 농도의 감소 속도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 빠르다는 것을 알 수 있으므로 E에 의한 반응 속도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 빠르다.

09 삼투

X를 저장액에 넣으면 X의 안으로 물이 유입되어 X의 부피가 커짐에 따라 X의 삼투압과 흡수력은 모두 감소하며, 세포의 부피가 1.0보다 커지면서 팽압은 증가한다.

㉠. 세포의 부피가 1.0보다 커지면서 ㉠이 증가하므로 ㉠은 팽압이다.

㉡. 원형질 분리는 세포막과 세포벽이 분리된 상태이다. (나)에서 X는 원형질 분리 상태이므로 팽압이 나타나지 않는다. 따라서 (나)는 V_1일 때의 상태이다.

✗. 흡수력은 삼투압에서 팽압을 뺀 값이다. X의 삼투압은 V_3일 때가 V_2일 때보다 작고, X의 팽압은 V_3일 때가 V_2일 때보다 크므로 X의 흡수력은 V_3일 때가 V_2일 때보다 작다.

10 효소의 구성

주효소는 효소의 단백질 부분이며, 온도의 영향을 받아 입체 구조가 변하면 기능을 할 수 없다. 보조 인자는 효소의 비단백질 부분으로 온도의 영향을 적게 받는다. 효소 E는 주효소와 보조 인자가 모두 있어야만 활성을 나타낸다.

㉠. Ⅲ과 Ⅴ에서는 P가 있고, Ⅳ에서는 P가 없으므로 열처리한 ㉠은 기능을 하고, 열처리한 ㉡은 기능을 하지 못한다는 것을 알 수 있다. 따라서 ㉠은 열의 영향을 적게 받는 보조 인자, ㉡은 열에 의해 입체 구조가 변하는 주효소이다.

㉡. Ⅰ에서는 주효소가 없으므로 P가 생성되지 않고, Ⅵ에서는 열처리한 주효소가 기능을 하지 못하므로 P가 생성되지 않는다. 따라서 ⓐ와 ⓑ는 모두 '없음'이다.

㉢. Ⅲ과 Ⅴ에서 모두 효소·기질 복합체가 형성되어 P가 생성되었다.

11 효소의 특성

㉠은 기질, ㉡은 효소, ㉢은 효소·기질 복합체이다.

㉠. 시간에 따라 반응이 진행되어 기질의 총량은 감소하고 생성물의 총량은 증가한다. 생성물의 총량이 더 이상 증가하지 않는 일정한 시점에 효소를 추가하더라도 생성물의 총량은 증가하지 않지만 기질을 추가하면 생성물의 총량은 증가한다. t_2 시점에 X를 넣었을 때 생성물의 총량이 증가했으므로 X는 기질(㉠)이다.
㉡. 효소는 기질과 결합하는 활성 부위를 갖는다.
㉢. t_1은 생성물의 총량이 증가하는 시점이고, t_3은 생성물의 총량이 더 이상 증가하지 않고 일정한 시점이므로 기질의 총량은 t_1일 때가 t_3일 때보다 많다. 따라서 효소·기질 복합체의 농도는 t_1일 때가 t_3일 때보다 높다.

12 단순 확산, 촉진 확산, 능동 수송

단순 확산, 촉진 확산, 능동 수송 중 막단백질을 이용하는 방식은 촉진 확산과 능동 수송이고, 저농도에서 고농도로 물질이 이동하는 방식과 Na^+-K^+ 펌프를 통한 K^+의 이동 방식은 모두 능동 수송이다. 따라서 A는 능동 수송, B는 촉진 확산, C는 단순 확산이다.
㉠. A는 능동 수송이므로 ㉠은 3이다.
㉡. B는 막단백질을 이용하는 촉진 확산이다.
㉢. '세포막을 통한 O_2의 이동'은 단순 확산의 예이다.

수능 3점 테스트 본문 35~37쪽

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ① 04 ③ 05 ⑤ 06 ⑤

01 촉진 확산과 능동 수송

ⓐ는 고농도에서 저농도로 이동하고, ⓑ는 저농도에서 고농도로 이동하므로 Ⅰ은 촉진 확산, Ⅱ는 능동 수송이다. ㉠은 세포 밖에서 세포 안으로 이동하여 ㉠의 세포 안 농도는 시간에 따라 증가하다가 세포 밖의 농도와 같아지므로 ㉠의 이동 방식은 촉진 확산이고, ㉠은 ⓐ이다.
㉠. ㉠은 세포 밖에서 안으로 확산되므로 A는 세포 밖, B는 세포 안이다.
✗. ㉠의 이동 방식은 촉진 확산이므로 ATP가 소모되지 않는다.
㉢. ㉠이 세포 밖에서 안으로 확산되면 ㉠의 세포 밖과 안의 농도 차는 시간에 따라 감소한다. 따라서 ㉠의 세포 밖과 안의 농도 차는 t_1일 때가 t_2일 때보다 크다.

02 효소의 활성에 영향을 미치는 요인

초기 반응 속도와 효소·기질 복합체의 농도는 비례한다. 저해제가 없는 조건에서 최대 초기 반응 속도가 나타날 때 모든 효소는 기질과 결합한 상태이다. 따라서 최대 초기 반응 속도는 E의 농도가 2일 때가 1일 때의 2배이고, E의 농도가 4일 때가 2일 때의 2배이다. 경쟁적 저해제는 기질 농도가 높아지면 저해 효과가 감소하고, B와 C의 최대 초기 반응 속도는 같다. 따라서 X는 경쟁적 저해제이고, A는 Ⅲ의 결과, B는 Ⅱ의 결과, C는 Ⅳ의 결과, D는 Ⅰ의 결과이다.
㉠. X가 없을 때인 B와 X가 있을 때인 C의 최대 초기 반응 속도가 같으므로 E의 농도는 같다. 따라서 ㉠은 2이다.
㉡. A는 Ⅲ의 결과, B는 Ⅱ의 결과, C는 Ⅳ의 결과, D는 Ⅰ의 결과이다.
㉢. 효소·기질 복합체의 농도와 초기 반응 속도는 비례한다. 초기 반응 속도는 Ⅲ(A)의 S_1일 때가 Ⅱ(B)의 S_2일 때보다 빠르므로 효소·기질 복합체의 농도는 Ⅲ의 S_1일 때가 Ⅱ의 S_2일 때보다 높다.

03 단순 확산, 촉진 확산, 능동 수송

단순 확산과 촉진 확산에 의해 물질이 고농도에서 저농도로, 능동 수송에 의해 물질이 저농도에서 고농도로 이동한다. 촉진 확산과 능동 수송에서 모두 막단백질이 이용된다. 따라서 Ⅰ은 단순 확산, Ⅱ는 촉진 확산, Ⅲ은 능동 수송이다.
㉠. ⓐ는 '고농도', ⓑ는 '저농도'이다.
✗. 처음에 ㉠의 농도는 세포 밖과 안에서 같았고, 시간에 따라 ㉠의 세포 안 농도가 높아지므로 ㉠은 저농도인 세포 밖에서 고농도인 세포 안으로 이동하였다. 따라서 ㉠의 이동 방식은 능동 수송이다.
✗. 배양액의 ㉠이 세포 안으로 능동 수송되어 ㉠의 세포 안 농도는 t_2일 때가 t_1일 때보다 높으므로 배양액에서 ㉠의 농도는 t_2일 때가 t_1일 때보다 높지 않다.

04 효소의 활성에 영향을 미치는 요인

저해제는 효소의 작용을 저해하는 물질이므로 효소에 의한 반응 속도를 감소시킨다.
㉠. 최대 P의 농도는 ㉠~㉢에서 모두 같으므로 처음에 S의 농도는 Ⅰ~Ⅲ에서 모두 같다. 따라서 ⓐ는 E이다.
㉡. X가 없고, E의 농도가 높을수록 최대 P의 농도에 빠르게 도달하므로 ㉠은 Ⅲ의 결과, ㉡은 Ⅱ의 결과, ㉢은 Ⅰ의 결과이다.
✗. 각 시점에서의 E에 의한 반응 속도는 시간에 따른 P의 농도 그래프에서 접선의 기울기이다. 접선의 기울기는 t_2일 때가 t_1일 때보다 작으므로 E에 의한 반응 속도는 t_2일 때가 t_1일 때보다 느리다.

05 능동 수송과 촉진 확산

Na^+-K^+ 펌프를 통한 Na^+의 이동은 능동 수송의 예이다. 따라서 Ⅰ은 능동 수송, Ⅱ는 촉진 확산이다.
㉠. Na^+-K^+ 펌프를 통한 Na^+의 이동에는 ATP가 소모된다.
㉡. ㉠은 세포 안에서 세포 밖으로 이동하여 ㉠의 세포 안 농도는 시간에 따라 감소하다가 세포 밖의 농도와 같아지므로 ㉠의 이동 방식은 촉진 확산이다.

ㄷ. 각 시점에서 세포 안에서 밖으로의 ㉠의 이동 속도는 시간에 따른 ㉠의 세포 안 농도 그래프에서 접선의 기울기의 절댓값이다. t_1일 때와 t_2일 때 접선의 기울기의 절댓값을 비교해보면 ㉠의 세포 안 농도가 감소하는 속도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 빠르다는 것을 알 수 있으므로 세포 안에서 밖으로의 ㉠의 이동 속도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 빠르다.

06 효소의 활성에 영향을 미치는 요인

초기 반응 속도와 효소·기질 복합체의 농도는 비례한다. 저해제가 없는 조건에서 최대 초기 반응 속도가 나타날 때 모든 효소는 기질과 결합한 상태이다.

㉠. 저해제가 없으면 최대 초기 반응 속도는 E의 농도가 4일 때가 1일 때의 4배이고, E의 농도가 3일 때가 1일 때의 3배이다. 이를 만족하는 것은 A가 Ⅱ의 결과, C가 Ⅰ의 결과이고, ㉠이 4인 경우이다. 따라서 B는 Ⅲ의 결과이고, ㉡은 3이다.

㉡. 비경쟁적 저해제가 있을 때는 없을 때의 최대 초기 반응 속도에 도달하지 못한다. X가 없고 E의 농도가 1일 때인 C의 최대 초기 반응 속도가 25이므로 X가 없고 E의 농도가 3일 때의 최대 초기 반응 속도는 75이다. B의 최대 초기 반응 속도는 50이므로 X는 비경쟁적 저해제이다.

ㄷ. Ⅰ(C)의 S_2일 때는 최대 초기 반응 속도가 나타나므로 모든 E가 기질과 결합하여 기질과 결합하지 않은 E가 없다. Ⅱ(A)의 S_1일 때 초기 반응 속도는 최대 초기 반응 속도보다 낮으므로 기질과 결합하지 않은 E가 있다.

따라서 $\frac{\text{기질과 결합하지 않은 E의 수}}{\text{기질과 결합한 E의 수}}$는 Ⅱ의 S_1일 때가 Ⅰ의 S_2일 때보다 크다.

04 세포 호흡과 발효

수능 2점 테스트 — 본문 46~49쪽

01 ②	02 ④	03 ①	04 ①	05 ④	06 ⑤
07 ①	08 ②	09 ①	10 ③	11 ⑤	12 ④
13 ⑤	14 ⑤	15 ③	16 ③		

01 미토콘드리아 구조와 해당 과정

A는 미토콘드리아 기질, B는 외막, C는 내막이다.

✗. (나)는 해당 과정으로 세포질에서 일어난다.

㉡. 미토콘드리아의 내막(C)에는 ATP 합성 효소가 있으며, 막 사이 공간의 pH가 미토콘드리아 기질(A)의 pH보다 낮은 경우 ATP가 합성된다.

✗. (나)에서 6탄소 화합물인 포도당이 3탄소 화합물인 피루브산 2분자로 분해되며, 이 과정에서 CO_2가 생성되지 않으므로 탈탄산 반응이 일어나지 않는다.

02 해당 과정

㉠은 세포질, ㉡은 미토콘드리아 기질이다.

✗. (가)는 해당 과정이고, 해당 과정의 일부인 Ⅰ과 Ⅱ는 모두 세포질(㉠)에서 일어난다.

㉡. Ⅱ에서는 탈수소 효소에 의해 2분자의 NAD^+가 2분자의 NADH로 환원되는 탈수소 반응이 일어나고, ADP가 ATP로 합성되는 기질 수준 인산화가 일어난다.

㉢. 포도당 1분자당 Ⅰ에서는 2분자의 ATP가 소모되며, Ⅱ에서는 4분자의 ATP가 생성된다.

따라서 $\frac{\text{Ⅱ에서 생성되는 ATP의 분자 수}}{\text{Ⅰ에서 소모되는 ATP의 분자 수}}=2$이므로 1보다 크다.

03 해당 과정과 피루브산의 산화

Ⅰ은 해당 과정이고, Ⅱ는 TCA 회로 중 일부 과정이며, Ⅲ은 피루브산의 산화 과정이다. Ⅰ은 세포질(㉠)에서, Ⅱ와 Ⅲ은 모두 미토콘드리아 기질(㉢)에서 일어난다. ㉡은 막 사이 공간이다.

㉠. ⓐ는 미토콘드리아 외막이고, ⓑ는 미토콘드리아 내막이다.

✗. Ⅱ에서는 시트르산 1분자당 2분자의 CO_2가, Ⅲ에서는 피루브산 1분자당 1분자의 CO_2가 생성되며, Ⅰ에서는 CO_2가 생성되지 않는다.

✗. Ⅱ와 Ⅲ은 모두 미토콘드리아 기질(㉢)에서 일어난다.

04 TCA 회로

TCA 회로에서 아세틸 CoA는 4탄소 화합물인 옥살아세트산과

결합하여 6탄소 화합물인 시트르산이 된다. 시트르산은 탈탄산 반응 등을 통해 5탄소 화합물이 되고, 5탄소 화합물은 다시 탈탄산 반응 등을 통해 옥살아세트산이 된다. 따라서 ㉠은 5탄소 화합물이고, ㉡은 시트르산이다.

㉠. ㉠은 5탄소 화합물, ㉡은 시트르산이다.

✕. 옥살아세트산이 아세틸 CoA와 결합하여 시트르산(㉡)이 된다.

✕. Ⅰ에서는 기질 수준 인산화, 탈탄산 반응, 탈수소 반응이 일어나고, Ⅱ에서는 탈탄산 반응, 탈수소 반응이 일어난다.

05 기질 수준 인산화

(가)는 포도당이 피루브산으로 분해되는 해당 과정과 피루브산이 아세틸 CoA로 전환되는 피루브산의 산화 과정이고, (나)는 기질 수준 인산화이다.

✕. 과정 Ⅰ과 Ⅱ는 모두 세포질에서, 과정 Ⅲ은 미토콘드리아 기질에서 일어난다.

㉡. 과정 Ⅱ에서 기질 수준 인산화(나)가 일어난다.

㉢. 과정 Ⅱ와 Ⅲ에서 모두 NADH가 생성된다.

06 TCA 회로

TCA 회로에서 옥살아세트산이 아세틸 CoA와 결합하여 시트르산으로 전환되는 과정에서는 CO_2, ATP, NADH, $FADH_2$ 중 어떤 것도 생성되지 않으므로 C는 옥살아세트산이고, D는 시트르산이다. 따라서 TCA 회로가 진행되는 순서에 따라 A는 5탄소 화합물, B는 4탄소 화합물이다.

CO_2는 시트르산이 5탄소 화합물로 전환되는 과정과 5탄소 화합물이 4탄소 화합물로 전환되는 과정에서 생성된다. ATP는 5탄소 화합물이 4탄소 화합물로 전환되는 과정에서만 생성된다. NADH는 시트르산이 5탄소 화합물로 전환되는 과정, 5탄소 화합물이 4탄소 화합물로 전환되는 과정, 4탄소 화합물이 옥살아세트산으로 전환되는 과정에서 모두 생성된다. 따라서 TCA 회로를 거칠 때 3번에 걸쳐 생성되는 ㉡은 NADH이고, 2번에 걸쳐 생성되는 ㉠은 CO_2이다. 그리고 A가 B로 전환될 때 CO_2(㉠), NADH(㉡)와 함께 생성되는 ㉢은 ATP이다. 나머지 ㉣은 $FADH_2$이다.

㉠. NADH(㉡)와 $FADH_2$(㉣)는 각각 NAD^+와 FAD가 환원되어 생성되며, 이러한 반응은 모두 탈수소 효소에 의해 일어난다.

㉡. TCA 회로에서 생성되는 ATP(㉢)는 기질 수준 인산화에 의해 생성된다.

㉢. B는 4탄소 화합물로 1분자당 탄소 원자 4개를 가지며, C는 옥살아세트산으로 1분자당 탄소 원자 4개를 가지고 있다. 따라서 1분자당 $\frac{\text{C의 탄소 수}}{\text{B의 탄소 수}}=1$이다.

07 TCA 회로와 산화적 인산화

아세틸 CoA가 소모되는 (가)는 TCA 회로이고, H_2O이 생성되는 (나)는 산화적 인산화이다.

㉠. (가)는 TCA 회로, (나)는 산화적 인산화이다.

✕. ⓐ는 CO_2, ⓑ는 O_2이다. O_2(ⓑ)가 전자 전달계에서 최종 전자 수용체로 사용된다.

✕. 산화적 인산화(나) 과정에서 1분자의 NADH가 산화되어 약 2.5분자의 ATP를, 1분자의 $FADH_2$가 산화되어 약 1.5분자의 ATP를 생성한다. 아세틸 CoA 1분자가 TCA 회로에서 완전 분해될 때 1분자의 ATP, 3분자의 NADH, 1분자의 $FADH_2$를 생성한다. 따라서 아세틸 CoA 1분자가 완전 분해될 때 생성되는 ATP의 분자 수는 (가)에서가 (나)에서보다 적다.

08 전자 전달계

전자 전달계를 통해 H^+이 ⓐ에서 ⓑ로 이동하고 있으므로 ⓐ는 미토콘드리아 기질, ⓑ는 막 사이 공간이다. 최종 전자 수용체인 ㉠은 O_2이고, O_2가 전자를 수용하여 환원된 ㉡은 H_2O이다. $FADH_2$가 전자 전달계에서 산화되면 H^+의 능동 수송은 2곳에서 일어나고, NADH가 전자 전달계에서 산화되면 H^+의 능동 수송은 3곳에서 일어난다. 따라서 ㉢은 $FADH_2$, ㉣은 NADH이다.

✕. 세포 호흡이 활발하게 일어날 때 H^+은 ⓐ에서 ⓑ로 능동 수송되므로 pH는 ⓐ에서가 ⓑ에서보다 높다.

✕. 고에너지 전자가 전자 전달계를 따라 이동할 때 방출되는 에너지로 H^+은 ⓐ에서 ⓑ로 능동 수송된다.

㉢. $FADH_2$와 NADH는 전자 전달계에서 산화될 때 각각 1분자당 $\frac{1}{2}$분자의 O_2(㉠)를 소모하고, 1분자의 H_2O(㉡)을 생성한다. 아세틸 CoA 1분자가 TCA 회로를 거쳐 완전 분해될 때 1분자의 $FADH_2$(㉢)와 3분자의 NADH(㉣)가 생성되고, 1분자의 $FADH_2$(㉢)와 3분자의 NADH(㉣)가 전자 전달계에서 모두 산화되면 총 4분자의 H_2O(㉡)이 생성된다.

09 화학 삼투에 의한 인산화

막 사이 공간의 pH가 미토콘드리아 기질의 pH보다 낮으면 H^+이 ATP 합성 효소를 통해 이동하고, 이때 ATP가 합성된다.

㉠. (다)에서 ATP가 합성되었으므로 미토콘드리아를 담근 첫 번째 용액의 pH는 두 번째 용액의 pH보다 높아야 한다. 따라서 ⓐ는 8이다.

✕. H^+이 ATP 합성 효소를 통해 ㉠에서 ㉡으로 이동하고 있으므로 ㉠은 막 사이 공간이고, ㉡은 미토콘드리아 기질이다.

✕. H^+은 ATP 합성 효소를 통해 H^+의 농도가 높은 ㉠에서 H^+의 농도가 낮은 ㉡으로 이동하므로 ATP 합성 효소를 통해 H^+이 이동하는 방식은 촉진 확산이다.

10 효모에서의 물질 전환

Ⅰ은 해당 과정의 일부이고, Ⅱ는 알코올 발효 과정에서의 물질

전환이며, Ⅲ은 산소 호흡 중 피루브산의 산화 과정이다.

㉠. 해당 과정은 O_2의 유무에 상관없이 일어난다.

✕. 해당 과정에서의 탈수소 반응은 과당 2인산이 피루브산으로 전환될 때 일어나며, Ⅰ에서는 탈수소 반응이 일어나지 않는다. Ⅲ에서는 탈수소 반응이 일어나 NADH가 생성된다.

㉢. 피루브산은 3탄소 화합물이고, 에탄올과 아세틸 CoA는 모두 2탄소 화합물이다. 따라서 Ⅱ와 Ⅲ에서 모두 CO_2가 생성된다.

11 산화적 인산화

전자 전달계를 통해 H^+은 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 능동 수송되므로 Ⅰ은 막 사이 공간이고, Ⅱ는 미토콘드리아 기질이다.

㉠. 전자 전달계와 ATP 합성 효소는 미토콘드리아 내막에 있으므로 ㉠은 미토콘드리아 내막이다.

㉡. H^+이 ATP 합성 효소를 통해 막 사이 공간(Ⅰ)에서 미토콘드리아 기질(Ⅱ)로 촉진 확산할 때 ATP가 합성되므로 산화적 인산화로 ATP가 합성될 때 $\frac{\text{미토콘드리아 기질(Ⅱ)의 pH}}{\text{막 사이 공간(Ⅰ)의 pH}} > 1$이다.

㉢. 전자 전달계에서 고에너지 전자가 이동할 때 방출되는 에너지를 사용하여 H^+은 미토콘드리아 기질(Ⅱ)에서 막 사이 공간(Ⅰ)으로 능동 수송된다.

12 산소 호흡과 발효

✕. 포도당 1분자당 생성되는 ATP 분자 수는 포도당이 불완전 분해되는 발효에서보다 포도당이 완전 분해되는 산소 호흡에서가 많다.

Ⓑ. 산소 호흡에서는 포도당이 CO_2와 H_2O로 완전히 분해되고, 발효에서는 포도당이 불완전 분해되어 분해 산물로 젖산이나 에탄올이 생성된다.

Ⓒ. 사람의 근육 세포에서는 과도한 운동으로 O_2가 부족해지면 젖산 발효가 일어난다.

13 알코올 발효

효모는 산소가 있을 때에는 산소 호흡을, 산소가 없을 때에는 알코올 발효를 한다.

㉠. 산소 호흡이나 알코올 발효 과정에서 모두 탈탄산 반응이 일어난다. 따라서 구간 Ⅰ과 Ⅱ에서는 모두 탈탄산 반응을 통해 CO_2가 생성된다.

㉡. 구간 Ⅱ에서 에탄올이 생성되므로 알코올 발효가 일어난다. 알코올 발효에서는 NAD^+의 환원과 NADH의 산화가 모두 일어난다.

㉢. 구간 Ⅰ에서는 산소 호흡이, 구간 Ⅱ에서는 알코올 발효가 일어난다. 산소 호흡에서는 포도당 1분자당 최대 32ATP가 생성되며, 알코올 발효에서는 2ATP가 생성된다. 또한 단위 시간당 소모된 포도당의 양은 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 많다. 따라서 단위 시간당 생성되는 ATP의 분자 수는 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 많다.

14 실생활에서의 발효

알코올 발효에서는 포도당이 불완전 분해되어 분해 산물로 에탄올을 생성한다.

㉠. 바이오 에탄올을 생산하는 과정에서 효모의 알코올 발효가 이용되었으므로 (가)는 알코올 발효를 응용한 사례에 해당한다.

㉡. 피루브산이 에탄올(㉠)로 전환되는 과정에서는 CO_2가 생성되며, 피루브산이 젖산(㉢)으로 전환되는 과정에서는 CO_2가 생성되지 않는다. 따라서 1분자당 탄소 수는 에탄올(㉠)이 젖산(㉢)보다 적다.

㉢. 김치가 발효될 때 젖산균에 의해 젖산 발효(㉡)가 이루어지면서 젖산이 생성된다. 따라서 숙성된 김치는 신맛이 난다.

15 산소 호흡과 발효의 비교

산소 호흡과 알코올 발효에서는 CO_2가 생성되고, 산소 호흡에만 전자 전달계가 관여하므로 (가)는 알코올 발효, (나)는 산소 호흡, (다)는 젖산 발효이다.

㉠. CO_2가 생성되고, 전자 전달계가 관여하지 않는 (가)는 알코올 발효이다.

㉡. 발효 과정이나 산소 호흡 과정에서 모두 NADH는 NAD^+로 산화되는 반응이 일어난다.

✕. 포도당 1분자당 산소 호흡에서는 최대 32ATP가, 젖산 발효에서는 2ATP가 생성된다. 따라서 ㉠은 ㉡보다 크다.

16 호흡 기질

(가)는 지방, (나)는 탄수화물, (다)는 단백질이다. ㉠은 글리세롤, ㉡은 지방산, ㉢은 아미노산이다.

㉠. TCA 회로에서는 기질 수준 인산화가 일어난다. 따라서 ㉠과 ㉡이 세포 호흡에 사용되어 완전 분해되는 과정에서 모두 TCA 회로를 거치므로 기질 수준 인산화가 일어난다.

㉡. 아미노산이 세포 호흡에 이용될 때에는 탈아미노 과정으로 아미노기가 제거되고 다양한 유기산으로 전환된 후 사용된다.

✕. 호흡률($\frac{\text{발생한 } CO_2\text{의 부피}}{\text{소비한 } O_2\text{의 부피}}$)은 지방(가)이 약 0.7, 탄수화물(나)이 1.0이다. 따라서 $\frac{\text{발생한 } CO_2\text{의 부피}}{\text{소비한 } O_2\text{의 부피}}$는 (가)가 (나)보다 작다.

수능 3점 테스트 본문 50~55쪽

01 ②	02 ⑤	03 ①	04 ②	05 ①	06 ③
07 ③	08 ④	09 ②	10 ①	11 ⑤	12 ⑤

01 산화적 인산화와 기질 수준 인산화

H^+이 ATP 합성 효소(㉠)를 통해 Ⅱ에서 Ⅰ로 이동하고 있으므로 Ⅰ은 미토콘드리아 기질이고, Ⅱ는 막 사이 공간이다.

✕. 세포 호흡이 활발하게 일어날 때에는 전자 전달계를 통해 H^+이 미토콘드리아 기질(Ⅰ)에서 막 사이 공간(Ⅱ)으로 능동 수송되므로 pH는 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 높다.

✕. (가)에서 H^+은 ATP 합성 효소(㉠)를 통해 촉진 확산된다.

㉢. (나)는 기질 수준 인산화로 해당 과정과 TCA 회로에서 일어난다. TCA 회로는 미토콘드리아 기질(Ⅰ)에서 일어나므로 미토콘드리아 기질(Ⅰ)에서 기질 수준 인산화(나)가 일어난다.

02 세포 호흡에서의 물질 전환

과정 Ⅱ에서 C는 2분자의 D로 분해되므로 C는 6탄소 화합물인 과당 2인산이고, D는 3탄소 화합물인 피루브산이다.

과정 Ⅲ에서 CO_2, ATP, NADH, $FADH_2$가 모두 생성되고, 1분자당 탄소 수는 B가 E보다 많으므로 E는 옥살아세트산이고, B는 시트르산 또는 5탄소 화합물이 된다. 그런데 과정 Ⅰ에서는 CO_2, ATP, NADH, $FADH_2$ 중 2가지만 생성되므로 A는 시트르산, B는 5탄소 화합물, E는 옥살아세트산이다.

㉠. 시트르산(A)이 5탄소 화합물(B)로 전환되는 과정(Ⅰ)은 TCA 회로 중 일부로 미토콘드리아 기질에서 일어난다.

㉡. 1분자당 탄소 수는 시트르산(A)과 과당 2인산(C)이 모두 6이다. 따라서 1분자당 $\frac{\text{C의 탄소 수}}{\text{A의 탄소 수}}=1$이다.

㉢. 시트르산(A)이 5탄소 화합물(B)로 전환되는 과정(Ⅰ)에서 CO_2와 NADH가 생성되고, 과당 2인산(C)이 2분자의 피루브산(D)으로 전환되는 과정(Ⅱ)에서 ATP와 NADH가 생성된다. 따라서 ㉠은 NADH, ㉡은 ATP, ㉢은 CO_2이고, 나머지 ㉣은 $FADH_2$이다.

03 세포 호흡

(가)는 해당 과정, (나)는 피루브산의 산화, (다)는 TCA 회로이다. 포도당 1분자가 세포 호흡에 사용될 때 (가)에서는 2분자의 ATP가 소모되고, 4분자의 ATP가 생성되며, 2분자의 NADH가 생성된다. (나)에서는 CO_2와 NADH가 각각 2분자씩 생성된다. (다)에서는 ATP, $FADH_2$가 각각 2분자씩 생성되며, 4분자의 CO_2와 6분자의 NADH가 생성된다. 이를 바탕으로 표를 완성하면 다음과 같다.

구분	생성되는 물질의 분자 수			
	㉠($FADH_2$)	㉡(CO_2)	㉢(NADH)	㉣(ATP)
Ⅰ(다)	2	4	ⓐ(6)	2
Ⅱ(가)	0	0	2	?(2분자 순생성)
Ⅲ(나)	0	ⓑ(2)	2	0

㉠. Ⅰ은 (다), Ⅱ는 (가), Ⅲ은 (나)이다.

✕. Ⅰ에서 $FADH_2$(㉠)는 탈수소 반응에 의해 생성된다.

✕. ⓐ는 6, ⓑ는 2이므로 ⓐ+ⓑ=8이다.

04 피루브산의 산화와 TCA 회로

피루브산의 산화 과정에서는 1분자의 CO_2와 1분자의 NADH가 생성된다. 시트르산이 5탄소 화합물로 전환되는 과정에서는 1분자의 CO_2와 1분자의 NADH가 생성된다. 5탄소 화합물이 옥살아세트산으로 전환되는 과정에서는 1분자의 CO_2와 2분자의 NADH가 생성된다. 따라서 ㉠은 CO_2, ㉡은 NADH이고, (가)는 피루브산, (나)는 시트르산, (다)는 옥살아세트산, (라)는 5탄소 화합물이다.

✕. (나)는 시트르산이고, (다)는 옥살아세트산이므로 회로 반응의 진행 방향은 ⓑ이다.

㉡. Ⅱ에서 NADH(㉡)는 탈수소 반응으로 NAD^+가 환원되어 생성된다.

✕. 1분자당 피루브산(가)의 탄소 수는 3, 시트르산(나)의 탄소 수는 6, 옥살아세트산(다)의 탄소 수는 4, 5탄소 화합물(라)의 탄소 수는 5이다.

따라서 $\frac{\text{(나)의 탄소 수+(라)의 탄소 수}}{\text{(가)의 탄소 수+(다)의 탄소 수}}=\frac{6+5}{3+4}=\frac{11}{7}$이므로 1보다 크다.

05 TCA 회로와 산화적 인산화

(가)에서 시트르산이 옥살아세트산으로 전환되기까지 3번에 걸쳐 생성되는 ㉠은 NADH이고, 1번 생성되는 ㉡는 $FADH_2$이다.

㉠. NADH와 $FADH_2$가 전자 전달계에서 산화될 때 NADH는 3곳에서 H^+의 능동 수송이, $FADH_2$는 2곳에서 H^+의 능동 수송이 일어나므로 NADH(㉠)는 ⓐ이고, $FADH_2$(㉡)는 ⓑ이며, 최종 전자 수용체가 환원되어 생성된 ⓒ는 H_2O이다.

✕. 1분자의 NADH(ⓐ)와 $FADH_2$(ⓑ)가 산화될 때 각각 1분자의 H_2O(ⓒ)이 생성된다.

✕. NADH(㉠)가 전자 전달계에서 산화될 때가 $FADH_2$(㉡)가 전자 전달계에서 산화될 때보다 더 많은 H^+의 능동 수송이 일어난다. 따라서 NADH(㉠)로부터 생성되는 ATP 분자 수가 $FADH_2$(㉡)로부터 생성되는 ATP 분자 수보다 많다.

06 세포 호흡 저해제

전자 전달계를 통해 H^+이 ⓑ에서 ⓐ로 이동하고 있으므로 ⓐ는 막 사이 공간이고, ⓑ는 미토콘드리아 기질이다.

ㄱ. ⓐ는 막 사이 공간이고, ⓑ는 미토콘드리아 기질이다.

ㄴ. ㉠은 전자 전달계에서 전자의 흐름을 억제하므로 전자가 최종 전자 수용체인 O_2에 도달하지 못하여 O_2의 소모를 억제한다. 따라서 세포 호흡에서 소비된 O_2의 양은 ㉠을 처리하기 전이 처리한 후보다 많다.

✗. ㉡은 H^+이 ATP 합성 효소가 아닌 내막의 인지질을 통해 막 사이 공간(ⓐ)에서 미토콘드리아 기질(ⓑ)로 새어 나가게 하므로 $\frac{\text{ⓑ의 pH}}{\text{ⓐ의 pH}}$는 ㉡을 처리하기 전이 처리한 후보다 크다.

07 산화적 인산화

세포 호흡 과정 중 O_2는 전자 전달계에서 최종 전자 수용체로 사용된다.

ㄱ. O_2는 전자 전달계의 최종 전자 수용체로 사용된다.

✗. ADP, P_i과 4탄소 화합물을 첨가한 이후 O_2의 소비가 이루어지고 있는 것은 전자 전달계를 따라 전자가 이동하고 있다는 것을 의미하며, 전자 전달계를 따라 전자가 이동할 때 H^+의 능동 수송이 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 일어나므로 막 사이 공간의 pH는 전자 흐름이 없을 때보다 낮아지고, 미토콘드리아 기질의 pH는 전자 흐름이 없을 때보다 높아진다. 따라서 미토콘드리아의 $\frac{\text{기질의 pH}}{\text{막 사이 공간의 pH}}$는 t_1일 때가 t_2일 때보다 작다.

ㄷ. 구간 Ⅰ에서 O_2가 계속 소비되고 있다는 것은 O_2가 최종 전자 수용체로 소비된다는 의미이므로 미토콘드리아 내막의 전자 전달계를 따라 전자의 이동이 일어난다.

08 산소 호흡과 발효의 비교

탈탄산 반응은 산소 호흡과 알코올 발효에서 모두 일어나고, 탈수소 반응은 산소 호흡, 알코올 발효, 젖산 발효에서 모두 일어나며, 산화적 인산화는 산소 호흡에서만 일어난다. 따라서 특징 ㉠~㉢을 모두 갖는 Ⅲ은 산소 호흡이고, Ⅰ~Ⅲ이 모두 갖는 ㉢은 '탈수소 반응이 일어난다.'이다. 그리고 ㉠~㉢ 중 2가지를 갖는 Ⅰ은 알코올 발효이며, ㉠은 '탈탄산 반응이 일어난다.'이다. 나머지 Ⅱ는 젖산 발효, ㉡은 '산화적 인산화가 일어난다.'이다. 이를 바탕으로 표를 완성하면 다음과 같다.

특징 / 물질 대사	㉠ (탈탄산 반응이 일어난다.)	㉡ (산화적 인산화가 일어난다.)	㉢ (탈수소 반응이 일어난다.)
Ⅰ (알코올 발효)	○	×	?(○)
Ⅱ (젖산 발효)	×	?(×)	○
Ⅲ (산소 호흡)	?(○)	○	?(○)

(○: 있음, ×: 없음)

✗. Ⅰ은 알코올 발효, Ⅱ는 젖산 발효, Ⅲ은 산소 호흡이다.

ㄴ. ㉠은 '탈탄산 반응이 일어난다.', ㉡은 '산화적 인산화가 일어난다.', ㉢은 '탈수소 반응이 일어난다.'이다.

ㄷ. 포도당 1분자로부터 생성되는 ATP의 분자 수는 젖산 발효(Ⅱ)에서는 2ATP, 산소 호흡(Ⅲ)에서는 최대 32ATP로 젖산 발효(Ⅱ)에서가 산소 호흡(Ⅲ)에서보다 적다.

09 산소 호흡과 젖산 발효

사람의 근육 세포에서 산소가 있을 때에는 산소 호흡이, 산소가 없을 때에는 젖산 발효가 일어난다. 따라서 ㉠은 포도당, ㉡은 젖산, ㉢은 피루브산, ㉣은 아세틸 CoA이다.

✗. Ⅰ은 포도당(㉠)이 피루브산(㉢)으로 전환되는 과정으로 해당 과정에 해당하며, 이 과정에서 ATP는 기질 수준 인산화로 생성된다.

✗. Ⅱ는 피루브산(㉢)이 젖산(㉡)으로 전환되는 과정으로 Ⅰ에서 생성된 NADH가 NAD^+로 산화되며, Ⅲ은 피루브산(㉢)이 아세틸 CoA(㉣)로 전환되는 과정으로 NAD^+가 NADH로 환원된다.

ㄷ. 1분자당 포도당(㉠)의 탄소 수는 6, 젖산(㉡)의 탄소 수는 3, 피루브산(㉢)의 탄소 수는 3이다.

따라서 1분자당 $\frac{\text{㉡의 탄소 수}+\text{㉢의 탄소 수}}{\text{㉠의 탄소 수}}=\frac{3+3}{6}=1$이다.

10 산소 호흡과 젖산 발효

과정 Ⅰ에서는 1분자의 NAD^+가 생성되고, 과정 Ⅱ에서는 2분자의 ADP가 생성되며, 과정 Ⅲ에서는 2분자의 CO_2와 3분자의 NADH가 생성된다. 따라서 과정 A에서 생성되는 분자 수가 3인 ㉡은 NADH이고, A는 Ⅲ이다. 과정 B에서 생성되는 분자 수가 2인 ㉢은 ADP이고, B는 Ⅱ이다. 나머지 C는 Ⅰ이다. C에서 생성되는 ㉠의 분자 수가 0이므로 ㉠은 CO_2이고, ㉣은 NAD^+이다. 분석한 내용을 바탕으로 표를 완성하면 다음과 같다.

과정	분자 수			
	㉠(CO_2)	㉡(NADH)	㉢(ADP)	㉣(NAD^+)
A(Ⅲ)	?(2)	3	?(0)	0
B(Ⅱ)	0	?(0)	2	?(0)
C(Ⅰ)	0	0	?(0)	?(1)

ㄱ. A는 Ⅲ, B는 Ⅱ, C는 Ⅰ이다.

✗. ㉠은 CO_2, ㉡은 NADH, ㉢은 ADP, ㉣은 NAD^+이다.

✗. B(Ⅱ)에서는 CO_2(㉠)가 생성되지 않았으므로 탈탄산 효소가 작용하지 않는다.

11 효모의 발효 실험

효모의 알코올 발효 과정에서 CO_2가 생성된다. 따라서 맹관부에 모인 기체는 CO_2이다.

㉠. A의 구간 Ⅰ에서 맹관부에 모인 기체(CO_2)의 부피가 증가하고 있으므로 탈탄산 반응이 일어나고 있다.
㉡. 알코올 발효 결과 CO_2와 에탄올이 생성되므로 t일 때 에탄올의 농도는 기체(CO_2)가 모인 A에서가 기체(CO_2)가 모이지 않은 B에서보다 높다.
㉢. 녹말 용액이 첨가된 B에서는 기체(CO_2)가 모이지 않았으므로 효모는 녹말을 호흡 기질로 이용하지 못했다.

12 세포 호흡의 전 과정

(가)는 해당 과정, (나)는 TCA 회로, (다)는 산화적 인산화이다.
(가)~(다)에서 모두 생성되는 ㉠은 ATP, (가)와 (나)에서 모두 생성되는 ㉡은 NADH, (나)에서만 생성되는 ㉢은 $FADH_2$, (다)에서 O_2가 환원되어 생성된 ㉣은 H_2O이다.
㉠. (가)와 (나)에서는 기질 수준 인산화에 의해 ATP(㉠)가 생성된다.
㉡. NADH(㉡)와 $FADH_2$(㉢)는 모두 탈수소 반응으로 생성된다.
㉢. 포도당 1분자가 완전 분해될 때 NADH는 10분자, $FADH_2$는 2분자가 생성된다. NADH와 $FADH_2$는 전자 전달계에서 산화될 때 각각 1분자의 H_2O(㉣)을 생성하므로 포도당 1분자가 완전 분해될 때 (다)에서 생성되는 H_2O(㉣)의 분자 수는 12이다.

05 광합성

수능 2점 테스트 본문 64~67쪽

01 ③	02 ③	03 ⑤	04 ⑤	05 ②	06 ③
07 ④	08 ⑤	09 ①	10 ②	11 ⑤	12 ⑤
13 ④	14 ③	15 ①	16 ①		

01 엽록체의 구조

A는 스트로마, B는 틸라코이드 막, C는 틸라코이드 내부이다.
㉠. 스트로마(A)에는 자체 DNA와 리보솜이 있어 스스로 복제하고 증식할 수 있다.
㉡. 틸라코이드 막(B)에 있는 광계에 엽록소가 있다.
✗. 포도당이 합성되는 장소는 스트로마(A)이다.

02 미토콘드리아와 엽록체의 구조

Ⅰ에는 미토콘드리아의 리보솜이 있으므로 ⓐ는 미토콘드리아의 내막, ⓑ는 미토콘드리아의 외막이며, Ⅵ에는 엽록체의 리보솜이 있으므로 ⓒ는 엽록체의 외막, ⓓ는 엽록체의 내막이다.
㉠. 미토콘드리아의 내막(ⓐ)에는 전자 전달에 관여하는 효소와 ATP 합성 효소가 있다.
㉡. ⓑ는 미토콘드리아의 외막이며, ⓒ는 엽록체의 외막이다.
✗. 틸라코이드 막에서 전자 전달계를 통한 전자 흐름이 일어나면 틸라코이드 내부(Ⅶ)의 pH가 낮아진다.

03 광합성 색소

X는 엽록소 a, Y는 엽록소 b이며, Ⅰ은 엽록소 b, Ⅱ는 엽록소 a이다.
㉠. Ⅰ과 Y는 모두 엽록소 b이다.
㉡. 틸라코이드 막에 있는 광계에 엽록소 a(X)가 있다.
㉢. 단위 시간당 생성되는 포도당의 양은 파장이 550 nm인 빛에서가 650 nm인 빛에서보다 적다.

04 광합성 색소

㉠은 엽록소 a, ㉡은 카로티노이드이다.
㉠. 엽록소 a(㉠)는 광합성을 하는 모든 식물 및 조류에 공통적으로 있다.
㉡. 카로티노이드(㉡)는 빛에너지를 흡수하여 엽록소로 전달하고, 과도한 빛에 의해 엽록소가 손상되는 것을 막아 준다.
㉢. 틸라코이드 막에는 엽록소 a(㉠)와 카로티노이드(㉡)가 모두 존재한다.

05 광합성의 전체 반응

㉠은 H_2O, ㉡은 CO_2, ㉢은 O_2, ㉣은 NADPH이다.

✕. H_2O(㉠)은 엽록체의 틸라코이드 막에 있는 광계 Ⅱ에서 광분해된다.

○. O_2(㉢)는 엽록체의 틸라코이드 막에 있는 광계 Ⅱ에서 H_2O(㉠)이 광분해되어 발생하므로 비순환적 전자 흐름의 생성물이다.

✕. NADPH(㉣)는 탄소 고정 반응에서 CO_2(㉡)를 산화시키지 않으며, 3PG를 환원시킨다.

06 광합성의 전체 반응

㉠은 6, ㉡은 3, ㉢은 3이다.

○. ㉠은 6, ㉡은 3, ㉢은 3이므로 ㉠+㉡+㉢=12이다.

○. RuBP가 CO_2와 결합하여 3PG가 형성되는 과정에서 효소인 루비스코가 작용한다.

✕. Ⅱ에서 6분자의 ATP가 사용된다.

07 벤슨의 실험

명반응의 산물이 탄소 고정 반응에 이용되므로 ㉠은 CO_2, ㉡은 빛이다.

○. ㉠은 CO_2이다.

✕. t_1일 때 빛(㉡)이 없으므로 명반응이 일어나지 않는다.

○. t_2일 때 CO_2(㉠)와 빛(㉡)이 모두 있으므로 명반응과 탄소 고정 반응(암반응)이 지속적으로 일어나며 스트로마에서 3PG가 PGAL로 전환된다.

08 명반응

Ⅰ은 스트로마, Ⅱ는 틸라코이드 내부이며, ㉠은 보조 색소, ㉡은 반응 중심 색소이다.

✕. Ⅰ은 스트로마이다.

○. 보조 색소(㉠)는 빛에너지를 흡수한 후 반응 중심 색소(㉡)로 전달하는 안테나 역할을 한다.

○. 반응 중심 색소(㉡)는 광계에서 가장 중심적인 역할을 하며 한 쌍의 엽록소 a로 구성된다.

09 명반응

A는 광계 Ⅱ, B는 광계 Ⅰ이다.

○. 광계 Ⅱ(A)는 680 nm의 빛을 가장 잘 흡수하는 엽록소 a인 P_{680}을 반응 중심 색소로 갖는다.

✕. 경로 1에서 H_2O로부터 방출된 전자는 전자 수용체 ㉠으로 전달된다.

✕. 경로 2에서 빛을 흡수한 광계 Ⅰ(B)의 P_{700}에서 방출된 고에너지 전자가 $NADP^+$에 전달되지 않고 전자 전달계를 거쳐 다시 P_{700}으로 되돌아온다.

10 명반응

A는 비순환적 전자 흐름, B는 순환적 전자 흐름이다.

✕. A에서 NADPH가 생성되므로 A는 비순환적 전자 흐름이다.

○. 비순환적 전자 흐름(A)에서 물(H_2O)의 광분해가 일어나며, 순환적 전자 흐름(B)에서도 H^+ 농도 기울기가 형성되므로 ㉠과 ㉡은 모두 '○'이다.

✕. 순환적 전자 흐름(B)에는 광계 Ⅰ과 Ⅱ 중 광계 Ⅰ만 관여한다.

11 명반응

Ⅰ은 틸라코이드 내부, Ⅱ는 스트로마이며, ㉠은 $NADP^+$, ㉡은 NADPH이다.

○. 스트로마(Ⅱ)에는 자체 DNA와 리보솜이 있어 스스로 복제하여 증식할 수 있다.

○. $NADP^+$(㉠)는 명반응에서 최종 전자 수용체이다.

○. 고에너지 전자가 전자 전달계를 거쳐 이동하는 과정에서 방출된 에너지를 이용해 H^+이 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송된다. 따라서 H^+ 농도는 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 높다.

12 캘빈 회로

과정 Ⅰ에서 NADPH가 사용되므로 ㉢은 3PG, ㉠은 PGAL이고, 나머지 ㉡은 RuBP이다.

○. 과정 Ⅰ에서 3PG(㉢)가 PGAL(㉠)로 환원된다.

○. ATP는 과정 Ⅰ과 Ⅱ에서 모두 사용된다.

○. 1분자당 PGAL(㉠)의 탄소 수는 3, RuBP(㉡)의 인산기 수는 2, 3PG(㉢)의 인산기 수는 1이다.

따라서 1분자당 $\frac{\text{㉠의 탄소 수}+\text{㉢의 인산기 수}}{\text{㉡의 인산기 수}}=2$이다.

13 캘빈 회로

Ⅰ은 3PG, Ⅱ는 PGAL, Ⅲ은 RuBP이며, ㉠은 ATP, ㉡은 NADPH, ㉢은 CO_2이다.

○. Ⅰ에서 Ⅱ로 전환되는 과정에서 ATP(㉠)와 NADPH(㉡)가 필요하므로 Ⅰ은 3PG이다.

✕. 한 분자의 PGAL이 캘빈 회로를 빠져나올 때 캘빈 회로의 3PG(Ⅰ)와 PGAL(Ⅱ)은 각각 6분자가 관여하므로 ⓐ는 ⓑ와 같다.

○. 6분자의 3PG(Ⅰ)가 6분자의 PGAL(Ⅱ)로 전환되는 과정에서 사용되는 ATP(㉠)의 분자 수와 NADPH(㉡)의 분자 수는 각각 6으로 같다.

14 캘빈의 실험

시간 경과에 따라 3PG, PGAL, RuBP의 순서로 방사선이 검출되므로 ㉠은 PGAL, ㉡은 3PG, ㉢은 RuBP이며, 시간 경과는 t_3, t_2, t_1 순이다.

ㄱ. 방사성 동위 원소 ^{14}C로 표지된 $^{14}CO_2$를 사용하여 전개한 후 X선 필름에 감광시키므로 이 실험에는 자기 방사법이 이용되었다.
ㄴ. 시간의 흐름은 $t_3 \rightarrow t_2 \rightarrow t_1$이다.
✗. RuBP(㉢)의 1분자당 $\frac{\text{탄소 수}}{\text{인산기 수}}=\frac{5}{2}$이다.

15 광합성과 세포 호흡의 비교

산화적 인산화는 세포 호흡의 특징이며, 화학 삼투에 의한 ATP 합성과 고에너지 전자와 결합하는 조효소의 존재는 광합성과 세포 호흡에서 모두 나타나는 특징이다. 따라서 Ⅰ은 광합성, Ⅱ는 세포 호흡이다.
ㄱ. ⓐ는 2이다.
✗. Ⅰ은 광합성이다.
✗. 세포 호흡(Ⅱ)에서 포도당의 화학 에너지가 ATP의 화학 에너지로 전환되며, 빛에너지가 화학 에너지로 전환되는 것은 광합성(Ⅰ)이다.

16 엽록체에서의 ATP 합성

틸라코이드 막에서 H^+ 농도 기울기에 따라 H^+이 틸라코이드 내부에서 스트로마로 ATP 합성 효소를 통해 확산되므로 ㉠은 틸라코이드 내부, ㉡은 스트로마이다.
✗. ㉠은 틸라코이드 내부이다.
ㄴ. 스트로마(㉡)에서 탄소 고정 반응이 일어난다.
✗. 틸라코이드 내부(㉠)에서 스트로마(㉡)로의 H^+ 이동에 ATP에 저장된 에너지가 사용되지 않는다.

수능 3점 테스트 본문 68~73쪽

01 ⑤	02 ①	03 ④	04 ④	05 ③	06 ③
07 ④	08 ②	09 ③	10 ④	11 ②	12 ⑤

01 미토콘드리아와 엽록체

(가)는 미토콘드리아, (나)는 엽록체이며 ㉠은 미토콘드리아 내막, ㉡은 미토콘드리아 기질, ㉢은 틸라코이드 막, ㉣은 스트로마이다. A에서는 광합성이 일어나지 않고, B에서는 광합성이 일어나므로 A는 (가), B는 (나)이다. 미토콘드리아(A)와 엽록체(B)는 모두 2중막 구조이므로 ⓐ는 '○'이고, 미토콘드리아(A)와 엽록체(B)에 모두 자체 DNA가 있으므로 ⓑ는 '○'이다.
ㄱ. ⓐ와 ⓑ는 모두 '○'이다.
ㄴ. 미토콘드리아 내막(㉠)과 틸라코이드 막(㉢)에서 모두 전자 전달로 인한 산화 환원 반응이 일어난다.
ㄷ. 미토콘드리아 기질(㉡)과 스트로마(㉣)에 모두 리보솜이 있다.

02 잎의 색소 분리

ㄱ. 전개율은 $\frac{\text{원점에서 색소까지의 거리}}{\text{원점에서 용매 전선까지의 거리}}$이므로 색소 ⓑ의 전개율은 $\frac{18}{20}=0.9$이다.
✗. 색소 ⓓ는 엽록소 b이다.
✗. (다) 과정에서 크로마토그래피 용지의 원점이 전개액에 잠기지 않도록 주의하면서 세워 넣는다.

03 광합성

(가)에서 옥살산 철(Ⅲ)은 (나)의 $NADP^+$(ⓑ)와 같은 역할을 하며 옥살산 철(Ⅲ)이 환원되면서 옥살산 철(Ⅱ)과 O_2(ⓐ)가 생성된다. ⓐ는 O_2, ⓑ는 $NADP^+$이며, ㉠은 광계 Ⅱ, ㉡은 광계 Ⅰ이다.
✗. O_2(ⓐ)는 경로 A를 통해서만 생성된다.
ㄴ. (가)의 옥살산 철(Ⅲ)은 (나)의 $NADP^+$(ⓑ)와 같은 역할을 한다.
ㄷ. (나)에서 광계 Ⅰ(㉡)의 반응 중심 색소는 P_{700}이다.

04 광합성

ⓐ는 광계 Ⅱ, ⓑ는 광계 Ⅰ이다. 광합성 결과 발생하는 산소는 물에서 유래하므로 ㉠은 $^{18}O_2$, ㉡은 O_2이다.
ㄱ. ㉠은 $^{18}O_2$이다.
✗. O_2(㉡)가 발생하는 과정은 (가)의 광계 Ⅱ(ⓐ)에서 일어난다.
ㄷ. 광계는 광합성 색소(엽록소, 카로티노이드)와 단백질로 이루어진 복합체이며, 광계 Ⅱ(ⓐ)에 카로티노이드가 있다.

05 광합성

명반응의 산물이 탄소 고정 반응에 이용되므로 구간 Ⅱ와 Ⅲ으로부터 (가)는 빛, (나)는 CO_2임을 알 수 있다.
ㄱ. 구간 Ⅱ에서 빛(가)이 있으므로 광인산화가 일어난다.
ㄴ. 구간 Ⅲ에서 CO_2(나)가 공급되어 광합성이 일어나므로 ㉡이 일어난다.
✗. 구간 Ⅳ에서 ⓐ($2e^-$)는 광계 Ⅱ로부터 광계 Ⅰ을 거쳐 $NADP^+$에 전달된다.

06 명반응

A에서 물의 광분해가 일어나므로 A는 광계 Ⅱ, B는 광계 Ⅰ이다. ㉠은 틸라코이드 내부, ㉡은 스트로마이며, 빛이 있을 때 pH가 감소하는 곳은 틸라코이드 내부이므로 ⓐ는 ㉠이다.
ㄱ. ⓐ는 ㉠이다.
ㄴ. 엽록체에서 광인산화에 의해 ATP가 생성되므로 단위 시간당 ATP 생성량은 t_1일 때가 t_2일 때보다 많다.
✗. 순환적 전자 흐름에서 광계 Ⅰ(B)의 P_{700}으로부터 방출된 고에너지 전자는 광계 Ⅱ(A)에 전달되지 않고 전자 전달계를 거쳐 다시 P_{700}으로 되돌아온다.

07 캘빈 회로

과정 Ⅰ과 Ⅲ에서 ㉡이 사용되므로 ㉡은 ATP이며, 과정 Ⅲ에서 ㉡과 ㉢이 사용되므로 ㉢은 NADPH, ㉠은 CO_2이다. 따라서 A는 RuBP, B는 3PG, C는 PGAL이다.

✗. A는 RuBP이다.

○. ㉠은 CO_2이며, 과정 Ⅱ에서 RuBP(A)가 3PG(B)로 전환되므로 ⓐ는 '○'이다.

○. Ⅲ에서 소모되는 ATP(㉡)의 분자 수는 Ⅰ에서 소모되는 ATP(㉡)의 분자 수의 2배이다.

08 광합성

탄소 고정 반응에서 CO_2가 투입되어 RuBP와 결합하면 3PG가 만들어지므로 CO_2 농도가 감소하면 RuBP의 농도는 증가하고, 3PG의 농도는 감소한다. 따라서 ㉠은 3PG, ㉡은 RuBP이다.

✗. ㉠은 3PG이다.

○. 3PG(㉠)가 RuBP(㉡)로 전환되는 과정에서 ATP와 NADPH가 모두 사용되므로 ⓐ와 ⓒ가 모두 일어난다.

✗. 1분자당 $\frac{\text{인산기 수}}{\text{탄소 수}}$는 3PG(㉠)가 $\frac{1}{3}$, RuBP(㉡)가 $\frac{2}{5}$이므로 ㉠이 ㉡보다 작다.

09 광합성

빛이 주어지면 엽록체의 틸라코이드 막에서 고에너지 전자가 전자 전달계를 거쳐 이동하는 과정에서 방출된 에너지를 이용해 H^+이 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송된다. 그 결과 틸라코이드 막을 경계로 H^+ 농도 기울기가 형성되며 스트로마의 pH가 높아진다. 따라서 ⓐ는 빛 공급, ⓑ는 빛 차단이다. 빛이 없을 때 명반응 산물인 ATP와 NADPH가 생성되지 않으므로 3PG의 환원과 RuBP의 재생이 진행되지 않고 남아 있는 RuBP는 CO_2와 결합하여 3PG로 전환되므로 3PG의 농도는 높아지고 RuBP의 농도는 낮아진다. 따라서 ㉠은 3PG, ㉡은 RuBP이다.

○. ⓐ는 빛 공급이다.

○. 1분자당 $\frac{\text{탄소 수}}{\text{인산기 수}}$는 3PG(㉠)가 3, RuBP(㉡)가 $\frac{5}{2}$이므로 3PG(㉠)가 RuBP(㉡)보다 크다.

✗. 스트로마에서 $\frac{\text{NADP}^+\text{의 양}}{\text{NADPH의 양}}$은 t_1일 때가 t_2일 때보다 작다.

10 캘빈 회로

A는 RuBP, B는 3PG이며, $^{14}CO_2$를 공급한 후 ㉠이 ㉡보다 먼저 생성되었으므로 ㉠은 3PG, ㉡은 RuBP이다. 따라서 A는 ㉡, B는 ㉠이다.

○. ㉡은 A이다.

✗. RuBP(A)가 3PG(B)로 전환되는 과정 Ⅰ에서 ATP가 사용되지 않는다.

○. 3PG(B)가 PGAL로 전환되는 과정 Ⅱ에서 NADPH가 $NADP^+$로 산화되어 3PG를 환원시킨다.

11 광합성과 세포 호흡

㉠은 H_2O, ㉡은 NADPH, ㉢은 O_2, ㉣은 NADH이다.

✗. H_2O(㉠)은 엽록체의 틸라코이드 막의 광계 Ⅱ에서 광분해된다.

✗. ㉡은 NADPH이다.

○. O_2(㉢)는 미토콘드리아 내막의 전자 전달계에서 최종 전자 수용체로 작용하여 전자 전달계로부터 전달된 전자(e^-)와 수소 이온(H^+)이 결합하여 H_2O이 생성된다.

12 엽록체의 ATP 합성

엽록체에서 H^+ 농도 기울기에 따라 H^+이 틸라코이드 내부에서 스트로마로 ATP 합성 효소를 통해 확산되는 과정에서 ATP가 합성되며, 틸라코이드 내부의 pH와 스트로마의 pH 차이가 클수록 ATP 합성 효소를 통한 H^+의 촉진 확산이 잘 일어난다.

○. 시험관 Ⅲ에서가 시험관 Ⅴ에서보다 ATP 생성량이 많으므로 ㉠은 ㉡보다 작다.

○. 시험관 Ⅲ에서가 시험관 Ⅳ에서보다 ATP 생성량이 많으므로 ㉢은 ㉣보다 크다.

○. (나)의 Ⅲ에서 화학 삼투에 의한 인산화가 일어나 ATP가 생성되었다.

06 유전 물질

수능 2점 테스트

본문 80~84쪽

01 ①	02 ⑤	03 ⑤	04 ①	05 ③	06 ③
07 ②	08 ③	09 ④	10 ③	11 ②	12 ③
13 ⑤	14 ⑤	15 ①	16 ③	17 ④	18 ①
19 ⑤	20 ②				

01 유전체의 구조

(가)는 사람의 유전체, (나)는 대장균의 유전체이며, ㉠은 DNA, ㉡은 히스톤 단백질이다.

✕. ㉠은 DNA이며, 펩타이드 결합이 있는 생명체의 구성 물질은 단백질이다.

㉡. (가)는 사람의 유전체이며, 사람의 유전체는 선형 DNA 여러 개로 구성되어 있다.

✕. (나)는 대장균의 유전체이며, 대장균에는 핵이 없으므로 대장균의 유전체는 핵막으로 둘러싸여 있지 않다.

02 허시와 체이스의 실험

㉠은 ^{32}P, ㉡은 ^{35}S이다.

✕. ㉠(^{32}P)으로 표지된 파지를 대장균에 감염시키고 원심 분리한 시험관의 침전물에서 방사선이 검출되었으므로 ㉠은 ^{32}P이다.

㉡. B에서 방사선이 검출되었으므로 ㉠(^{32}P)으로 표지한 파지의 DNA가 대장균으로 들어간 것이다.

㉢. 허시와 체이스는 이 실험을 통해 DNA가 유전 물질이라는 것을 증명하였다.

03 유전체의 구조

(가)는 사람, (나)는 대장균이다.

✕. 대장균에는 같은 길이의 DNA에 53개의 유전자가 높은 밀도로 배열되어 있으며, 사람에는 같은 길이의 DNA에 2개의 유전자만 있고, 단백질 비암호화 부위인 인트론이 있다. 따라서 (나)는 대장균이다.

㉡. 사람(가)의 DNA에는 인트론이 있다.

㉢. 사람(가)의 DNA는 히스톤 단백질과 결합한다.

04 그리피스의 실험

그리피스는 폐렴을 유발하는 S형 균과 폐렴을 유발하지 않는 R형 균을 이용해 형질 전환 현상을 발견하였다. ㉠은 S형 균, ㉡은 R형 균이다.

✕. 살아 있는 ㉠을 생쥐에 주사하였을 때 생쥐가 죽었으므로 ㉠은 S형 균이다.

㉡. (라)의 생쥐가 죽은 것으로 보아 (라)에서 살아 있는 R형 균(㉡)이 열처리하여 죽은 S형 균(㉠)의 물질로 인해 S형 균(㉠)으로 형질 전환되었다는 것을 알 수 있다.

✕. 이 실험을 통해 죽은 S형 균에 있던 형질 전환 물질이 R형 균 안으로 이동하였고, 그 물질이 유전 물질이라고 결론 내렸으나, 물질의 종류를 알 수는 없었다.

05 에이버리의 실험

에이버리는 그리피스의 실험을 발전시켜 어떤 물질이 형질 전환을 일으키는지 알아보았다. ㉠은 S형 균, ㉡은 R형 균이다.

㉠. ㉠은 S형 균이다.

✕. 에이버리의 실험에서 죽은 S형 균의 추출물에 DNA 분해 효소를 처리한 후 살아 있는 R형 균과 함께 배양한 경우 형질 전환이 일어나지 않았으므로 Ⅰ은 DNA 분해 효소이다.

㉢. ⓐ에는 형질 전환을 일으키는 물질이 있다.

06 DNA 복제

ⓐ는 5′ 말단, ⓑ는 3′ 말단이다.

㉠. 새로 합성된 가닥인 ㉠은 선도 가닥이므로 ⓐ는 5′ 말단이다.

㉡. ㉠은 연속적으로 복제된 가닥이므로 선도 가닥이다.

✕. 지연 가닥은 복제 진행 방향이 주형 가닥의 5′ → 3′ 방향일 때 합성되므로 ㉢이 ㉡보다 먼저 합성되었다.

07 DNA 연구

(가)는 에이버리의 실험, (나)는 허시와 체이스의 실험이다. ㉠은 S형 균, ㉡은 R형 균이다.

✕. (가)는 에이버리의 실험이다.

✕. ㉡(R형 균)은 비병원성 세균이다.

㉢. 에이버리의 실험(가)과 허시와 체이스의 실험(나)은 모두 유전 물질이 DNA임을 증명한 실험이다.

08 이중 가닥 DNA 구조

Ⓐ. DNA는 두 가닥의 폴리뉴클레오타이드가 결합하여 형성된 이중 나선 구조를 이루고 있다.

Ⓑ. DNA의 바깥쪽에는 당과 인산이 교대로 연결된 당－인산 골격이 있고, 안쪽으로는 양 가닥의 염기가 수소 결합으로 연결되어 있다.

✕. DNA 이중 나선이 1회전할 때 10개의 염기쌍이 나타난다.

09 DNA 추출 실험

㉠. 실험은 (가) → (라) → (다) → (나) → (마)의 순서로 진행된다.

✕. ⓐ(에탄올)는 DNA를 침전시키는 역할을 한다.

ㄷ. ⓑ(소금 세제액)는 핵막의 주요 성분인 인지질을 녹여 막을 분해한다. 따라서 상피 세포의 핵막은 ⓑ(소금 세제액)에 의해 분해된다.

10 DNA 중합 효소

DNA 중합 효소는 이미 만들어져 있는 폴리뉴클레오타이드의 3′−OH가 있을 때만 새로운 뉴클레오타이드의 인산기를 결합시킨다.

ㄱ. ㉠은 수산기(−OH)가 있는 3′ 말단이다.

ㄴ. 염기 ⓐ는 아데닌(A)과 상보적이므로 유라실(U)이다.

✗. DNA 중합 효소는 당과 인산 사이의 결합 반응에 관여한다.

11 메셀슨과 스탈의 실험

메셀슨과 스탈은 DNA 염기의 구성 원소 중 하나인 질소(N)의 동위 원소 표지 기술과 초원심 분리 기술을 이용하여 DNA의 반보존적 복제를 확인하였다. ⓐ는 ^{15}N, ⓑ는 ^{14}N이다.

✗. 부모 세대의 DNA를 원심 분리하였을 때 $^{15}N-^{15}N$ DNA띠가 형성되었으므로 ⓐ는 ^{15}N이다.

✗. G_2에서 $^{14}N-^{14}N$ DNA와 $^{14}N-^{15}N$ DNA의 상대량의 비는 1 : 1이다.

ㄷ. 메셀슨과 스탈은 이 실험을 통해 DNA가 반보존적으로 복제됨을 확인하였다.

12 DNA 복제

㉠은 DNA 중합 효소, ㉡은 DNA 연결 효소이고, ⓐ는 3′ 말단, ⓑ는 5′ 말단이다.

ㄱ. ⓐ는 3′ 말단이다.

✗. RNA 프라이머를 합성하는 것은 프라이머 합성 효소이다.

ㄷ. 지연 가닥의 합성에 ㉡(DNA 연결 효소)이 관여하여 불연속적으로 합성된 짧은 가닥들이 연결된다.

13 샤가프의 법칙

㉠은 아데닌(A), ㉡은 타이민(T), ㉢은 사이토신(C), ㉣은 구아닌(G)이다.

✗. DNA를 구성하는 뉴클레오타이드의 당(ⓐ)은 디옥시리보스이고, RNA를 구성하는 뉴클레오타이드의 당은 리보스이다. 따라서 ⓐ는 RNA를 구성하는 뉴클레오타이드의 당과 다르다.

ㄴ. ㉠(아데닌)과 ㉣(구아닌)은 퓨린 계열 염기, ㉡(타이민)과 ㉢(사이토신)은 피리미딘 계열 염기이며, DNA 이중 가닥에서 퓨린 계열 염기(A+G)의 비율과 피리미딘 계열 염기(C+T)의 비율이 같다. 따라서 X에서 $\frac{㉠+㉣}{㉡+㉢}=1$이다.

ㄷ. ㉠은 ㉡과, ㉢은 ㉣과 서로 상보적인 염기이다. 따라서 Ⅰ에서 $\frac{㉠+㉡}{㉢+㉣}$과 Ⅱ에서 $\frac{㉠+㉡}{㉢+㉣}$은 같다.

14 샤가프의 법칙

이중 가닥 DNA에서 상보적인 두 단일 가닥은 아데닌(A)과 타이민(T)의 조성 비율이 서로 같고, 구아닌(G)과 사이토신(C)의 조성 비율이 서로 같다. 따라서 Ⅰ과 Ⅲ, Ⅱ와 Ⅳ가 각각 서로 상보적이다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

구분	염기 개수(개)			
	A	G	C	T
Ⅰ	15	5	㉠(12)	18
Ⅱ	12	?(6)	14	18
Ⅲ	?(18)	12	5	15
Ⅳ	18	㉡(14)	6	?(12)

ㄱ. X에서 염기 간 수소 결합의 총개수는 120개이므로 X에서 A+T 염기쌍의 개수는 30개, G+C 염기쌍의 개수는 20개이다. 따라서 Ⅰ은 DNA Y를 구성하는 단일 가닥이다.

ㄴ. ㉠(12)+㉡(14)=26이다.

ㄷ. Y에서 아데닌(A)의 개수는 33개이고, 구아닌(G)의 개수는 17개이므로 Y에서 퓨린 계열 염기의 개수는 50개이다.

15 DNA 구조

ㄱ. 폴리뉴클레오타이드 가닥에서 인산기가 노출된 한쪽 끝은 5′ 말단, 5탄당의 수산기(−OH)가 노출된 다른 쪽 끝은 3′ 말단이므로 (가)는 3′ 말단이다.

✗. ㉠은 퓨린 계열 염기이며, 상보적인 염기와 수소 결합 2개를 형성하고 있으므로 ㉠은 아데닌(A)이다.

✗. RNA 가닥 Ⅲ의 5′ 말단 염기는 유라실(U)이므로 전사된 DNA 가닥의 3′ 말단 염기는 아데닌(A)이다. 따라서 Ⅲ이 전사된 가닥은 Ⅱ이다.

16 DNA 구조

X에서 $\frac{㉠+㉡}{㉢+㉣}=1$이고, ㉠은 RNA를 구성하지 않으며, ㉡은 피리미딘 계열 염기이므로 ㉠은 타이민(T), ㉡은 사이토신(C)이고, ㉢과 ㉣은 퓨린 계열 염기이다. X에서 $\frac{㉠+㉣}{㉡+㉢}=\frac{3}{2}$이므로 ㉣은 아데닌(A), ㉢은 구아닌(G)이다.

ㄱ. ㉣은 아데닌(A)이다.

ㄴ. Ⅰ에서 피리미딘 계열 염기의 수는 Ⅱ에서 퓨린 계열 염기의 수와 같다. 따라서 Ⅰ에서 ㉠(T)과 ㉡(C)의 개수의 합은 Ⅱ에서 ㉢(G)과 ㉣(A)의 개수의 합과 같다.

✗. X에서 A+T 염기쌍의 개수는 60개, G+C 염기쌍의 개수는 40개이므로 X에서 염기 간 수소 결합의 총개수는 240개이다.

17 DNA 복제

프라이머 X의 염기 서열은 5′−GAUA−3′, 프라이머 Y의 염기 서열은 5′−AAUC−3′이므로 ㉠은 5′ 말단, ㉡은 3′ 말단이다.

5′−AGCTACGATCGATGCATATCAGACTCGATT−3′
3′−TCGATGCTAGCTACGT**AUAG**TCTGAG**CUAA**−5′
X Y

㉠. ㉠은 5′ 말단이다.
✗. 복제 진행 방향이 주형 가닥의 5′ → 3′ 방향일 때 지연 가닥이 합성되며, 불연속적으로 합성되는 각각의 짧은 DNA 가닥은 5′ → 3′ 방향으로 합성되므로 ㉮가 ㉯보다 먼저 합성되었다.
㉢. ㉯에서 퓨린 계열의 염기 수와 피리미딘 계열의 염기 수는 각각 5로 같다.

18 DNA 복제

㉠. 복제 진행 방향이 주형 가닥의 3′ → 5′ 방향일 때 선도 가닥이 5′ → 3′ 방향으로 합성되므로 선도 가닥이 합성되는 방향은 ㉠이다.
✗. Ⅱ를 주형 가닥으로 하여 선도 가닥이 합성된다.
✗. Ⅰ과 Ⅱ는 복제 후 다시 결합하지 않는다.

19 DNA 복제

X와 주형 가닥 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수는 10개이므로 A+T(U) 염기쌍과 C+G 염기쌍이 각각 2개이다. 따라서 단일 가닥 Ⅰ은 ㉯와 ㉰의 주형 가닥이며, 단일 가닥 Ⅱ는 ㉮의 주형 가닥이다. Y와 주형 가닥 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수는 10개이므로 ㉯가 ㉰보다 먼저 합성되었다.

Ⅰ 5′−CGATGATATGATCGATCGTATGCATCGCGA−3′
3′−GCTACTATACT**AGCU**AGCATACGTAG**CGCU**−5′
Y Z

Ⅱ 3′−GCTACTATACTAGCTAGCATACGTAGCGCT−5′
5′−**CGAU**GATATGATCGATCGTATGCATCGCGA−3′
X

㉠. Ⅱ는 ㉮의 주형 가닥이다.
㉡. ㉯가 ㉰보다 먼저 합성되었다.
㉢. ㉰에서 3′ 말단 염기는 아데닌(A)이다.

20 DNA 복제 가설

(가)는 분산적 복제 가설, (나)는 반보존적 복제 가설, (다)는 보존적 복제 가설이다.
✗. (가)는 분산적 복제 가설이다.
㉡. 반보존적 복제 가설(나)은 메셀슨과 스탈에 의해 증명되었다.
✗. (다)는 보존적 복제 가설이며, (다)에서 새로 합성된 DNA는 주형 DNA와 염기 서열이 같다.

수능 3점 테스트 — 본문 85~91쪽

01 ③	02 ⑤	03 ③	04 ⑤	05 ②	06 ⑤
07 ④	08 ④	09 ⑤	10 ④	11 ②	12 ①

01 유전체의 구조

'하나의 DNA에 여러 개의 유전자가 있다.'는 사람과 대장균에서, '유전체가 핵막으로 둘러싸여 있지 않고 세포질에 퍼져 있다.'는 대장균에서, 'DNA가 히스톤 단백질과 결합하여 뉴클레오솜 구조를 형성한다.'와 '유전체가 여러 개의 선형 DNA로 구성되어 있다.'는 사람에서 나타나는 특징이다. 따라서 A는 대장균, B는 사람이다.

㉠. A는 대장균이다.
㉡. ⓐ와 ⓑ는 모두 '○'이다.
✗. A(대장균)의 유전체는 B(사람)의 유전체보다 일정한 길이의 DNA당 유전자의 수가 더 많다.

02 폐렴 쌍구균을 이용한 실험

(다)에서 (나)의 Ⅰ에서 배양한 폐렴 쌍구균을 주사한 생쥐는 모두 죽었으며, (나)의 Ⅱ에서 배양한 폐렴 쌍구균을 주사한 생쥐는 모두 살았으므로 ㉠은 S형 균, ㉡은 R형 균이다.
✗. 살아 있는 ㉠(S형 균)은 폐렴을 유발한다.
㉡. ⓐ는 단백질 분해 효소이다.
㉢. (나)의 Ⅰ에서 배양한 폐렴 쌍구균에 ㉠(S형 균)으로 형질 전환이 일어난 ㉡(R형 균)이 있다.

03 허시와 체이스의 실험

(가)에서 ㉠으로 표지한 경우 침전물과 자손 파지에서 방사선이 검출되었으므로 ㉠은 ^{32}P, ㉡은 ^{35}S이다.
㉠. ㉠은 ^{32}P이다.
㉡. (가)에서 ㉡(^{35}S)으로 표지한 경우 침전물에서 방사선이 검출되지 않았으므로 ⓐ도 '×'이다.
✗. 파지의 단백질은 ^{35}S으로 표지된다.

04 DNA 복제

선도 가닥은 복제 진행 방향이 주형 가닥의 3′ → 5′ 방향일 때 5′ → 3′ 방향으로 합성되며, 지연 가닥은 복제 진행 방향이 주형 가닥의 5′ → 3′ 방향일 때, 불연속적으로 합성되는 각각의 짧은 DNA 가닥이 5′ → 3′ 방향으로 합성된다. 따라서 ㉠은 3′ 말단이다.

✗. ㉠은 3′ 말단이다.
㉡. ⓐ가 ⓑ보다 먼저 합성되었다.
㉢. 선도 가닥이 합성되는 영역은 Ⅱ이다.

05 DNA 복제

Ⅰ은 G_3, Ⅱ는 G_1, Ⅲ은 G_2, Ⅳ는 G_0의 DNA 원심 분리 결과이다.

✗. ⓐ는 6, ⓑ는 2이므로 ⓐ+ⓑ=8이다.

○. Ⅰ은 G_3의 DNA 원심 분리 결과이다.

✗. G_1의 DNA 원심 분리 결과로 보존적 복제 가설이 옳지 않음을 알 수 있다.

06 DNA 구조

㉠은 아데닌(A), ㉡은 유라실(U), ㉢은 구아닌(G), ㉣은 사이토신(C)이며, ⓐ는 사이토신(C), ⓑ는 구아닌(G)이다.

○. ⓐ와 ㉣은 모두 사이토신(C)이다.

○. ㉡(유라실)은 피리미딘 계열의 염기이다.

○. 이중 가닥 DNA에서 구아닌(G)과 사이토신(C)은 상보적으로 결합하므로, 이중 가닥 DNA에서 ㉢(구아닌)과 ㉣(사이토신)의 비율은 같다.

07 DNA 구조

X에서 $\frac{㉠+㉡}{㉢+㉣}=\frac{3}{5}$이므로 ㉠+㉡과 ㉢+㉣은 각각 A+T과 G+C 중 하나이다. 염기 간 수소 결합의 총개수는 190개이고, ㉠은 피리미딘 계열 염기이므로 ㉠은 사이토신(C), ㉡은 구아닌(G)이며, ㉢과 ㉣은 각각 아데닌(A)과 타이민(T) 중 하나이다. Ⅰ에서 ㉠의 개수는 18개이고, Ⅱ에서 퓨린 계열 염기의 개수는 44개이므로 Ⅰ과 Ⅱ에서 각 염기 수를 정리하면 표와 같다.

구분	A	G	C	T
Ⅰ	24	12	18	26
Ⅱ	26	18	12	24

Ⅰ에서 ㉣의 개수는 Ⅱ에서 ㉠의 개수의 2배이므로 ㉢은 타이민(T), ㉣은 아데닌(A)이다.

✗. ㉡은 구아닌(G)이다.

○. Ⅱ에서 사이토신(C)의 개수는 12개, 타이민(T)의 개수는 24개이므로 피리미딘 계열 염기의 개수는 36개이다.

○. X에서 뉴클레오타이드의 총개수는 160개이다.

08 DNA 구조

㉠은 사이토신(C), ㉡은 구아닌(G), ㉢은 아데닌(A), ㉣은 타이민(T)이다. X_1에서 $\frac{\text{퓨린 계열 염기의 수}}{\text{피리미딘 계열 염기의 수}}=\frac{3}{2}$이므로 X_1에서 아데닌(A)과 구아닌(G) 개수의 합은 60, 사이토신(C)과 타이민(T) 개수의 합은 40이다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

구분	염기 수(개)			
	㉠(C)	㉡(G)	㉢(A)	㉣(T)
Ⅰ(X_1)	25	?(24)	36	?(15)
Ⅱ(X_2)	?(24)	ⓐ(25)	?(15)	36
Ⅲ(Y)	24	?(25)	ⓑ(15)	?(0)

✗. Ⅰ은 X_1이다.

○. ⓐ는 25, ⓑ는 15이므로 ⓐ+ⓑ=40이다.

○. X에서 A+T 염기쌍의 개수는 51개이고, G+C 염기쌍의 개수는 49개이므로 염기 간 수소 결합의 총개수는 51×2+49×3=249개이다.

09 DNA 구조

X에서 $\frac{G+C}{A+T}=\frac{2}{3}$이고, 염기 간 수소 결합의 총개수는 240개이므로 X에서 G+C 염기쌍은 40개, A+T 염기쌍은 60개이다. X_1에서 $\frac{A}{T}=\frac{1}{5}$, $\frac{C}{G}=1$이므로, X_1에서 아데닌(A)은 10개, 타이민(T)은 50개, 구아닌(G)과 사이토신(C)은 각각 20개이다. 염기 개수는 X에서가 Y에서의 2배이므로 Y는 100개의 염기로 이루어져 있다. Y_1에서 $\frac{A+G}{C+T}=\frac{3}{7}$이고, 아데닌(A)의 개수는 구아닌(G)의 개수의 2배이며, 타이민(T)의 개수는 구아닌(G)의 개수의 5배이므로 Y_1에서 아데닌(A)과 사이토신(C)은 각각 10개, 구아닌(G)은 5개, 타이민(T)은 25개이다. 이를 바탕으로 X_1과 X_2, Y_1과 Y_2에서 각 염기 수를 정리하면 표와 같다.

구분	A	G	C	T
X_1	10	20	20	50
X_2	50	20	20	10
Y_1	10	5	10	25
Y_2	25	10	5	10

○. X_2에서 아데닌(A)의 개수는 50개, 사이토신(C)의 개수는 20개이므로 아데닌(A)의 개수와 사이토신(C)의 개수의 합은 70이다.

○. Y에서 A+T 염기쌍은 35개, G+C 염기쌍은 15개이므로 염기 간 수소 결합의 총개수는 35×2+15×3=115개이다.

○. X_1에서 구아닌(G)의 개수(20개)는 Y_1에서 사이토신(C)의 개수(10개)의 2배이다.

10 DNA 복제

✗. DNA X의 복제가 60 % 진행되었을 때 DNA Y를 구성하는 염기의 개수가 320개이므로 X를 구성하는 염기의 개수는 $320\times\frac{100}{160}=200$개이다. 따라서 X의 염기쌍 개수는 100개이다.

㉡. ㉠을 구성하는 염기의 개수는 80개이며, ㉡을 구성하는 염기의 개수는 240개이다. ㉠에서 G+C 함량은 40 %이고, ㉡에서 G+C 함량은 60 %이므로 ㉠에서 G+C의 개수는 32개, ㉡에서 G+C의 개수는 144개이다. 따라서 구아닌(G)과 사이토신(C) 개수의 합은 ㉡에서가 ㉠에서보다 112개 많다.

㉢. ㉠에서 G+C 함량은 40 %이고, ㉡에서 G+C 함량은 60 %이므로 X에서 G+C 함량은 $40\times\frac{40}{100}+60\times\frac{60}{100}=52$ %이다. X에서 G+C 염기쌍의 개수는 52개, A+T 염기쌍의 개수는 48개이므로 X에서 염기 간 수소 결합의 총개수는 $52\times3+48\times2=252$개이다.

11 DNA 복제

프라이머 X의 염기 서열은 5′−CGAU−3′인데, X와 Z의 염기 서열은 서로 같으므로 Z의 염기 서열도 5′−CGAU−3′이다. ㉡을 구성하는 염기 수는 ㉢을 구성하는 염기 수의 2배이므로 Y는 ㉡에, Z는 ㉢에 존재한다.

Ⅰ 5′−CTGATCGACGAGCAGCTCGTCGATTGATCG−3′
3′−GACTAGCTGCTCGTCGAGCAGCTAAC**UAGC**−5′
X

Ⅱ 3′−GACTAGCTGCTCGTCGAGCAGCTAACTAGC−5′
5′−**CUGA**TCGACGAGCAGCTCGT**CGAU**TGATCG−3′
Y Z

✗. Z는 ㉢에 존재한다.

✗. ㉢이 ㉡보다 먼저 합성되었다.

㉢. ㉢에서 프라이머를 제외한 나머지 부분의 퓨린 계열 염기의 개수와 피리미딘 계열 염기의 개수는 3개로 같다.

12 DNA 복제

X와 Y에서 유라실(U)의 수는 같으므로 ⓐ는 3′ 말단, ⓑ는 5′ 말단이며 프라이머 X의 염기 서열은 5′−UAGC−3′이다. ㉣에서 아데닌(A)의 개수는 타이민(T)의 개수의 2배이므로 ㉠은 아데닌(A), ㉡은 타이민(T)이다.

Ⅰ 3′−ATCG**A**㉠TAGATGCATGAG**T**㉡CAGTCT−5′
5′−**UAGC**TATCTACGTACTCAGTCAGA−3′
X

Ⅱ 5′−TAGCTATCTACGTACTCAGTCAGA−3′
3′−ATCGATAG**AUGC**ATGAGTCA**GUCU**−5′
Y Z

㉠. ⓐ는 3′ 말단이다.

✗. ㉠은 아데닌(A)이다.

✗. ㉣에서 피리미딘 계열 염기의 수는 6이다.

07 유전자 발현

수능 2점 테스트 — 본문 101~104쪽

01 ③	02 ④	03 ③	04 ①	05 ③	06 ②
07 ③	08 ⑤	09 ④	10 ①	11 ②	12 ⑤
13 ③	14 ④	15 ②	16 ⑤		

01 유전 정보의 중심 원리

㉠은 DNA 복제, ㉡은 전사, ㉢은 번역이다.

㉠. 진핵세포의 핵에는 DNA가 있으며, 핵에서 DNA 복제(㉠)가 일어난다.

✗. DNA 복제(㉠) 과정에는 DNA 중합 효소가 관여하며, 전사(㉡) 과정에는 RNA 중합 효소가 관여한다.

㉢. 번역(㉢) 과정에서 리보솜이 관여한다.

02 1유전자 1효소설

유전자 *a*가 결실된 Ⅰ은 효소 A를 합성하지 못하고, 유전자 *a*와 *b*가 결실된 Ⅱ는 효소 A와 B를 모두 합성하지 못하며, 유전자 *c*가 결실된 Ⅲ은 효소 C를 합성하지 못한다.

✗. Ⅲ은 결실된 유전자가 *c*인데, ㉠이 첨가된 최소 배지에서 생장을 못하였으므로 ㉠은 아르지닌이 아니다. Ⅱ는 결실된 유전자가 *a*와 *b*인데 ㉠이 첨가된 최소 배지에서 생장을 못하였으므로 ㉠은 시트룰린이 아니다. 따라서 ㉠은 오르니틴이다.

㉡. Ⅰ은 *b*와 *c*가 모두 정상이므로 효소 B와 C를 모두 합성한다. 따라서 오르니틴(㉠)이 첨가된 최소 배지에서 Ⅰ은 아르지닌을 합성하여 생장한다.

㉢. Ⅲ은 *c*만 결실되었으므로 *a*와 *b*가 모두 발현된다.

03 DNA 복제와 전사의 비교

(가)는 DNA 이중 가닥 각각을 주형 가닥으로 해서 새로운 폴리뉴클레오타이드 가닥이 합성되고 있으므로 DNA 복제 과정이고, (나)는 DNA 이중 가닥 중 하나의 가닥만 주형 가닥으로 하여 새로운 폴리뉴클레오타이드 가닥이 합성되고 있으므로 전사 과정이다.

㉠. (가)는 DNA 복제 과정이다.

㉡. ㉠과 ㉡은 지연 가닥을 이루며, 복제 분기점에서 먼 ㉠이 복제 분기점으로부터 가까운 ㉡보다 먼저 합성되었다.

✗. 전사 과정에서는 프라이머가 사용되지 않는다. 따라서 ㉢에는 프라이머가 없다.

04 전사

(가)는 DNA이고, (나)는 RNA이다.

㉠. DNA(가)를 구성하는 당은 디옥시리보스이고, RNA(나)를 구성하는 당은 리보스이다.

✗. 합성된 RNA(나)의 염기 서열은 전사가 일어나는 영역에서 전사 주형 가닥인 Ⅱ와 상보적이다.

✗. 전사 과정에서 RNA는 5′ → 3′ 방향으로 신장된다. 따라서 ㉠은 5′ 말단이다.

05 유전부호

Ⓐ. 단백질을 구성하는 아미노산의 종류는 20가지이고, mRNA를 구성하는 염기의 종류는 A, C, G, U 4가지이므로 연속된 3개의 염기 조합으로 나올 수 있는 코돈의 개수는 64개이다. 따라서 하나의 아미노산을 암호화하는 코돈은 1가지 이상 존재한다.

Ⓑ. 종결 코돈 UAA, UAG, UGA는 지정하는 아미노산이 없다.

✗. 유전부호는 64종류이며, 이 가운데 61종류는 각각 특정 아미노산을 지정하고, 나머지 3종류는 아미노산을 지정하지 않는 종결 코돈이다.

06 유전자가 발현되는 과정

A는 rRNA, B는 mRNA, C는 tRNA이다.

✗. A는 rRNA로 리보솜을 구성한다. 단백질 ㉠의 아미노산 서열을 암호화한 염기 서열은 mRNA(B)에 있다.

㉡. 과정 Ⅰ은 리보솜, mRNA, tRNA가 모두 관여하여 단백질이 합성되는 과정이다. 이 과정에서 mRNA는 리보솜 소단위체와 먼저 결합하고, 이후 개시 tRNA, 리보솜 대단위체의 순서로 결합한다.

✗. C는 tRNA이다.

07 mRNA와 tRNA

mRNA에는 합성해야 할 폴리펩타이드의 유전 정보가 있으며, tRNA는 폴리펩타이드 합성에 필요한 아미노산을 운반한다.

㉠. tRNA의 3′ 말단에는 운반하는 아미노산이 결합되어 있다. 따라서 ⓐ에 아미노산이 있다.

✗. mRNA에서 연속된 염기 3개로 이루어진 유전부호를 코돈(㉡)이라 하며, 이러한 코돈과 상보적으로 결합할 수 있는 tRNA의 염기 3개가 안티코돈(㉠)이다.

㉢. mRNA의 코돈(㉡)과 tRNA의 안티코돈(㉠)이 상보적으로 결합할 때 코돈과 안티코돈의 염기 사이에는 수소 결합이 형성된다.

08 폴리펩타이드 합성

폴리펩타이드가 합성되는 과정에서 DNA 이중 가닥 중 한 가닥을 주형으로 전사가 이루어져 주형 가닥의 염기 서열과 상보적인 염기 서열을 갖는 mRNA가 생성된다.

㉠. 아르지닌을 지정하는 코돈이 CGG이므로 mRNA는 Ⅰ을 주형 가닥으로 합성되어 Ⅰ과 상보적인 염기 서열을 갖는다. 따라서 ⓐ는 U(유라실)이다.

㉡. 아르지닌을 지정하는 코돈이 CGG이므로 ㉠은 5′ 말단이고, ㉡은 3′ 말단이다. 폴리펩타이드가 합성될 때 mRNA가 번역되는 방향은 5′ 말단(㉠) → 3′ 말단(㉡)이다.

㉢. mRNA와 DNA 주형 가닥의 염기 서열은 상보적이므로 mRNA의 전사 주형 가닥은 Ⅰ이다.

09 폴리펩타이드 합성 과정

㉠은 리보솜 소단위체, ㉡은 리보솜 대단위체이고, ㉮는 P 자리이다.

✗. 폴리펩타이드 합성 과정에서 mRNA는 리보솜 대단위체(㉡)보다 리보솜 소단위체(㉠)와 먼저 결합한다.

㉡. 개시 tRNA는 안티코돈으로 5′−CAU−3′을 가지며, 아미노산으로 메싸이오닌을 운반한다.

㉢. 개시 tRNA는 리보솜 대단위체(㉡)의 P 자리에 위치한다.

10 유전부호의 해독

인공 mRNA의 5′ 말단 첫 번째 염기로부터 번역이 시작된다면 아미노산을 암호화하는 코돈은 순서대로 CUU, CUU, UCU이고, 5′ 말단 두 번째 염기부터 번역이 시작된다면 아미노산을 암호화하는 코돈은 UUC, UUU, CUU이며, 5′ 말단 세 번째 염기부터 번역이 시작된다면 아미노산을 암호화하는 코돈은 UCU, UUC, UUC이다. 폴리펩타이드 Ⅰ과 Ⅲ을 각각 구성하는 아미노산 중 공통으로 하나 존재하는 아미노산이 ㉠이므로 이를 암호화하는 코돈은 5′ 말단 첫 번째 염기로부터 번역이 시작되는 경우와 5′ 말단 세 번째 염기로부터 번역이 시작되는 경우 공통으로 존재하는 UCU이다. 조건에서 코돈 UUC와 UUU는 동일한 아미노산을 암호화한다고 하였으므로 UUC와 UUU는 ㉡을, CUU는 ㉢을 암호화한다.

㉠. 5′ 말단의 첫 번째 염기부터 번역에 이용되어 합성된 폴리펩타이드는 Ⅲ, 두 번째 염기부터 번역에 이용되어 합성된 폴리펩타이드는 Ⅱ, 세 번째 염기부터 번역에 이용되어 합성된 폴리펩타이드는 Ⅰ이다.

✗. 코돈 UCU는 아미노산 ㉠, UUC는 ㉡, CUU는 ㉢을 암호화한다.

✗. 코돈 UUC는 ㉡을 암호화하므로 UUC에 상보적인 안티코돈(5′−GAA−3′)을 가진 tRNA는 ㉡을 운반한다. 따라서 ㉡을 운반하는 tRNA의 안티코돈에서 3′ 말단 첫 번째 염기는 아데닌(A)이다.

11 유전자 발현 과정

㉠은 5′ 말단이고, ㉡은 3′ 말단이다.

✗. 리보솜의 P 자리에 위치한 tRNA의 가장 마지막 아미노산과 A 자리에 위치한 tRNA의 아미노산 ⓑ는 펩타이드 결합을 한다.

✕. 번역은 mRNA의 5′ 말단에서 3′ 말단 방향으로 이루어진다. 따라서 리보솜은 ㉠에서 ㉡ 방향으로 이동하며 번역이 일어난다.
㉢. 효소 (가)는 DNA 이중 가닥 중 주형 가닥 하나와 상보적인 mRNA를 합성하고 있으므로 (가)는 RNA 중합 효소이다.

12 번역

tRNA의 안티코돈과 mRNA의 코돈은 염기 서열이 서로 상보적이다.
㉠. ⓐ를 운반하는 tRNA의 안티코돈이 5′−CCA−3′이므로 이 안티코돈과 상보적인 코돈 UGG는 ⓐ를 지정한다.
㉡. ⓐ와 ⓑ 사이에 펩타이드 결합이 형성될 때 ⓐ를 운반한 Ⅱ는 리보솜 대단위체의 P 자리에, ⓑ를 운반한 Ⅲ은 A 자리에 위치한다.
㉢. 종결 코돈은 지정하는 아미노산이 없고, X는 4개의 아미노산으로 이루어져 있으므로 X를 암호화하는 mRNA에는 모두 5개의 코돈이 있다.

13 유전자 발현 과정

그림에서 전사와 번역이 동시에 이루어지고 있으므로 원핵생물인 대장균에서의 유전자 발현 과정을 나타낸 것이다.
㉠. 원핵생물인 대장균은 핵이 없고, 전사 후 가공 과정이 일어나지 않으므로 세포질에서 전사와 번역이 동시에 이루어진다. 따라서 P는 대장균이다.
✕. RNA 중합 효소는 DNA의 프로모터에 결합하여 전사를 진행한다. mRNA의 길이는 ㉡에서 ㉠으로 갈수록 길므로 x의 프로모터는 ㉡에 있다.
㉢. ⓐ에서 합성된 폴리펩타이드의 길이가 ⓑ에서 합성된 폴리펩타이드보다 길므로 ⓐ가 ⓑ보다 먼저 결합하였다.

14 유전자 발현

제시된 DNA 가닥이 전사된다면 합성된 RNA의 염기 서열은 다음과 같다.
5′−ACGUCAGUUACUAUUAGAACGCAUGG−3′
이 가닥에는 개시 코돈은 있지만 종결 코돈이 없으므로 조건에 부합하지 않는다. 제시된 DNA 가닥의 상보적 가닥이 전사된다면 합성된 RNA의 염기 서열은 다음과 같다.
5′−CCAUGCGUUCUAAUAGUAACUGACGU−3′
이 mRNA에는 개시 코돈 AUG와 종결 코돈 UGA가 있으므로 조건에 부합한다.
✕. 자료로 제시된 가닥으로부터 전사된 RNA에는 종결 코돈이 없으므로 전사 주형 가닥이 아니다.
㉡. x로부터 전사된 mRNA에는 종결 코돈을 포함하여 7개의 코돈이 있으므로 X는 6개의 아미노산으로 이루어져 있다. 따라서 X에는 펩타이드 결합이 5개 있다.
㉢. X를 합성하는 과정에서 사용된 종결 코돈은 UGA이다.

15 유전자 발현

진핵세포의 유전자 발현 과정에서 처음 만들어진 RNA로부터 인트론(ⓐ)이 제거되고 엑손만 결합하여 성숙한 mRNA를 형성한다.
✕. 전사 과정에서 RNA 중합 효소가 결합하는 DNA 부위가 프로모터이므로 성숙한 mRNA에는 프로모터가 없다.
㉡. 처음 만들어진 RNA로부터 인트론이 제거되고 엑손만 결합하여 성숙한 mRNA가 형성되는 RNA 가공 과정은 핵에서 일어난다.
✕. 처음 만들어진 RNA로부터 잘려나가는 부위(ⓐ)는 인트론이고, 남아 있는 부위는 엑손이다.

16 번역

㉠이 U이고, ㉡이 A이면 인공 mRNA의 염기 서열은 5′−UUAAAUUAAAUUAAAUUAAA⋯−3′이 된다. 이 경우 Ⅰ의 아스파라진을 암호화한 코돈은 AAA, 아이소류신을 암호화한 코돈은 AAU가 되므로 '코돈 AAU는 아스파라진을 암호화한다.'는 조건에 어긋난다.
㉠이 A이고, ㉡이 U이면 인공 mRNA의 염기 서열은 5′−AAUUUAAUUUAAUUUAAUUU⋯−3′이 된다. 이 경우 4개의 아미노산으로 이루어진 폴리펩타이드, 3개의 아미노산으로 이루어진 폴리펩타이드, 2개의 아미노산으로 이루어진 폴리펩타이드가 합성되므로 조건에 부합한다.
㉠. ㉠은 A(아데닌)이고, ㉡은 U(유라실)이다.
㉡. 5′−AAUUU−3′이 반복되는 mRNA로부터 합성되는 폴리펩타이드 Ⅰ은 코돈이 UUU−AAU−UUA−AUU이고, Ⅱ는 코돈이 AAU−UUA−AUU이며, Ⅲ은 UUA−AUU이다. 따라서 (가)는 아스파라진이다.
㉢. 코돈 UUU(㉡㉡㉡)는 페닐알라닌, AAU(㉠㉠㉡)는 아스파라진, UUA(㉡㉡㉠)는 류신, AUU(㉠㉡㉡)는 아이소류신을 암호화한다.

수능 3점 테스트 — 본문 105~111쪽

01 ①	02 ①	03 ⑤	04 ①	05 ③	06 ④
07 ②	08 ④	09 ⑤	10 ③	11 ②	12 ④

01 1유전자 1효소설

돌연변이주 Ⅰ은 ㉠이 포함된 최소 배지에서 ㉠과 ㉡을 합성하지만 생장하지는 못하였으므로 ㉠과 ㉡은 아르지닌이 아니다.
돌연변이주 Ⅱ는 ㉠이 포함된 최소 배지에서는 ㉡과 ㉢을 합성하고 생장하였으므로 ㉢이 아르지닌이며, ㉠은 시트룰린이다. 나머지 ㉡은 오르니틴이다.

Ⅰ은 시트룰린(㉠)이 포함된 최소 배지에서 오르니틴(㉡)과 시트룰린(㉠)을 합성하므로 c에 돌연변이가 일어난 것이다.
Ⅱ는 최소 배지에서 오르니틴(㉡)을 합성하고, 시트룰린(㉠)이 포함된 배지에서 아르지닌(㉢)을 합성하므로 b에 돌연변이가 일어난 것이다.
Ⅲ은 나머지 a에서 돌연변이가 일어난 것이다.
㉠. Ⅲ은 시트룰린(㉠)이 포함된 배지에서 아르지닌(㉢)을 합성하므로 생장한다. 따라서 ⓐ는 '○'이다.
✕. ㉠은 시트룰린, ㉡은 오르니틴, ㉢은 아르지닌이다.
✕. Ⅰ은 c에, Ⅱ는 b에, Ⅲ은 a에 돌연변이가 일어난 것이다.

02 유전 정보의 중심 원리

A는 DNA 복제, B는 전사, C는 번역이다.
㉠. Ⅰ에서 1개의 이중 가닥이 2개의 이중 가닥으로 복제되므로 Ⅰ은 DNA 복제(A)에서 일어난다.
✕. ㉠은 DNA 중합 효소이고, ㉢은 RNA 중합 효소이다. DNA 복제 과정에서 DNA 중합 효소는 프라이머를 필요로 하지만, 전사 과정에서 RNA 중합 효소는 프라이머를 필요로 하지 않는다.
✕. ㉡은 리보솜이고, ㉢은 RNA 중합 효소이다.

03 전사 후 가공

주형 가닥 DNA(㉠)와 처음 만들어진 RNA(㉡)는 서로 상보적인 염기 서열로 이루어져 있고, 처음 만들어진 RNA(㉡)에서 인트론(A)이 제거된 것이 성숙한 mRNA(㉢)이다.
✕. B는 상보적 염기쌍을 형성하지 못하고, B를 제외한 나머지 부분은 상보적 염기쌍을 형성하고 있으므로 (나)는 주형 가닥 DNA(㉠)와 성숙한 mRNA(㉢)를 결합시킨 결과이다. 이때 그림에서 상보적인 결합을 하지 못한 부위가 있는 가닥이 주형 가닥 DNA(㉠)이고, 상보적인 결합을 하지 못한 부위가 없는 가닥이 성숙한 mRNA(㉢)이다.
㉡. B는 성숙한 mRNA와 상보적 염기쌍을 형성하지 못하고 있으므로 성숙한 mRNA에는 없는 부위이다. B는 주형 가닥 DNA에서 인트론에 해당하는 부분이다. 따라서 A와 B의 염기 서열은 서로 상보적이다.
㉢. 성숙한 mRNA로부터 폴리펩타이드가 합성되는 과정 Ⅰ은 번역으로 리보솜과 tRNA가 모두 필요하다.

04 유전부호 해독

㉠이 G(구아닌)이고, ㉡이 C(사이토신)이면 Ⅱ의 염기 서열은 5′－GCGGCGGCGGCG…－3′이다. Ⅱ가 번역될 경우 합성된 폴리펩타이드는 알라닌으로만 된 것, 아르지닌으로만 된 것, 글리신으로만 된 것이 생성된다. 그런데 합성된 폴리펩타이드 중에는 글리신으로만 된 것은 없고 대신에 프롤린으로만 된 것이 있으므로 ㉠은 C이고, ㉡은 G이다.
㉠. ㉠은 C, ㉡은 G이다.
✕. Ⅳ의 염기 서열은 5′－CCGGCCGGCCGGCCGG…－3′이다. Ⅳ가 번역되어 합성된 폴리펩타이드는 프롤린－알라닌(ⓐ)－글리신(ⓑ)－아르지닌(ⓒ)이 반복되는 것이다.
✕. Ⅱ의 염기 서열은 5′－CGCCGC…－3′이고, Ⅱ로부터 알라닌으로만 된 폴리펩타이드가 합성될 때 알라닌을 암호화하는 코돈은 GCC이다.
Ⅲ의 염기 서열은 5′－GCGGCG…－3′이고, Ⅲ으로부터 알라닌으로만 된 폴리펩타이드가 합성될 때 알라닌을 암호화하는 코돈은 GCG이다. 따라서 Ⅱ와 Ⅲ에서 알라닌을 암호화하는 코돈은 서로 다르다.

05 염기 조성

염기 중 유라실(U)은 DNA에는 없고, RNA에만 있다. DNA 가닥인 Ⅰ은 염기 ㉠, ㉡, ㉣을 가지며, Ⅱ는 ㉡, ㉤을 가지므로 유라실(U)은 ㉢이다.
문제의 조건에서 Ⅰ과 Ⅱ 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수는 255개라고 하였으므로 A＝T 쌍의 수를 x라고 하고, C≡G 쌍의 수를 y라고 하면 다음의 2개의 방정식을 만들 수 있다.
$x+y=100$ … ①
$2x+3y=255$ …②
이 방정식을 풀면 $x=45$, $y=55$이다.
따라서 Ⅰ에서 ㉠과 ㉣의 염기 수의 합이 55이므로 ㉠과 ㉣은 각각 사이토신(C)과 구아닌(G) 중 하나이고, 나머지 ㉡과 ㉤은 각각 아데닌(A)과 타이민(T) 중 하나이다.
RNA인 Ⅲ은 Ⅰ과 Ⅱ 중 하나와 A, C, G의 염기 수가 동일해야 하고, Ⅲ의 U의 염기 수는 Ⅰ과 Ⅱ 중 하나에 있는 T의 수와 동일해야 하므로 ㉡은 T이고, ㉤은 A이다.
이를 바탕으로 표 (가)를 완성하면 다음과 같다.

구분	염기 수					
	㉠ (C 또는 G)	㉡(T)	㉢(U)	㉣ (G 또는 C)	㉤(A)	계
Ⅰ	38	21	ⓐ(0)	17	?(24)	100
Ⅱ	ⓑ(17)	24	?(0)	?(38)	21	100
Ⅲ	17	?(0)	24	38	ⓒ(21)	100

㉠. RNA의 U과 전사 주형 가닥의 A의 염기 수는 같으므로 Ⅲ은 Ⅰ을 주형으로 전사되었다.
✕. ㉡은 T, ㉢은 U, ㉤은 A이고, ㉠과 ㉣은 각각 C과 G 중 하나이다.
㉢. ⓐ는 0, ⓑ는 17, ⓒ는 21이므로 ⓐ＋ⓑ＋ⓒ＝0＋17＋21＝38이다.

06 폴리펩타이드 합성

아스파라진을 암호화하는 코돈은 AAC, AAU이므로 X의 두 번째 아미노산이 아스파라진이 되려면 ㉠은 Ⅰ이어야 하고, ㉠~

㉢ 중 하나에서 1개의 염기가 결실됨으로써 X보다 짧은 폴리펩타이드 Y가 합성되려면 ㉡은 Ⅲ이어야 한다. 나머지 ㉢은 Ⅱ이다.
따라서 mRNA x를 완성하면 다음과 같다.

㉠(Ⅰ) ㉡(Ⅲ) ㉢(Ⅱ)
5′−CGAUGAAUCAAGUUAAUUGGAAACAAAUCAGUUAAUG−3′

✕. ㉠은 Ⅰ, ㉡은 Ⅲ, ㉢은 Ⅱ이다.
◯. ⓐ는 Ⅲ에서 5′ 말단의 첫 번째 또는 두 번째 염기인 G이다.
◯. ㉮는 5이다. 이때 종결 코돈은 UGA이다.

07 폴리펩타이드 합성

mRNA의 번역은 5′ 말단에서 3′ 말단 방향으로 이루어진다. 리보솜 대단위체의 A 자리에 있던 tRNA는 번역이 진행됨에 따라 P 자리로 자리를 옮기므로 그림에서 리보솜은 ⓑ에서 ⓐ 방향으로 이동한다. 따라서 ⓐ는 3′ 말단이고, ⓑ는 5′ 말단이다.
✕. ⓐ는 3′ 말단, ⓑ는 5′ 말단이다.
✕. ㉠을 운반하는 tRNA의 안티코돈은 5′−GCU−3′이다. 따라서 코돈은 AGC이며, DNA 3염기 조합은 5′−GCT−3′이다.
◯. 개시 코돈은 메싸이오닌이라는 아미노산을 암호화하므로 리보솜으로부터 합성되는 모든 폴리펩타이드의 첫 번째 아미노산은 메싸이오닌이다.

08 mRNA 가공

3′−TGCTACGTCAGGCATTTGTCCAACTAGGATTGATC−5′으로부터 전사되어 처음 만들어진 RNA의 염기 서열은 5′−ACGAUGCAGUCCGUAAACAGGUUGAUCCUAACUAG−3′이다.
X는 5개의 아미노산으로 이루어져 있으며, 1번째와 2번째 아미노산이 메싸이오닌−히스티딘이고, 5번째 아미노산이 알라닌이므로 mRNA의 염기 서열은 5′−…AUGCAU(또는 C)…GCA(또는 C, G, U 중 하나)+종결 코돈…3′이어야 한다. 인트론 ⓐ와 ⓑ는 모두 $\frac{\text{피리미딘 계열 염기의 수}}{\text{퓨린 계열 염기의 수}}$>1이라 하였으므로 1번째 인트론은 5′−GUC−3′이거나 5′−GUCCG−3′이다.
그런데 5번째 아미노산으로 코돈의 1번째 염기가 구아닌(G)인 알라닌이 오기 위해서는 1번째 인트론은 5′−GUCCG−3′이어야 한다. 그리고 5번째 아미노산으로 알라닌이 나오고, 그 다음 종결 코돈이 오려면 2번째 인트론은 5′−UUGAU−3′이어야 한다.
따라서 성숙한 mRNA의 염기 서열은 다음과 같다.

5′−ACG**AUG** CAU AAA CAG GCC **UAA**CUAG−3′

✕. X의 아미노산 서열은 메싸이오닌−히스티딘−라이신(가)−글루타민(나)−알라닌이다.
◯. ⓐ와 ⓑ는 각각 5′−GUCCG−3′과 5′−UUGAU−3′ 중 하나이다. 따라서 ⓐ와 ⓑ에서 유라실(U)의 개수의 합은 4이다.
◯. X가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 UAA이다.

09 폴리펩타이드 합성

주어진 DNA가 전사 주형 가닥이라면 이 가닥으로부터 합성된 mRNA는 5′−GCUUAG**AUG** UUG **UGA**GUC AAUGGUUUCAUAAAC−3′이다.
이 mRNA가 번역되면 아미노산 2개로 이루어진 폴리펩타이드가 합성되므로 조건에 부합하지 않는다.
주어진 가닥의 상보적 가닥이 전사 주형 가닥이라면 이 가닥으로부터 합성된 mRNA는 5′−GUUU**AUG** AAA CCA UUG ACU CAC AAC AUC **UAA**GC−3′이다. 이 mRNA가 번역되면 8개의 아미노산으로 이루어진 폴리펩타이드 X가 합성된다.
◯. x의 mRNA에서 1개의 염기가 결실되었을 때 8개보다 적은 수의 아미노산으로 이루어진 폴리펩타이드가 합성되는 경우는 2번째와 3번째 코돈 중 하나의 염기가 결실되거나 4번째 코돈 중 유라실(U) 1개가 결실되는 경우이다. 이때 4번째 코돈이 종결 코돈 UGA가 되어 3개의 아미노산으로 이루어진 폴리펩타이드 Y가 합성된다. 따라서 ㉠은 3이다.
◯. x의 mRNA에서 6개의 아미노산으로 이루어진 폴리펩타이드가 합성되려면 7번째 코돈에 종결 코돈이 와야 한다. 따라서 6번째 코돈 다음 첫 염기로 유라실(U)이 삽입되어야 한다. mRNA에서 유라실(U)이 삽입되려면 x의 전사 주형 가닥에는 아데닌(A)이 삽입되어야 한다. 그러므로 ⓐ는 아데닌(A)이다.
◯. X와 Z가 합성될 때 종결 코돈은 모두 UAA이다.

10 폴리펩타이드 합성

전사 주형 가닥이 전사되어 생성된 mRNA의 염기 서열은 다음과 같다.

5′−AUCU**AUG** GGC AGU AUA ACU UAU GAA **UGA**CGU−3′

이 mRNA로부터 합성된 폴리펩타이드 X의 아미노산 서열은 메싸이오닌−글리신−세린−아이소류신−트레오닌−타이로신−글루탐산이다.
◯. 폴리펩타이드 Y는 x에서 염기 1개가 결실된 y가 발현되어 생성되었으며, 3개의 아미노산(발린, 알라닌, 메싸이오닌)으로 이루어져 있다고 하였다. 위의 mRNA에서 2번째 코돈은 글리신을 지정하는 코돈(GGC)이다. 반면에 알라닌을 지정하는 코돈은 GCA, GCC, GCG, GCU이고, 발린을 지정하는 코돈은 GUA, GUC, GUG, GUU이다. 따라서 Y가 합성되려면 x로부터 전사된 mRNA에서 개시 코돈의 3번째 염기 또는 2번째 코돈의 1번째 염기나 2번째 염기인 구아닌(G)이 결실되어야 한다. mRNA에서 구아닌(G)은 DNA의 전사 주형 가닥에서의 사이토신(C)과 상보적이므로 ㉠은 사이토신(C)이다.
◯. Y가 합성될 때 종결 코돈은 UAA이다. Z는 6개의 아미노산으로 이루어진 폴리펩타이드인데, 아미노산의 종류는 5가지이므로, 한 종류의 아미노산이 중복됨을 알 수 있다. z는 x에 1개의 염기가 삽입된 돌연변이로 Z는 6개의 아미노산으로 이루어져 있다고 하였으므로 7번째 코돈은 종결 코돈이 와야 한다. 따라서 Z

를 구성하는 아미노산의 서열은 AUG(메싸이오닌)－GGC(글리신)－**AG(?)**－UAU(타이로신)－AAC(아스파라진)－UUA(류신)이다.
세 번째 코돈은 Z를 구성하는 5종류의 아미노산 중 하나를 암호화할 수 있는 AUG(메싸이오닌)이다.
✕. X를 구성하는 아미노산에는 발린과 알라닌이 없으므로 X와 Y를 구성하는 아미노산 중 서로 공통된 아미노산은 메싸이오닌뿐이다.

11 폴리펩타이드 합성

㉡과 ㉣은 모두 퓨린 계열 염기이므로 ㉡과 ㉣은 각각 A과 G 중 하나이다.
주어진 가닥이 전사 주형 가닥이라면 이 가닥에서 개시 코돈에 해당하는 DNA 3염기 조합은 5′－㉠○㉢－3′이거나 5′－㉢○㉠－3′이어야 하며, 이때 '○'은 ㉠이나 ㉢이 아니다. 제시된 가닥에서 위의 조건을 만족하는 부분이 없으므로 제시된 가닥은 전사 주형 가닥의 상보적 가닥이며, 이 가닥의 염기 서열에서 타이민(T)을 유라실(U)로 바꾸면 mRNA와 동일한 염기 서열이 된다.
✕. X는 9개의 아미노산으로 이루어져 있으므로 열 번째 코돈에는 종결 코돈이 있어야 하며, 문제에 제시된 가닥의 염기 서열에서 종결 코돈에 해당되는 부분은 5′－○㉡㉡－3′, 5′－○㉣㉣－3′, 5′－○㉡㉣－3′, 5′－○㉣㉡－3′ 중 하나이어야 한다. 이때 '○'은 ㉡이나 ㉣이 아니다. 제시된 가닥의 염기 서열에서 종결 코돈에 해당하는 DNA 염기 서열은 5′－㉠㉡㉡－3′이다. 따라서 ㉠은 타이민(T), ㉡은 아데닌(A)이다. ㉣은 퓨린 계열 염기 중 아데닌(A)을 제외한 나머지 구아닌(G)이고, ㉢은 나머지 사이토신(C)이다.
㉡. ㉠은 T, ㉡은 A, ㉣은 G, ㉢은 C이므로 x의 mRNA 염기 서열은 다음과 같다.

5′－GUCG**AUG** CCA GUU ⓐ~~**AGU GG**~~GA UUG ACC AAG GUU **UAA**GCACG－3′

x의 mRNA에서 종결 코돈은 UAA이다. x로부터 연속된 4개의 염기(퓨린 계열 염기의 수≠피리미딘 계열 염기의 수)가 결실되어 4개의 아미노산으로 이루어진 Y가 합성되고, Y의 4번째 아미노산이 아스파트산이 되기 위해서는 AGUG(취소선 표시한 것)가 결실되어야 하며, 이때 y의 mRNA에서 종결 코돈은 UGA이다. 그러므로 X가 합성될 때와 Y가 합성될 때 종결 코돈의 염기 서열은 서로 다르다.
✕. mRNA에서 결실된 4개의 염기가 5′－AGUG－3′이므로 x의 전사 주형 가닥에서 결실된 4개의 염기는 3′－TCAC－5′이다. 따라서 ⓐ에서 퓨린 계열 염기의 수는 1이다.

12 폴리펩타이드 합성

X의 아미노산 서열로부터 x의 mRNA 염기 서열을 추론해보면 5′－메싸이오닌(AUG)－페닐알라닌(UUU, UUC)－글리신(GGU, GGC, GGA, GGG)－아르지닌(CGU, CGC, CGA, CGG, AGA, AGG)－글루탐산(GAA, GAG)－타이로신(UAU, UAC)－글루탐산(GAA, GAG)－류신(UUA, UUG, CUU, CUC, CUA, CUG)－알라닌(GCU, GCC, GCA, GCG)이다.
Y의 아미노산 서열로부터 y의 mRNA 염기 서열을 추론해보면 5′－메싸이오닌(AUG)－페닐알라닌(UUU, UUC)－아스파트산(GAU, GAC)－트레오닌(ACU, ACC, ACA, ACG)－세린(AGU, AGC, UCU, UCC, UCA, UCG)이다.
Y의 아미노산 서열은 X의 3번째 아미노산부터 바뀌고, 아스파트산의 코돈은 GAU 또는 GAC이기 때문에 mRNA에서 결실된 7개의 염기는 3번째 코돈의 2번째 염기부터 5번째 코돈의 2번째 염기까지이고, X의 5번째 아미노산인 글루탐산(ⓐ)을 암호화하는 코돈은 GAA이다.
Y의 4번째 아미노산은 트레오닌이며, 트레오닌을 암호화하는 코돈은 1번째와 2번째 염기가 각각 A, C이므로 X의 타이로신을 암호화하는 코돈은 UAC이다.
X의 7번째 아미노산인 글루탐산(ⓑ)을 암호화하는 코돈은 GAA 또는 GAG이어야 하는데 Y의 5번째 아미노산이 세린이므로 GAG이다.
Y의 5번째 아미노산인 세린을 암호화하는 코돈 다음에 종결 코돈이 있어야 하므로 X의 류신을 암호화하는 코돈은 UUA와 CUA 중 하나이다.
X의 알라닌을 암호화하는 코돈의 1번째 염기가 구아닌(G)이므로 Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 UAG이다.
X의 2번째 아미노산은 페닐알라닌이지만 Z의 2번째 아미노산은 세린으로 X와 다르므로 x의 mRNA에서 2번째 코돈의 1번째 염기와 2번째 염기 사이에 사이토신(C)이 삽입된 것은 z의 mRNA이다.
Z의 3번째 아미노산은 코돈이 UGG인 트립토판, 4번째 아미노산은 코돈의 1번째 염기가 사이토신(C)인 프롤린이므로 X의 2번째 아미노산을 암호화하는 코돈은 UUU, 3번째 아미노산을 암호화하는 코돈은 GGC이다.
그리고 z의 mRNA에서 5번째 코돈은 종결 코돈이어야 하므로 X의 4번째 아미노산인 아르지닌을 암호화하는 코돈은 CGU이다.
✕. z의 mRNA는 x의 mRNA에서 2번째 코돈의 1번째와 2번째 염기 사이에 사이토신(C)이 삽입된 것이므로 x의 DNA 이중 가닥 중 전사 주형 가닥에는 구아닌(G)이 삽입된 것이다.
㉡. X의 5번째 아미노산인 글루탐산(ⓐ)을 암호화하는 코돈은 GAA이고, X의 7번째 아미노산인 글루탐산(ⓑ)을 암호화하는 코돈은 GAG이다.
㉢. Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 UAG이다.

08 유전자 발현의 조절

수능 2점 테스트

본문 121~124쪽

01 ②	02 ⑤	03 ①	04 ③	05 ③	06 ③
07 ④	08 ③	09 ①	10 ①	11 ④	12 ①
13 ③	14 ④	15 ④	16 ④		

01 젖당 오페론

✗. 젖당 오페론에 포함된 구조 유전자는 하나의 프로모터에 의해 한꺼번에 조절된다.

Ⓑ. 야생형 대장균에 젖당이 유입되면 젖당(젖당 유도체)은 억제 단백질과 결합하고 이로 인해 억제 단백질이 작동 부위에 결합하지 못한다. 이로 인해 구조 유전자의 전사와 번역이 일어나 젖당 분해 효소가 합성된다.

✗. 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자는 젖당 오페론에 포함되지 않는다.

02 젖당 오페론

㉠은 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자, ㉡은 젖당 오페론의 작동 부위, ㉢은 젖당 오페론의 구조 유전자이다.

㉠. ㉠은 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자이다. 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자는 억제 단백질을 암호화한다.

㉡. 젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질은 작동 부위에 결합할 수 있다.

㉢. 구조 유전자에는 젖당 분해 효소의 아미노산 서열이 암호화되어 있다.

03 젖당 오페론과 돌연변이

㉠. 젖당 오페론의 프로모터에 RNA 중합 효소가 결합하지 못하면 젖당 분해 효소가 합성되지 않는다.

✗. 결실은 젖당 오페론에서 일어났고, B에서 작동 부위에 젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질이 결합하지 못하므로 B에서 결실은 작동 부위에서 일어났다. 따라서 B에서 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자의 발현이 일어난다.

✗. A에서는 젖당 오페론 구조 유전자의 발현이 일어나지 않고 B에서는 젖당 오페론 구조 유전자의 발현이 일어나므로 경과된 시간이 t일 때 개체 수는 A가 B보다 적다.

04 세포 분화

수정란에서 서로 다른 구조와 기능을 갖는 여러 종류의 세포가 만들어지는 것은 세포마다 발현되는 유전자의 종류나 양이 다르기 때문이다.

㉠. 진핵세포에서 특정 유전자의 발현이 일어나기 위해서는 유전자의 발현에 관여하는 전사 인자가 있어야 한다.

㉡. 하나의 수정란으로부터 만들어진 세포 A~C는 모두 같은 유전체를 갖는다. 따라서 A~C에는 각각 알부민 유전자, 인슐린 유전자, 펩신 유전자가 모두 있다.

✗. 사람과 같은 진핵생물에서는 유전자마다 프로모터가 따로 있으므로 인슐린 유전자와 펩신 유전자는 하나의 프로모터로 발현이 조절되지 않는다.

05 젖당 오페론

대장균은 젖당과 포도당이 모두 있을 때 포도당을 먼저 에너지원으로 이용하고 포도당이 모두 고갈되면 젖당을 이용한다.

✗. 포도당과 젖당이 있는 배지에서는 대장균의 수가 증가하므로 대장균 수는 C이다.

✗. 대장균은 젖당과 포도당이 함께 있을 때 포도당을 먼저 이용하므로 A는 젖당이고, B는 포도당이다. 따라서 배지 내 포도당 농도는 배양 후 2시간이 지났을 때가 4시간이 지났을 때보다 높다.

㉢. 배양 후 2시간이 지났을 때는 젖당의 농도가 감소하지 않고, 배양 후 6시간이 지났을 때는 젖당의 농도가 감소하므로 대장균에서 단위 시간당 분해되는 젖당의 양은 배양 후 6시간이 지났을 때가 배양 후 2시간이 지났을 때보다 많다.

06 전사 개시 복합체

✗. A 결합 부위는 전사 인자가 결합하는 부위로 유전자가 아니다. 따라서 A의 아미노산 서열에 대한 유전 정보는 A 결합 부위에 암호화되어 있지 않다.

✗. 사람은 진핵생물이며, X에 연결된 유전자는 x만 있으므로 X와 x는 하나의 오페론을 구성하지 않는다.

㉢. 프로모터에 결합하여 전사를 수행하는 B는 RNA 중합 효소이다.

07 젖당 오페론

㉠. ㉠이 발현되면 젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질이 합성되므로 ㉠은 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자이다.

㉡. ㉠~㉢ 중 작동 부위와 가장 가까이 위치하는 ㉡은 젖당 오페론의 프로모터이다. 젖당 오페론의 프로모터에는 RNA 중합 효소가 결합한다.

✗. ㉢은 젖당 오페론의 구조 유전자이다. 젖당 오페론의 구조 유전자에는 젖당 대사와 관련된 단백질의 아미노산 서열이 암호화되어 있고 ⓐ의 아미노산 서열은 ㉠에 암호화되어 있다.

08 젖당 오페론과 돌연변이

㉠. 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실되면 젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질이 만들어지지 않으므로 구조 유전자가 전사된다. 젖당 오페론의 프로모터가 결실되면 RNA 중합 효소

가 프로모터에 결합하지 못하므로 구조 유전자의 전사가 일어나지 않는다. 따라서 X는 젖당 오페론의 프로모터가 결실되었다.
㉡. 야생형 대장균에서는 젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질이 항상 생성된다.
✗. 구조 유전자로부터 전사된 mRNA가 번역되면 젖당 분해 효소와 같이 젖당 이용에 필요한 단백질이 합성된다. 따라서 구간 Ⅱ에서 젖당 분해 효소는 X에서가 야생형 대장균에서보다 적다.

09 진핵생물의 유전자 발현

㉠. 처음 만들어진 RNA에서 성숙한 mRNA가 될 때 처음 만들어진 RNA에서 떨어져나와 번역에 이용되지 않는 ⓐ는 인트론이다.
✗. 사람은 진핵생물이므로 RNA가 만들어지는 Ⅱ는 핵에서 일어난다.
✗. 염색질이 탈응축되는 Ⅰ이 일어나면 다양한 전사 인자의 결합이 가능해지고 이로 인해 전사 개시 복합체의 형성과 전사가 가능해진다. 따라서 Ⅰ이 일어나면 단위 시간당 합성되는 X의 양은 증가한다.

10 근육 세포의 분화

㉠. 마이오디 단백질(MyoD)은 유전자 x의 전사를 조절하는 전사 인자이다.
✗. 사람의 각 세포에는 동일한 유전체가 있으므로 모든 유전자가 있다. 따라서 간세포에도 마이오디 유전자($MyoD$)가 있다.
✗. 근육 세포 분화에서 핵심 조절 유전자는 마이오디 유전자($MyoD$)이다.

11 세포 분화

㉠. 야생형 (가)에는 ㉠~㉢이 모두 있으므로 x~z가 모두 있다. 따라서 ㉢에도 x가 있다.
㉡. Z는 특정 유전자의 전사 조절에 관여하는 전사 인자이다.
✗. x가 결실되면 X가 합성되지 못하므로 ㉡이 형성되지 못한다.

12 혹스 유전자

㉠. 혹스 유전자가 발현되어 합성된 혹스 단백질은 다른 유전자의 발현 조절에 관여하는 전사 인자이다.
✗. 혹스 유전자가 염색체에 배열된 순서와 몸에서 발현되는 순서가 일치하고, $AbdB$가 배에서 발현되었으므로 $AbdA$는 머리 체절에서 발현되지 않는다.
✗. 머리에 있는 세포에는 모든 혹스 유전자가 있다.

13 꽃 구조 분화

㉠. 꽃 구조 분화에 관여하는 핵심 조절 유전자 a, b, c는 각 구조의 분화에 필요한 특정 유전자의 발현 조절에 관여한다.
✗. a가 결실된 개체에서는 a가 발현되던 부위에서 c가 발현되므로 암술과 수술로만 이루어진 꽃이 형성된다.
㉢. c가 결실된 개체에서는 c가 발현되던 부위에서 a가 발현되므로 꽃잎과 꽃받침만으로 이루어진 꽃이 형성된다.

14 초파리의 혹스 유전자

✗. 정상 Ubx를 가진 초파리에서는 평균곤이 형성되고, 돌연변이 Ubx를 가진 초파리에서는 평균곤 대신 정상 날개가 형성되므로 Ubx는 뒷날개 형성을 억제하는 유전자이다.
㉡. 초파리의 날개는 가슴에 달려 있으므로 야생형 초파리에서 Ubx는 가슴 체절에서 발현된다.
㉢. 혹스 유전자인 Ubx가 발현되어 만들어지는 단백질은 다른 유전자의 발현에 관여하는 전사 인자로 작용한다.

15 전사 개시 복합체

✗. a와 b 중 프로모터로부터 더 먼 위치에 있는 부위는 a이고, ㉠과 ㉡ 중 프로모터로부터 더 먼 위치에 있는 부위는 ㉡이므로 ㉠은 b이다.
㉡. 전사 인자 결합 부위에 결합하는 A와 B는 C와 복합체를 형성하여 x의 전사를 촉진하므로 전사 인자이다.
㉢. 사람의 간세포에서 발현되는 x에는 단백질로 번역되는 유전 정보를 담고 있는 엑손이 있다.

16 젖당 오페론

㉠. 구조 유전자로부터 전사된 mRNA가 리보솜에서 번역이 일어나면 젖당 분해 효소가 합성된다. 따라서 먼저 농도가 증가하는 B가 구조 유전자로부터 전사된 mRNA이고, 나중에 농도가 증가하는 A가 젖당 분해 효소이다.
㉡. 젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질은 젖당(젖당 유도체)과 결합하면 작동 부위에 결합하지 못한다. 따라서 젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질이 작동 부위에 결합한 대장균의 비율은 젖당을 추가하기 전인 t_1일 때가 젖당을 추가한 이후인 t_2일 때보다 높다.
✗. 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자의 전사는 항상 일어나므로 t_3일 때도 일어난다.

수능 3점 테스트

본문 125~133쪽

01 ④	02 ③	03 ③	04 ①	05 ⑤	06 ⑤
07 ⑤	08 ③	09 ①	10 ①	11 ①	12 ④
13 ③	14 ⑤	15 ⑤	16 ⑤		

01 젖당 오페론

㉠은 젖당 오페론의 구조 유전자, ㉡은 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자이다.

㉠. 포도당은 없고 젖당이 있는 배지에서 대장균의 수가 증가하지 못하는 A는 ㉠이 결실되었다.

㉡. 야생형 대장균에서 ㉡의 전사는 항상 일어나므로 구간 Ⅰ에서도 ㉡의 전사가 일어난다.

✗. 두 배지에는 같은 양의 젖당이 있었고, 야생형 대장균은 젖당을 에너지원으로 이용하였으나 A는 이용하지 않았다. 따라서 Ⅱ에서 배지 내 젖당의 양은 야생형 대장균을 넣은 배지에서가 A를 넣은 배지에서보다 적다.

02 젖당 오페론과 돌연변이 대장균

젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질을 구성하는 아미노산의 수와 종류에 따라 억제 단백질의 구조가 변하며, 이러한 구조 변화로 인해 기능이 변할 수 있다.

✗. 젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질은 구조 유전자가 아닌 작동 부위에 결합한다.

✗. 젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질의 220번째 아미노산이 A와 B에서 서로 다르므로 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자의 염기 서열은 A와 B가 다르다.

㉢. A의 젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질은 젖당과 결합을 하지만 B의 젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질은 젖당과 결합하지 않는다. 따라서 젖당 배지에서 배양하였을 때 젖당 분해 효소의 농도는 A에서가 B에서보다 높으므로 ㉠은 A이다.

03 인슐린 유전자 발현 조절

혈당량이 상승하였을 때 인슐린 유전자의 발현과 인슐린 단백질의 분비가 모두 촉진된다.

㉠. 이자를 구성하는 세포는 모두 동일한 유전체를 가진다. 따라서 *pdx1* 유전자는 α세포와 β세포에 모두 있다.

㉡. PDX1 단백질이 인슐린 유전자의 프로모터에 결합하여 RNA 중합 효소의 결합을 촉진하므로 ⓑ는 전사 인자이다.

✗. 인슐린 유전자가 포함된 염색질 부위가 탈응축되면 인슐린 유전자의 발현에 관여하는 전사 인자가 프로모터에 결합한다.

04 젖당 오페론과 돌연변이 대장균

젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자에 돌연변이가 일어나 야생형 대장균의 억제 단백질과 입체 구조가 다른 억제 단백질이 만들어지거나 억제 단백질이 만들어지지 않으면 특정 배지에서 젖당 분해 효소의 합성 여부가 야생형 대장균과 달라질 수 있다.

㉠. 야생형 대장균을 ㉠에서 배양하였을 때 젖당 분해 효소를 합성하고, ㉡에서 배양하였을 때 젖당 분해 효소를 합성하지 않으므로 ㉠은 포도당은 없고 젖당이 있는 배지이고, ㉡은 포도당과 젖당이 없는 배지이다.

✗. B를 ㉠에서 배양하였을 때 젖당 분해 효소가 생성되었으므로 B의 억제 단백질은 젖당(젖당 유도체)과 결합한다.

✗. C는 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실되었으므로 억제 단백질이 생성되지 않는다. 따라서 C를 ㉡에서 배양하였을 때 젖당 분해 효소가 생성된다.

05 심장 세포의 분화

세포나 기관의 분화에서 가장 핵심적인 역할을 하며 다른 유전자의 발현을 조절하는 유전자를 핵심 조절 유전자라고 한다.

㉠. *NKX2-5*는 심장 세포의 분화와 기능에 중요한 역할을 수행하며 다른 유전자의 발현을 조절하는 핵심 조절 유전자이다.

㉡. NKX2-5와 GATA4는 모두 다른 유전자의 전사 개시 복합체에 결합해 유전자의 발현을 조절하는 전사 인자이다.

㉢. *GATA4*는 모든 세포에 있으므로 간세포에도 있다.

06 젖당 오페론과 돌연변이 대장균

젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질과 젖당(젖당 유도체)이 결합하지 못하는 B는 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 대장균이며 ㉡은 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자이다. 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합이 일어나는 A는 구조 유전자가 결실된 대장균이며 ㉠은 구조 유전자이다. C는 프로모터가 결실된 대장균이며 ㉢은 프로모터이다.

㉠. 젖당 오페론의 구조 유전자에는 젖당 분해 효소의 아미노산 서열이 암호화되어 있다.

㉡. 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 B에서는 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합이 일어난다. 따라서 ⓐ는 '○'이다.

㉢. C는 젖당 오페론의 프로모터만 결실되었으므로 포도당이 있는 배지에서 배양하면 배양 후의 개체 수가 배양 전의 개체 수보다 많다.

07 진핵세포에서의 전사 조절

㉠. Ⅰ에서 y가 발현되려면 B와 C에 ㉡과 ㉢이 각각 결합해야 한다. Ⅰ에서 ㉢을 암호화하는 x가 발현되었으므로 A에 ㉠이 결합하였다. 따라서 Ⅰ에는 ㉠이 있다.

㉡. x~z는 모든 세포에 있으므로 Ⅱ에도 x와 y가 있다.

㉢. P에 ㉠, ㉡, ㉣을 주입하면 A에 ㉠이 결합하여 x가 발현되고, D에 ㉣이 결합하여 z가 발현된다. ㉡이 B에 결합하고, x의 발현 산물인 ㉢이 C에 결합하면 y가 발현된다. y와 z가 모두 발현되므로 P는 Ⅲ으로 분화된다.

08 멜라닌 세포 분화

㉠. MITF는 *TRY*와 *TYRR1*의 프로모터에 결합해 각 유전자의 발현에 관여하는 전사 인자이다.

✗. TRY는 타이로신이 멜라닌으로 전환되는 여러 단계의 반응

중 첫 단계를 촉진하므로 TRY 농도가 증가하면 타이로신이 멜라닌으로 전환되는 과정이 촉진된다.
㉢. *MITF*는 모든 세포에 있으므로 뼈세포에도 있다.

09 진핵세포에서 유전자 발현 과정

㉠. 유전자 영역 외부에 있는 ㉠은 전사 인자 결합 부위이고, 성숙한 mRNA가 만들어지는 과정에서 제거되는 ㉢은 인트론이다. 성숙한 mRNA에 포함되어 번역에 이용되는 ㉡은 엑손이다.
✗. 처음 만들어진 RNA에서 성숙한 mRNA가 되는 과정은 핵에서 일어난다.
✗. A는 전사가 일어나지 않으므로 전사 인자 결합 부위인 ㉠에서 결실이 일어났다.

10 진핵세포에서 전사 조절

㉠. Ⅰ에서 (가)가 발현되었으므로 ㉠과 D에 결합하는 전사 인자가 합성된다. 이 전사 인자는 (다)의 전사 인자 결합 부위에도 결합하므로 Ⅰ에서 (다)가 전사된다. 따라서 ⓐ는 (다)이다.
✗. Ⅰ에서 (가)와 (다)가 전사되었으므로 Ⅰ에서는 ㉠과 D에 결합하는 전사 인자가 합성된다. Ⅱ에서 (나)와 (다)가 전사되었으므로 Ⅱ에서는 ㉡과 D에 결합하는 전사 인자가 합성되며, C에 결합하는 전사 인자는 합성될 수도 있고, 합성되지 않을 수도 있다. Ⅲ에서 (라)가 전사되었으므로 ㉠과 C에 결합하는 전사 인자가 합성되었다. Ⅰ~Ⅲ 중 ㉢이 합성된 세포의 수는 ㉣이 합성된 세포의 수보다 크므로 ㉢은 D에, ㉣은 C에 결합하는 전사 인자이고, Ⅱ에서 C에 결합하는 전사 인자인 ㉣은 합성되지 않았다.
✗. ㉠은 A에, ㉡은 B에, ㉢은 D에 결합하므로 이 동물의 세포에서 ㉠~㉣ 중 ㉠, ㉡, ㉢이 합성되면 (라)의 전사는 일어나지 않는다.

11 초파리와 생쥐의 눈 분화

㉠. X와 Y는 모두 다른 유전자의 프로모터에 결합해 유전자 발현 조절에 관여하는 전사 인자이다.
✗. 초파리의 눈 발달에 영향을 주는 x는 모든 세포에 있으므로 초파리의 배아에서 가슴 형성 부위를 이루는 세포에도 x가 있다.
✗. 초파리의 배아에 인위적인 조작으로 다리 형성 부위에 y를 발현시키면 성체 초파리의 다리에 겹눈 구조가 형성되므로 Y도 X와 같이 초파리 눈 발달에 필요한 여러 유전자의 프로모터에 결합한다.

12 애기장대의 꽃 구조 분화

㉠. 애기장대를 이루는 모든 세포에는 a~c가 모두 있다.
✗. c가 결실된 돌연변이 애기장대에서는 c가 발현되는 부위에 a가 발현된다. 따라서 c가 결실된 돌연변이 애기장대의 Ⅲ에서는 꽃잎이 형성된다.
㉢. b가 결실된 돌연변이 애기장대는 꽃잎과 수술이 형성되지 못해 암술과 꽃받침으로만 이루어진 꽃이 형성된다.

13 젖당 오페론과 돌연변이

㉠. ㉠은 젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질을 암호화하는 조절 유전자이고, ㉡은 젖당 오페론의 프로모터이다.
㉡. B는 젖당 배지에서 생장하지 못하므로 구조 유전자의 발현이 되지 않는다. 따라서 B는 ㉡이 결실된 대장균이다.
✗. 구간 Ⅰ에서 배지에 남은 젖당의 양은 젖당을 에너지원으로 이용한 A를 배양한 배지에서가 젖당을 에너지원으로 이용하지 못한 B를 배양한 배지에서보다 적다.

14 진핵세포에서의 전사 조절

㉠. Ⅲ에서 ㉡과 ㉢을 제거하였을 때 x의 전사가 일어나므로 ㉠과 ㉣ 중 하나에 결합하는 전사 인자가 합성된다. Ⅲ에서 ㉠과 ㉣을 제거하였을 때 x의 전사가 일어나므로 ㉡과 ㉢ 중 하나에 결합하는 전사 인자가 합성된다. 따라서 Ⅲ에는 A와 B가 모두 있다.
㉡. Ⅱ에서 ㉡과 ㉢을 제거하였을 때 x의 전사가 일어났으므로 Ⅱ에는 ㉠과 ㉣ 중 하나에 결합하는 전사 인자가 있다. Ⅱ에서 ㉠과 ㉡을 제거하였을 때 x의 전사가 일어나지 않았으므로 A는 ㉠에 결합하는 전사 인자이다. Ⅲ에서 ㉠과 ㉣을 제거하였을 때 x가 전사되므로 B는 ㉢에 결합하는 전사 인자이다.
㉢. Ⅰ에 A가 있으면 ㉡과 ㉢을 제거하였을 때 Ⅰ에서 x가 전사되어야 하는데 전사되지 않았으므로 Ⅰ에는 A가 없다. Ⅰ에 B가 있으면 ㉠과 ㉣을 제거하였을 때 Ⅰ에서 x가 전사되어야 하는데 전사되지 않았으므로 Ⅰ에는 B가 없다. 따라서 ⓐ는 '×'이다. Ⅱ에 B가 있으면 ㉠과 ㉣을 제거하였을 때 Ⅱ에서 x가 전사되어야 하는데 전사되지 않았으므로 Ⅱ에는 B가 없다. Ⅱ에는 ㉠에 결합하는 A만 있으므로 ㉠이 제거되었을 때 x의 전사가 일어나지 않는다. 따라서 ⓑ도 '×'이다.

15 진핵세포에서의 전사 조절

제거된 부위가 없는 Ⅱ에서 (나)가 발현되었으므로 Ⅱ에서 w~z 중 발현된 유전자의 수는 3 또는 4이다. 제거된 부위가 없는 Ⅰ에서 w~z 중 발현된 유전자의 수와 제거된 부위가 없는 Ⅱ에서 w~z 중 발현된 유전자의 수는 같으므로 이 수가 4라면 Ⅰ과 Ⅱ의 결과가 같아야 하는데 다르므로 w~z 중 발현된 유전자의 수는 Ⅰ과 Ⅱ에서 각각 3이다.
✗. 제거된 부위가 없는 Ⅰ에서 (다)가 발현되었으므로 Ⅰ에서는 A에 결합하는 전사 인자와 D에 결합하는 전사 인자가 합성된다. 따라서 제거된 부위가 없는 Ⅰ에서 A에 전사 인자가 결합하므로 (가)의 전사가 일어나며 ⓐ는 '○'이다. Ⅰ에서 C에 결합하는 전사 인자가 있으면 w~z 중 어떤 하나를 제거하더라도 (가)의 전사는 항상 일어난다. Ⅰ에서 x가 제거되었을 때만 (가)의 전사가 일어나지 않으므로 Ⅰ에는 C에 결합하는 전사 인자가 없으며 X는 A

에 결합한다. Ⅱ에서 x가 제거되면 A에 결합하는 전사 인자가 합성되지 못하므로 x가 제거된 Ⅱ에서 (다)는 전사되지 않는다. 따라서 ⓑ는 '×'이다.

㉡. Ⅱ에서 w를 제거하였을 때 (가)의 전사가 일어나지 않으므로 W는 C에 결합하는 전사 인자이다. y가 제거된 Ⅰ에서 (다)의 전사가 일어났으므로 Y는 B에 결합하는 전사 인자이고, Z는 D에 결합하는 전사 인자이다.

㉢. Ⅰ에서는 C에 결합하는 전사 인자인 W가 합성되지 않고, Ⅱ에서는 A에 결합하는 전사 인자인 X가 합성되지 않는다. 따라서 Ⅰ과 Ⅱ에서 w~z 중 공통으로 발현되는 유전자는 y와 z이다.

16 진핵세포에서의 전사 조절

㉠. w의 전사가 일어나는 세포에서는 x~z 중 최소 하나는 함께 전사가 일어난다. x의 전사가 일어나는 세포에서는 w와 z의 전사가 함께 일어나며, y의 전사가 일어나는 세포에서도 w의 전사가 함께 일어난다. Ⅲ에서 (다)만 발현되었으므로 (다)는 z이며 Ⅲ에서는 b와 c 중 하나가 발현되었다. Ⅰ에서 (다)가 전사되지 않았으므로 Ⅰ에는 b와 c가 모두 발현되지 않았다. Ⅰ에서 a와 d 중 하나만 발현되었다면 Ⅰ에서 (가)~(라)는 모두 전사될 수 없으므로 Ⅰ에서 a와 d가 모두 발현되었으며, (가)와 (나)는 각각 w와 y 중 하나이다. x의 전사가 일어나는 세포에서는 w와 z가 함께 전사되고, y의 전사가 일어나는 세포에서는 w의 전사가 일어난다. 따라서 x~z 중 z만 전사되지 않거나 w만 전사되지 않는 상황은 불가능하다. Ⅳ에서 (가)~(라) 중 (가)만 전사되지 않았으므로 (가)는 y이고, (나)는 w이며, Ⅳ에서는 a와 c가 발현되었다.

㉡. Ⅱ에서 x의 전사가 일어났으므로 z의 전사도 일어나며, ⓐ는 '○'이다.

㉢. Ⅰ과 Ⅱ에서 a~d 중 공통으로 발현되는 유전자가 1가지이고, Ⅰ과 Ⅱ에서 모두 a가 발현되었으므로 Ⅰ에서 발현된 d는 Ⅱ에서 발현되지 않는다. 따라서 Ⅱ에서 발현되는 유전자는 a, b, c이며, Ⅳ에서 a와 c가 발현되므로 Ⅱ와 Ⅳ에서 공통으로 발현되는 유전자는 2가지이다.

09 생명의 기원

수능 2점 테스트 — 본문 141~143쪽

01 ②	02 ①	03 ⑤	04 ④	05 ⑤	06 ①
07 ④	08 ①	09 ②	10 ③	11 ②	12 ③

01 화학적 진화설

A는 복잡한 유기물, B는 유기물 복합체이다.

✕. 뉴클레오타이드는 간단한 유기물의 예이다.

✕. B는 유기물 복합체이다.

㉢. 폭스는 아미노산으로부터 아미노산 중합체를 합성하는 실험을 통해 간단한 유기물로부터 복잡한 유기물(A)이 합성되는 과정(㉠)을 증명하였다.

02 원시 생명체의 탄생 가설

㉠은 화학적 진화설, ㉡은 심해 열수구설이다.

㉠. 화학적 진화설(㉠)에 따르면 원시 대기에는 메테인(CH_4), 암모니아(NH_3), 수증기(H_2O), 수소(H_2) 등 환원성 기체가 있었다. 메테인(CH_4)은 원시 대기의 환원성 기체(ⓐ)에 해당한다.

✕. ㉡은 심해 열수구설이다.

✕. 화학적 진화설(㉠)과 심해 열수구설(㉡) 모두에서 유기물 합성에는 에너지가 필요하다.

03 밀러와 유리의 실험

U자관 내에서 농도가 감소하는 ㉠은 암모니아이고, 농도가 증가하는 ㉡은 아미노산이다.

㉠. 혼합 기체에는 암모니아(㉠)가 포함된다.

㉡. 아미노산(㉡)은 단백질의 기본 단위이다.

㉢. 전기 방전은 물질 합성에 필요한 에너지를 공급한다.

04 폭스의 실험

폭스는 아미노산 용액에 높은 열을 가해 아미노산 중합체를 만든 후 이것을 물에 넣어 서서히 식혀 작은 액체 방울 형태의 유기물 복합체인 마이크로스피어를 만들었다.

✕. 자기 복제에 필요한 유전 물질은 원시 생명체 단계에서 나타났다. 아미노산 중합체(ⓐ)는 유전 물질을 갖지 않는다.

㉡. 폭스가 만든 작은 액체 방울 형태의 유기물 복합체(ⓑ)는 마이크로스피어이다.

㉢. 아미노산 중합체(ⓐ)와 마이크로스피어(ⓑ)의 구성 원소에 모두 탄소(C)가 포함된다.

05 유기물 복합체

오파린이 원시 생명체의 기원이라고 주장한 (가)는 코아세르베이트이고, 물속에서 인지질이 뭉쳐 만들어지는 (나)는 리포솜이다. ㉠은 친수성 부분, ㉡은 소수성 부분이다.

㉠. 코아세르베이트(가)는 일정 크기 이상이 되면 분열할 수 있다.

㉡. ㉠은 친수성 부분이다.

㉢. 코아세르베이트(가)와 리포솜(나)에서 모두 막을 통해 물질 이동이 일어난다.

06 리보자임

특징 ㉠~㉢ 중 DNA는 '뉴클레오타이드로 구성된다.' 1개를 가지고, 단백질은 '펩타이드 결합이 있다.', '촉매 기능을 할 수 있다.' 2개를 가지며, 리보자임은 '촉매 기능을 할 수 있다.', '뉴클레오타이드로 구성된다.' 2개를 가진다. ⓐ와 ⓑ는 모두 '×'이고, B는 DNA이며, ㉡은 '뉴클레오타이드로 구성된다.'이다. '뉴클레오타이드로 구성된다.(㉡)'를 가지는 A는 리보자임이고, C는 단백질이다. 단백질(C)만 가지는 ㉢은 '펩타이드 결합이 있다.'이고, ㉠은 '촉매 기능을 할 수 있다.'이다.

㉠. ⓐ와 ⓑ는 모두 '×'이다.

✗. ㉡은 '뉴클레오타이드로 구성된다.'이다.

✗. 리보자임(A)을 구성하는 당은 리보스이다.

07 RNA 우선 가설

(가)는 RNA에 기반을 둔 생명체, (나)는 DNA에 기반을 둔 생명체이다. ㉠은 DNA, ㉡은 RNA, ㉢은 단백질이다. RNA에 기반을 둔 생명체(가)에서 유전 정보 저장 기능과 효소 기능은 모두 RNA(㉡)가 담당한다.

✗. RNA에 기반을 둔 생명체(가)에서 단백질(㉢)은 유전 정보 저장 기능을 담당하지 않는다.

㉡. (나)는 DNA에 기반을 둔 생명체이다.

㉢. DNA(㉠)는 RNA(㉡)보다 화학적으로 안정한 구조를 갖는다.

08 원시 생명체의 진화

A는 최초의 원핵생물, B는 최초의 광합성 세균, C는 최초의 산소 호흡 세균이다.

㉠. 최초의 원핵생물(A)은 유전 물질을 갖는다.

✗. B는 최초의 광합성 세균이다.

✗. 최초의 산소 호흡 세균(C)은 종속 영양 생물이므로 빛에너지를 화학 에너지로 전환하지 않는다.

09 원시 생명체의 진화

A~C 중 A가 가장 나중에 출현하였으므로 A는 최초의 산소 호흡 세균이고, C는 독립 영양 생물이므로 최초의 광합성 세균이며, B는 최초의 무산소 호흡 종속 영양 생물이다. 최초의 무산소 호흡 종속 영양 생물(B)의 무산소 호흡 결과 대기 중 CO_2는 증가하였고, 바닷속 유기물의 양은 감소하였으므로 ㉠은 '증가', ㉡은 '감소'이다.

✗. 최초의 단세포 진핵생물은 최초의 산소 호흡 세균(A)보다 나중에 출현하였다.

㉡. ㉡은 '감소'이다.

✗. 최초의 광합성 세균(C)은 원핵생물이므로 핵막을 갖지 않는다.

10 세포내 공생설

㉠은 산소 호흡 세균, ㉡은 미토콘드리아, ㉢은 광합성 세균, ㉣은 엽록체이다.

㉠. 산소 호흡 세균(㉠)이 유기물을 분해하는 과정에서 CO_2가 생성된다.

✗. 광합성 세균(㉢)은 원핵생물이므로 막으로 둘러싸인 세포 소기관을 갖지 않는다.

㉢. 미토콘드리아(㉡)와 엽록체(㉣)에서 모두 화학 삼투에 의한 인산화가 일어난다.

11 다세포 진핵생물의 출현

편모를 갖는 ㉠은 이동성 세포, ㉡은 영양 세포이다.

✗. ㉠은 이동성 세포이다.

㉡. 영양 세포(㉡)의 세포질에서 단백질 합성이 일어난다.

✗. 단세포 진핵생물이 모여 군체를 이룬 후, 세포의 형태와 기능이 분화되어 다세포 진핵생물로 진화하였으므로 다세포 진핵생물을 구성하는 모든 세포는 형태와 기능이 같지 않다.

12 육상 생물의 출현

Ⓐ. 대기 중 산소 농도가 증가하면서 오존층이 형성되었다.

Ⓑ. 오존층이 자외선을 상당 부분 차단하여 생물이 육상으로 진출할 수 있었다.

✗. 최초의 진핵생물 출현 이후에 생물이 육상으로 진출하였다.

수능 3점 테스트

본문 144~147쪽

01 ④ 02 ④ 03 ⑤ 04 ③ 05 ⑤ 06 ③
07 ① 08 ②

01 화학적 진화설

A는 간단한 유기물, B는 복잡한 유기물이다.

✗. (가)의 방전관은 번개가 발생하는 원시 대기를 재현한 것이다.

㉡. 간단한 유기물(A)로부터 복잡한 유기물(B)이 합성되는 과정

은 흡열 반응이므로 그 과정에 에너지 공급이 필요하다.
ㄷ. 밀러와 유리는 (가)를 통해 무기물로부터 간단한 유기물(A)이 합성되는 과정(Ⅰ)을 증명하였다.

02 유기물 복합체

특징 ㉠~㉢ 중 리포솜은 '선택적 투과성을 갖는다.', '탄소 화합물로 구성된 막을 갖는다.' 2개를 가지고, 마이크로스피어는 '선택적 투과성을 갖는다.', '탄소 화합물로 구성된 막을 갖는다.', '폭스가 아미노산에 높은 열을 가하고 물에 넣어 만들었다.' 3개를 가지며, 코아세르베이트는 '선택적 투과성을 갖는다.' 1개를 가진다. ⓐ는 '○'이고, A는 마이크로스피어이며, ㉡은 '선택적 투과성을 갖는다.'이다. B는 리포솜이고, C는 코아세르베이트이며, ⓑ는 '×'이다. ㉠은 '폭스가 아미노산에 높은 열을 가하고 물에 넣어 만들었다.'이고, ㉢은 '탄소 화합물로 구성된 막을 갖는다.'이다.
ㄱ. ⓐ는 '○'이고, ⓑ는 '×'이다.
ㄴ. ㉢은 '탄소 화합물로 구성된 막을 갖는다.'이다.
ㄷ. A~C 중 현재 존재하는 세포의 세포막과 가장 유사한 막 구조를 갖는 것은 리포솜(B)이다.

03 막의 중요성

ㄱ. 바닷물의 물질 조성과 해조류 세포 내부의 물질 조성이 서로 다른 것(㉠)은 세포막을 통해 물질이 선택적으로 이동하기 때문이다.
ㄴ. 세포막은 세포 내부를 외부 환경으로부터 분리시키므로 해조류 세포 내부에서 일어나는 물질대사(㉢)는 바닷물에서 일어나는 화학 반응(㉡)보다 효율적으로 일어난다.
ㄷ. 복잡한 유기물이 원시 생명체가 되기 위해서는 막 구조의 형성이 필요하다.

04 RNA 우선 가설

㉠은 RNA, ㉡은 단백질, ㉢은 DNA이다.
ㄱ. RNA 우선 가설에 따르면 최초의 유전 물질로 추정되는 물질은 RNA(㉠)이다.
ㄴ. 오늘날의 생명체에서 유전 정보의 저장 기능은 DNA(㉢)가 담당하고, 효소의 기능은 단백질(㉡)이 담당한다.
ㄷ. RNA(㉠), 단백질(㉡), DNA(㉢)의 구성 원소에는 모두 질소(N)가 있다.

05 원시 생명체의 진화

A는 최초의 무산소 호흡 종속 영양 생물, B는 최초의 광합성 세균, C는 최초의 산소 호흡 세균이다. ㉠은 O_2, ㉡은 CO_2이다. Ⅰ은 산소 호흡, Ⅱ는 무산소 호흡, Ⅲ은 광합성이다.
ㄱ. 산소 호흡(Ⅰ)과 무산소 호흡(Ⅱ)에서 모두 이화 작용이 일어난다.
ㄴ. 대기 중 O_2(㉠)의 농도가 증가하면서 오존층이 형성되었다.
ㄷ. 최초의 광합성 세균(B)에서 광합성(Ⅲ)이 일어났다.

06 진핵생물의 출현

㉠은 원핵생물, ㉡은 단세포 진핵생물, ㉢은 다세포 진핵생물이다.
ㄱ. 소포체(ⓐ)와 골지체(ⓑ)는 모두 인지질 2중층으로 된 막을 갖는다.
ㄴ. 코아세르베이트는 유기물 복합체로 단세포 진핵생물(㉡)에 해당하지 않는다.
ㄷ. ㉢은 다세포 진핵생물이다.

07 진핵생물의 출현

(가)는 '광합성 세균의 세포내 공생'이며, (나)는 '산소 호흡 세균의 세포내 공생'이다. ㉠은 내막, ㉡은 외막이다.
ㄱ. 과정 Ⅰ은 막 진화설에 따른 세포 소기관 형성 과정이다.
ㄴ. (나)는 '산소 호흡 세균의 세포내 공생'이다.
ㄷ. ㉠은 내막이다.

08 원시 생명체의 진화

㉠은 광합성 세균, ㉡은 산소 호흡 세균, ㉢은 단세포 진핵생물, ㉣은 다세포 진핵생물이다. 최초의 A~D 중 A가 가장 나중에 출현하였으므로 A는 다세포 진핵생물(㉣)이다. 세포내 공생설에 따르면 미토콘드리아의 기원은 B이고, 엽록체의 기원은 C이므로 B는 산소 호흡 세균(㉡), C는 광합성 세균(㉠)이다. D는 단세포 진핵생물(㉢)이다.
ㄱ. ㉡은 산소 호흡 세균(B)이다.
ㄴ. 다세포 진핵생물(A)과 단세포 진핵생물(D)은 모두 핵막을 갖는다.
ㄷ. $\frac{t_1\text{에서의 대기 중 오존}(O_3)\text{ 농도}}{t_2\text{에서의 대기 중 오존}(O_3)\text{ 농도}} < 1$이다.

10 생물의 분류와 다양성

수능 2점 테스트 본문 155~157쪽

01 ⑤	02 ⑤	03 ③	04 ①	05 ④	06 ③
07 ③	08 ③	09 ⑤	10 ②	11 ⑤	12 ④

01 3역 6계 분류 체계

3역 6계 분류 체계에 따르면 고세균역과 진핵생물역의 유연관계는 고세균역과 세균역의 유연관계보다 가깝다. 따라서 A는 세균역, B는 진핵생물역이다.

㉠. 세균역에는 세포벽이 있고 광합성을 하는 독립 영양 생물인 남세균이 있다.

㉡. 고세균역에는 메테인 생성균, 극호열균, 극호염균 등이 있다.

㉢. 진핵생물역에는 원생생물계, 식물계, 균계, 동물계가 있다.

02 학명

이명법은 속명과 종소명으로 구성되며, 속명과 종소명은 이탤릭체로 표기한다. 속명의 첫 글자는 대문자로, 종소명의 첫 글자는 소문자로 표기한다.

㉠. A의 학명은 속명과 종소명으로 구성되므로 이명법을 사용하였다.

㉡. 속씨식물에는 외떡잎식물과 쌍떡잎식물이 있으며, 속씨식물은 밑씨가 씨방에 들어 있다. 따라서 B는 외떡잎식물이므로 밑씨가 씨방에 들어 있다.

㉢. B와 C의 학명에서 속명이 같으므로 B와 C는 같은 속에 속한다. 따라서 B와 C의 유연관계는 A와 C의 유연관계보다 가깝다.

03 동물의 분류

거미는 절지동물에, 오징어는 연체동물에, 지렁이는 환형동물에 속한다.

㉠. 오징어와 지렁이는 촉수담륜동물에 속하고, 거미는 탈피동물에 속하며, 지렁이에는 체절이 있다. 따라서 A는 지렁이, B는 오징어, C는 거미이고, ㉠은 촉수담륜동물, ㉡은 탈피동물이다.

✗. 오징어는 연체동물에 속한다.

㉢. 거미는 외골격을 가져 탈피를 한다.

04 식물의 분류

장미, 고사리, 은행나무에는 모두 관다발이 있고, 장미와 은행나무에는 모두 종자가 있으며, 장미에는 씨방이 있다.

㉠. A는 고사리, B는 은행나무, C는 장미이고, ㉠은 '관다발 있음', ㉡은 '종자 있음', ㉢은 '씨방 있음'이다.

✗. 소철은 씨방이 없는 겉씨식물에 속한다.

✗. 최근의 공통 조상을 공유할수록 유연관계가 가깝다. 따라서 더 최근의 공통 조상을 공유하는 은행나무와 장미의 유연관계가 은행나무와 고사리의 유연관계보다 가깝다.

05 3역 6계 분류 체계

3역 6계 분류 체계에 따르면 푸른곰팡이는 균계에, 극호열균은 고세균계에, 대장균은 진정세균계에 속한다.

㉠. 푸른곰팡이는 균계에 속하므로 ㉠은 균계이다.

✗. 불가사리는 동물계에 속한다.

㉢. 3역 6계 분류 체계에 따르면 고세균역과 진핵생물역의 유연관계는 고세균역과 세균역의 유연관계보다 가깝다. 극호열균은 고세균역에, 푸른곰팡이는 진핵생물역에, 대장균은 세균역에 속하므로 극호열균과 푸른곰팡이의 유연관계는 극호열균과 대장균의 유연관계보다 가깝다.

06 식물의 분류

석송, 뿔이끼, 소나무에는 모두 엽록소 a가 있고, 석송과 소나무에는 모두 체관이 있으며, 소나무에는 종자가 있다. 따라서 A는 소나무, B는 석송, C는 뿔이끼이고, ㉠은 엽록소 a, ㉡은 체관, ㉢은 종자이다.

㉠. ㉡은 소나무와 석송에는 모두 있고, 뿔이끼에 없는 체관이다.

㉡. 소나무는 씨방이 없는 겉씨식물에 속한다.

✗. 선태식물은 비관다발 식물이므로 관다발이 있는 석송은 선태식물에 속하지 않는다.

07 동물의 분류

개구리는 척추를 가지며, 회충은 탈피동물에 속한다. 따라서 A는 회충, B는 플라나리아, C는 개구리이다.

㉠. 회충, 개구리, 플라나리아는 모두 3배엽성 동물에 속하므로 '중배엽을 갖는다.'는 (가)에 해당한다.

㉡. 회충은 선형동물에, 플라나리아는 편형동물에, 개구리는 척삭동물에 속한다.

✗. 개구리는 후구동물에 속하므로 원구가 항문이 된다.

08 3역 6계 분류 체계

3역 6계 분류 체계에 따르면 대장균은 세균역의 진정세균계에, 쇠뜨기는 진핵생물역의 식물계에, 붉은빵곰팡이는 진핵생물역의 균계에, 극호염균은 고세균역의 고세균계에 속한다.

㉠. (가)에서 쇠뜨기에만 관다발이 있다.

✗. 쇠뜨기와 붉은빵곰팡이는 진핵생물이고, 리보솜을 갖는다. 쇠뜨기는 독립 영양 생물이고, 붉은빵곰팡이는 종속 영양 생물이다. 따라서 (나)에서 쇠뜨기와 붉은빵곰팡이가 공통으로 갖는 특징은 2가지이다.

ㄷ. 3역 6계 분류 체계에 따르면 대장균은 세균역에, 극호염균은 고세균역에 속한다.

09 학명과 분류 단계

이명법은 속명과 종소명으로 구성되며, 속명과 종소명은 이탤릭체로 표기한다. 속명의 첫 글자는 대문자로, 종소명의 첫 글자는 소문자로 표기한다. 같은 속에 속하는 생물은 같은 과에 속한다.
ㄱ. A와 E는 같은 과에 속하므로 같은 목에 속한다.
ㄴ. A와 D는 같은 속에 속하므로 같은 과에 속한다. 따라서 D는 개과에 속한다. B와 F는 같은 속에 속하므로 같은 과에 속한다. 따라서 F는 고양이과에 속한다. A~F는 개과, 고양이과, 족제비과로 분류되므로 C는 족제비과에 속한다.
ㄷ. D와 E는 모두 개과에 속하고, C는 족제비과에 속하므로 D와 E의 유연관계는 D와 C의 유연관계보다 가깝다.

10 3역 6계 분류 체계

3역 6계 분류 체계에 따르면 해면은 동물계, 대장균은 진정세균계, 우산이끼는 식물계에 속한다. 따라서 A는 대장균, B는 우산이끼, C는 해면이다.
✗. 대장균은 진정세균계에 속한다.
✗. 우산이끼는 세포벽과 rRNA를 갖지만, 종자를 형성하지 않는다.
ㄷ. 대장균과 해면은 모두 rRNA를 갖는다. 대장균은 세포벽을 갖고 종자를 형성하지 않는다. 해면은 세포벽을 갖지 않고, 종자를 형성하지 않는다.

11 식물의 분류

고사리는 양치식물에, 소철은 겉씨식물에, 장미는 속씨식물에 속한다. 따라서 A는 고사리, B는 장미, C는 소철이다.
ㄱ. 셀룰로스는 탄수화물의 다당류에 속하는 물질이다.
ㄴ. 고사리와 소철은 모두 관다발을 갖는다.
ㄷ. 소철과 장미는 모두 종자를 형성하는 종자식물에 속한다.

12 동물의 분류

성게와 우렁쉥이는 모두 후구동물에, 예쁜꼬마선충은 선구동물에 속한다. 후구동물은 원구가 항문이 되고, 선구동물은 원구가 입이 된다. 성게는 극피동물에, 우렁쉥이는 척삭동물에, 예쁜꼬마선충은 선형동물에 속한다. 따라서 A는 우렁쉥이, B는 성게, C는 예쁜꼬마선충이다.
✗. ㉠은 항문, ㉡은 입이다.
ㄴ. 우렁쉥이는 발생 과정 중 척삭을 갖는 시기가 있어 척삭동물에 속한다.
ㄷ. 예쁜꼬마선충은 선형동물에 속하며, 탈피를 한다.

수능 3점 테스트 본문 158~161쪽

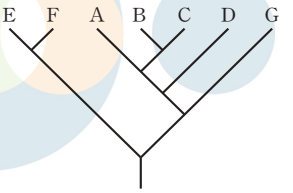
01 ③ 02 ② 03 ⑤ 04 ③ 05 ⑤ 06 ③
07 ⑤ 08 ③

01 3역 6계 분류 체계

산호와 석송에는 핵막이 있고, 석송과 대장균에는 세포벽이 있다. 산호와 석송은 다세포 생물이고, 산호, 석송, 대장균은 모두 종자를 형성하지 않는다. 따라서 A는 대장균, B는 산호, C는 석송이다.
✗. 석송은 핵막과 세포벽을 갖고, 다세포 생물이며 종자를 형성하지 않는다. 따라서 ⓐ는 3이다.
✗. (가)에는 대장균과 산호가 공통으로 갖는 특징이 없다.
ㄷ. 3역 6계 분류 체계에 따르면 산호와 석송은 모두 진핵생물역에 속한다.

02 3역 6계 분류 체계

3역 6계 분류 체계에서는 생물을 세균역의 진정세균계, 고세균역의 고세균계, 진핵생물역의 원생생물계, 식물계, 균계, 동물계로 분류한다.
✗. C와 D는 서로 다른 ㉠에 속하고, 서로 같은 ㉡에 속한다. 두 종이 서로 같은 계에 속하면 서로 같은 역에 속한다. 따라서 ㉠은 계, ㉡은 역이고, B와 C는 서로 같은 계에 속하며, C, D, E는 각각 서로 다른 계에 속한다. C와 D는 서로 같은 역에 속하고, E와 F는 서로 같은 역에 속한다.
ㄴ. 세균역에는 진정세균계만 있고, 고세균역에는 고세균계만 있으며, 진핵생물역에는 4개의 계가 있다. B와 C는 서로 같은 계에 속하므로 서로 같은 역에 속한다. C와 D는 서로 같은 역에 속하고, 서로 다른 계에 속한다. 따라서 B, C, D는 모두 진핵생물역에 속한다. 이를 종합하여 계통수에 A~G의 위치를 표시하면 다음과 같다. 계통수에서 E와 F의 위치는 서로 바꿀 수 있고, B와 C의 위치도 서로 바꿀 수 있다.



A~G는 3개의 역으로 분류되며, 고세균역과 진핵생물역의 유연관계는 고세균역과 세균역의 유연관계보다 가깝다. 따라서 E와 F는 모두 세균역에, G는 고세균역에, A, B, C, D는 모두 진핵생물역에 속한다.
✗. A와 D는 모두 진핵생물역에 속한다.

03 동물의 분류

촌충, 회충, 창고기, 해파리 중 척삭을 갖는 것은 창고기이고, 중배엽을 형성하는 것은 촌충, 회충, 창고기이며, 원구가 항문이 되는 것은 창고기이다. 촉수담륜동물에 속하는 것은 촌충이고, 발생 과정에서 포배가 형성되는 것은 촌충, 회충, 창고기, 해파리이다. 따라서 A는 창고기, B는 촌충, C는 회충, D는 해파리이다.

㉠. A는 창고기이므로 ㉠은 4이다.

㉡. 촌충은 편형동물에 속한다.

㉢. 해파리는 자포동물에 속하며, 몸의 대칭성은 방사 대칭성이다.

04 3역 6계 분류 체계

3역 6계 분류 체계에 따르면 고세균역과 진핵생물역의 유연관계는 고세균역과 세균역의 유연관계보다 가깝다. 대장균은 세균역에, 메테인 생성균은 고세균역에, 송이버섯과 솔이끼는 진핵생물역에 속한다. 따라서 A는 대장균, B는 메테인 생성균, C는 송이버섯이다.

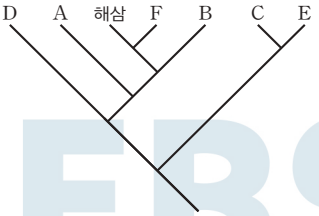
㉠. 대장균의 세포벽에는 펩티도글리칸이 있다.

㉡. 메테인 생성균은 핵막과 관다발을 갖지 않고, 송이버섯은 핵막을 갖고, 관다발을 갖지 않으며, 종속 영양 생물이다. 따라서 표에서 메테인 생성균과 송이버섯이 공통으로 갖는 특징은 'rRNA가 있다.' 뿐이다.

✗. 솔이끼는 핵막과 rRNA를 갖고, 광합성을 하는 독립 영양 생물이지만 관다발을 갖지 않는다.

05 3역 6계 분류 체계

두 종류의 생물이 같은 계에 속하면 같은 역에 속한다. 따라서 C와 E는 같은 계에 속하므로 C와 E는 같은 역에 속한다. B, C, D는 각각 서로 다른 역에 속하고, 해삼은 진핵생물역의 동물계에 속한다. 이를 종합하여 계통수에 생물 7종류의 위치를 표시하면 다음과 같다. 계통수에서 C와 E의 위치는 서로 바꿀 수 있다.



㉠. 세균역에는 진정세균계만 있고, 고세균역에는 고세균계만 있으며, 진핵생물역에는 4개의 계가 있으므로 C와 E는 모두 세균역의 진정세균계에, D는 고세균역의 고세균계에 속한다. 생물 7종류는 5개의 계로 분류되므로 A, B, F, 해삼은 진핵생물역의 3개의 계로 분류된다. 따라서 A, B, F는 각각 서로 다른 계에 속하며, 해삼과 F는 같은 계에 속한다.

㉡. 세균역에 속하는 C와 E는 모두 원핵생물이고, 고세균역에 속하는 D도 원핵생물이다.

㉢. 해삼과 유연관계가 가장 가까운 F는 해삼과 같은 동물계에 속한다.

06 동물의 분류

말미잘, 창고기, 갯지렁이 중 원구가 입이 되는 것은 갯지렁이이고, 배엽을 형성하는 것은 말미잘, 창고기, 갯지렁이이다. 촉수담륜동물에 속하는 것은 갯지렁이이고, 몸의 대칭성이 방사 대칭성인 것은 말미잘이다. 따라서 A는 창고기, B는 말미잘, C는 갯지렁이이고, ㉠은 '촉수담륜동물에 속한다.', ㉡은 '배엽을 형성한다.', ㉢은 '몸의 대칭성은 방사 대칭성이다.'이다.

㉠. 말미잘은 촉수담륜동물에 속하지 않고, 갯지렁이는 몸의 대칭성이 좌우 대칭성이므로 ⓐ와 ⓑ는 모두 '×'이다.

✗. 창고기는 척삭은 갖지만 척추는 갖지 않는다.

㉢. 말미잘은 자포동물에 속한다.

07 식물의 분류

씨방이 있는 것은 장미와 벼이고, 체관이 있는 것은 장미, 벼, 소철, 쇠뜨기이며, 종자를 만들어 번식하는 것은 장미, 벼, 소철이다. 따라서 A는 쇠뜨기, B는 소철, C는 벼이다.

㉠. 장미는 체관과 씨방을 가지며, 종자를 만들어 번식하므로 ⓐ는 3이다.

㉡. B는 체관을 가지고, 종자를 만들어 번식하는 소철이다.

㉢. 쇠뜨기와 벼는 모두 체관을 갖는다.

08 동물의 분류

지네는 절지동물에, 해삼은 극피동물에, 거머리는 환형동물에, 달팽이는 연체동물에 속한다.

㉠. 지네, 해삼, 거머리, 달팽이는 모두 3배엽성 동물에, 거머리와 달팽이는 촉수담륜동물에, 해삼은 후구동물에 속하고, 달팽이는 외투막을 갖는다. 따라서 A는 거머리, B는 달팽이, C는 해삼, D는 지네이고, ㉠은 3배엽성 동물, ㉡은 촉수담륜동물, ㉢은 후구동물이다.

✗. 해삼은 극피동물에 속하며, 척삭을 갖지 않는다.

㉢. 환형동물에 속하는 거머리와 절지동물에 속하는 지네에는 모두 체절이 있다.

11 생물의 진화

수능 2점 테스트 본문 168~171쪽

01 ③	02 ②	03 ①	04 ①	05 ④	06 ④
07 ②	08 ⑤	09 ②	10 ③	11 ⑤	12 ③
13 ③	14 ⑤	15 ④	16 ④		

01 생물 진화의 증거

(가)는 상동 형질(상동 기관)의 예이고, (나)는 상사 형질(상사 기관)의 예이다.

㉠. (가)를 통해 척추동물은 공통 조상에서 다양하게 진화하였다는 것을 알 수 있다.

㉡. (나)는 상사 형질(상사 기관)의 예이다.

✗. (가)와 (나)는 모두 생물 진화의 증거 중 비교해부학적 증거에 해당한다.

02 생물 진화의 증거

(가)는 진화발생학적 증거, (나)는 생물지리학적 증거이다.

✗. (가)는 진화발생학적 증거이다.

✗. 대합(ⓐ)과 갯지렁이(ⓑ)는 모두 촉수담륜동물에 속한다.

㉢. '코알라와 같은 유대류는 대부분 오스트레일리아에 서식한다.'는 생물지리학적 증거(나)의 예(㉠)에 해당한다.

03 생물 진화의 증거

㉠. 영장목에 속하는 여러 동물에서 글로빈 유전자의 염기 서열을 비교하는 것은 생물 진화의 증거 중 분자진화학적 증거에 해당한다.

✗. 사람과 안경원숭이의 유연관계는 사람과 긴팔원숭이의 유연관계보다 멀다.

✗. 최근에 공통 조상을 공유할수록 유전자 사이에 차이 나는 염기의 비율은 감소한다.

04 하디·바인베르크 법칙

㉠. S의 빈도를 p, A의 빈도를 q라고 하자. 유전자형 SS의 빈도는 $p^2=\frac{8100}{10000}$이므로 $p=0.9$, $q=0.1$이다. 이 집단에서 A의 빈도(q)는 0.1이다.

✗. 검은 반점과 검은 테두리의 날개 무늬를 갖는 개체 수(㉠)는 $2pq\times10000=2\times0.9\times0.1\times10000=1800$이다. 검은 테두리의 날개 무늬를 갖는 개체 수(㉡)는 $q^2\times10000=0.1\times0.1\times10000=100$이다. $\frac{㉠}{㉡}=\frac{1800}{100}=18$이다.

✗. 유전자형이 SA인 개체가 검은 반점과 검은 테두리의 날개 무늬를 가지므로 S와 A 사이의 우열 관계는 분명하지 않다.

05 하디·바인베르크 법칙

✗. A의 빈도를 p, A^*의 빈도를 q라고 하자. Ⅰ에서 A를 가진 개체들을 합쳐서 구한 A의 빈도는 $\frac{p^2+pq}{p^2+2pq}=\frac{1}{q+1}=\frac{10}{17}$이므로 $q=0.7$, $p=0.3$이다. $\frac{\text{A의 빈도}(p)}{A^*\text{의 빈도}(q)}=\frac{3}{7}$이다.

㉡. Ⅰ을 구성하는 개체 수를 N이라고 하자. 회색 몸 개체 수는 $(p^2+2pq)N=0.51N$이고, 검은색 몸 개체 수는 $q^2N=0.49N$이므로 회색 몸 개체 수는 검은색 몸 개체 수보다 많다.

㉢. F_1이 검은색 몸을 가지려면 부모로부터 각각 A^*를 물려받아야 한다. F_1이 유전자형이 AA^*인 암컷으로부터 A^*를 물려받을 확률은 $\frac{1}{2}$이고, 임의의 수컷으로부터 A^*를 물려받을 확률은 $\frac{7}{10}$이므로 F_1이 검은색 몸일 확률은 $\frac{1}{2}\times\frac{7}{10}=\frac{7}{20}$이다.

06 하디·바인베르크 법칙

A의 빈도를 p, A^*의 빈도를 q라고 하자. ㉠이 열성 형질이라면 ㉠이 발현된 개체들 중 유전자형이 A^*A^*인 개체의 비율은 1이므로 ㉠은 우성 형질이다. ㉠이 발현된 개체들 중 유전자형이 A^*A^*인 개체의 비율은 $\frac{q^2}{q^2+2pq}=\frac{q}{p+1}=\frac{1}{4}$이므로 $p=0.6$, $q=0.4$이다.

✗. ㉠은 우성 형질이므로 A^*는 A에 대해 완전 우성이다.

㉡. Ⅰ을 구성하는 개체 수를 N이라고 하자.

$\frac{㉠\text{이 발현되지 않은 개체 수}}{㉠\text{이 발현된 개체 수}}=\frac{p^2N}{(q^2+2pq)N}=\frac{0.36N}{0.64N}=\frac{9}{16}$

이다.

㉢. F_1에게서 ㉠이 발현되지 않으려면 부모로부터 각각 A를 물려받아야 한다. F_1이 ㉠이 발현된 임의의 암컷으로부터 A를 물려받을 확률은 $\frac{q^2\times0+2pq\times0.5}{q^2+2pq}=\frac{p}{p+1}=\frac{3}{8}$이고, 임의의 수컷으로부터 A를 물려받을 확률은 $\frac{3}{5}$이므로 F_1에게서 ㉠이 발현되지 않을 확률은 $\frac{3}{8}\times\frac{3}{5}=\frac{9}{40}$이다.

07 하디·바인베르크 법칙

㉠의 빈도가 증가할수록 긴 날개를 갖는 개체의 비율은 감소하므로 ㉠은 짧은 날개 대립유전자 A^*이다. A^*(㉠)의 빈도가 $\frac{1}{2}$인 집단에서 긴 날개를 갖는 개체의 비율은 0.5보다 작으므로 긴 날개는 열성 형질이고, 짧은 날개는 우성 형질이다.

✗. ㉠은 A^*이다.

✗. A*(㉠)의 빈도가 ⓐ인 집단에서 대립유전자 A의 빈도를 p, A*의 빈도를 q, 이 집단을 구성하는 개체 수를 N이라고 하자.

$\frac{\text{유전자형이 AA*인 개체 수}}{\text{짧은 날개를 갖는 개체 수}}=\frac{2pqN}{(q^2+2pq)N}=\frac{2pN}{(p+1)N}=\frac{1}{2}$

이므로 $p=\frac{1}{3}$, $q=\frac{2}{3}$이다. ⓐ(q)는 $\frac{2}{3}$이다.

㉢. A*(㉠)의 빈도가 $\frac{3}{5}$인 집단에서 대립유전자 A의 빈도를 r, A*의 빈도를 s라고 하자. F_1이 짧은 날개를 가지려면 모계로부터 A*를 물려받아야 한다. F_1이 짧은 날개를 갖는 임의의 암컷으로부터 A*를 물려받을 확률은 $\frac{s^2\times1+2rs\times0.5}{s^2+2rs}=\frac{1}{r+1}=\frac{5}{7}$이다.

08 하디·바인베르크 법칙

Ⓐ. 멘델 집단은 하디·바인베르크 법칙이 성립하는 유전적 평형 상태의 집단이다.
Ⓑ. 멘델 집단의 개체 사이에서는 무작위적 교배가 일어난다.
Ⓒ. 멘델 집단에서 모든 개체의 생존력과 생식력은 같다.

09 하디·바인베르크 법칙

각 집단에서 A의 빈도를 p, a의 빈도를 q라고 하자. 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단에서 유전자형이 AA인 개체의 비율, Aa인 개체의 비율, aa인 개체의 비율은 각각 p^2, $2pq$, q^2이다. Ⅱ, Ⅲ, Ⅴ는 각각 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이고, Ⅰ과 Ⅳ는 각각 하디·바인베르크 평형이 유지되지 않는 집단이다.

✗. Ⅰ은 하디·바인베르크 평형이 유지되지 않는 집단이고, Ⅲ은 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이다.

㉡. Ⅴ에서 A의 빈도는 0.7이고, Ⅳ와 Ⅴ에서 A의 빈도는 서로 같으므로 Ⅳ에서 A의 빈도는 0.7, a의 빈도는 0.3이다. Ⅳ를 구성하는 개체 수를 N이라고 하자.

Ⅳ에서 a의 빈도$=\frac{0.04N\times2+㉠N\times1}{2N}=0.3$이므로 ㉠은 0.52이다.

✗. Ⅰ~Ⅴ에서 A와 a의 빈도는 표와 같다.

구분	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
A의 빈도	0.5	0.9	0.5	0.7	0.7
a의 빈도	0.5	0.1	0.5	0.3	0.3

$\frac{\text{Ⅱ와 Ⅲ에서 A의 빈도의 합}}{\text{Ⅰ과 Ⅴ에서 a의 빈도의 합}}=\frac{1.4}{0.8}=\frac{7}{4}$이다.

10 유전자풀의 변화 요인

특징 ㉠과 ㉡ 중 돌연변이는 '유전자풀의 변화 요인이다.' 1개를 가지고, 유전자 흐름은 '유전자풀의 변화 요인이다.', '두 집단 사이에서 개체의 이주나 배우자의 이동에 의해 일어나는 현상이다.' 2개를 가진다. ⓐ는 '○'이고, A는 돌연변이이며, B는 유전자 흐름이다. ㉠은 '유전자풀의 변화 요인이다.'이고, ㉡은 '두 집단 사이에서 개체의 이주나 배우자의 이동에 의해 일어나는 현상이다.'이다.

㉠. ⓐ는 '○'이다.

✗. ㉡은 '두 집단 사이에서 개체의 이주나 배우자의 이동에 의해 일어나는 현상이다.'이다.

㉢. 돌연변이(A)와 유전자 흐름(B) 모두에 의해 원래의 집단에 없던 새로운 대립유전자가 나타날 수 있다.

11 유전자풀의 변화 요인

(나)에서 화산 폭발에 의해 포켓쥐 집단의 크기가 급격히 감소하여 대립유전자의 빈도가 달라졌으므로 병목 효과가 일어났고, (라)에서 어두운색 털을 갖는 것이 생존에 유리하여 대부분의 포켓쥐가 어두운색 털을 갖게 되었으므로 자연 선택이 일어났다.

㉠. (나)에서 병목 효과가 일어났다.

㉡. 돌연변이(㉠)는 DNA의 염기 서열에 변화가 생겨 새로운 대립유전자가 나타나는 현상이다.

㉢. (라)의 포켓쥐 집단에서 대부분의 포켓쥐는 어두운색 털을 갖게 되었으므로 어두운색 털 대립유전자의 빈도는 증가하였다.

12 유전자풀의 변화 요인

A는 창시자 효과, B는 병목 효과, C는 자연 선택이다.

㉠. A는 창시자 효과이다.

㉡. 병목 효과(B)는 유전적 부동의 한 현상이다.

✗. '개체에서 사용하는 형질은 발달하고 사용하지 않는 형질은 퇴화하는 현상이다.'는 라마르크가 주장한 용불용설의 내용으로 자연 선택(C)의 특징(㉠)에 해당하지 않는다.

13 유전자풀의 변화 요인

모의실험에서 곰 모양 젤리는 생물 개체를, 종이는 생물종이 서식하는 환경을 의미하고, 남아 있는 곰 모양 젤리의 수만큼 같은 색깔의 곰 모양 젤리를 추가하는 것은 생존한 생물 개체의 번식을 의미한다.

㉠. 눈을 감았다가 뜨자마자 가장 먼저 눈에 띄는 곰 모양 젤리를 1개씩 집어내는 과정(㉠)은 자연 선택을 의미한다.

✗. 종이 위의 곰 모양 젤리 중 하나를 노란색 곰 모양 젤리로 바꾸는 과정은 돌연변이를 의미한다.

㉢. 노란색 종이 위에서 노란색 곰 모양 젤리는 가장 눈에 띄지 않으므로 (라)의 결과 종이 위에 남아 있는 곰 모양 젤리 중 노란색 곰 모양 젤리의 비율은 증가하였다.

14 종분화

만리장성 건설에 의해 A가 B로 분화하였다.

㉠. A는 속씨식물에 속하므로 A에는 씨방이 있다.

✗. A와 B는 서로 다른 생물학적 종이므로 A의 유전자풀은 B의 유전자풀과 다르다.
ㄷ. 만리장성 같은 인공적인 구조물에 의해 종분화가 일어날 수 있다.

15 종분화

첫 번째 섬의 분리에 의해 A가 B로 분화하였고, 두 번째 섬의 분리에 의해 B가 C로 분화하였으므로 ㉠은 A, ㉡은 B이다.
✗. ㉠은 A이다.
ㄴ. A는 C와 서로 다른 생물학적 종이므로 생식적으로 격리되어 있다.
ㄷ. 섬의 분리와 같은 지리적 격리는 종분화가 일어나는 요인 중 하나이다.

16 종분화

A와 B 사이에서는 교배를 통해 생식 능력이 있는 자손이 태어날 수 있고, A와 G 사이에서와 B와 G 사이에서는 교배를 통해 생식 능력이 있는 자손이 태어날 수 없으므로 ⓐ는 '×(격리 안 됨)', ⓑ는 '○(격리됨)'이다.
✗. ⓐ는 '×(격리 안 됨)'이다.
ㄴ. 인접한 두 집단 D와 E 사이에서는 유전자 흐름이 일어난다.
ㄷ. 재갈매기 집단이 고리종을 이루는 것은 종분화가 점진적인 변화에 의해 일어날 수 있음을 보여 주는 사례이다.

수능 3점 테스트 본문 172~177쪽

01 ③	02 ⑤	03 ①	04 ④	05 ②	06 ①
07 ④	08 ②	09 ③	10 ⑤	11 ①	12 ⑤

01 생물 진화의 증거

㉠. 네안데르탈인의 두개골 화석(ⓐ)은 생물 진화의 증거 중 화석상의 증거이다.
ㄴ. 미토콘드리아 DNA(ⓑ)는 원형 DNA이다.
✗. (나)의 결과에 따르면 미토콘드리아 DNA의 특정 부분에서 네안데르탈인은 현대 아시아인과 현대 유럽인 모두와 28개의 염기에서 차이를 보인다. 네안데르탈인과 현대 아시아인의 유연관계는 네안데르탈인과 현대 유럽인의 유연관계보다 가깝다고 할 수 없다.

02 하디·바인베르크 법칙

⑤ Ⅰ에서 A의 빈도를 $p_{Ⅰ}$, A*의 빈도를 $q_{Ⅰ}$, Ⅱ에서 A의 빈도를 $p_{Ⅱ}$, A*의 빈도를 $q_{Ⅱ}$라고 하자. Ⅰ에서 A를 가진 개체들을 합쳐서 구한 A의 빈도는 $\frac{{p_{Ⅰ}}^2+p_{Ⅰ}q_{Ⅰ}}{{p_{Ⅰ}}^2+2p_{Ⅰ}q_{Ⅰ}}=\frac{1}{q_{Ⅰ}+1}=\frac{5}{7}$이므로 $q_{Ⅰ}=\frac{2}{5}$, $p_{Ⅰ}=\frac{3}{5}$이다. Ⅰ에서 A*의 빈도는 Ⅱ에서 A의 빈도와 같으므로 $p_{Ⅱ}=\frac{2}{5}$, $q_{Ⅱ}=\frac{3}{5}$이다.

Ⅰ에서 $\frac{㉠이\ 발현된\ 개체\ 수}{㉠이\ 발현되지\ 않은\ 개체\ 수}$는 i) ㉠ 발현 대립유전자 A가 ㉠ 미발현 대립유전자 A*에 대해 완전 우성인 경우: $\frac{21}{4}$, ii) ㉠ 미발현 대립유전자 A*가 ㉠ 발현 대립유전자 A에 대해 완전 우성인 경우: $\frac{9}{16}$, iii) ㉠ 미발현 대립유전자 A가 ㉠ 발현 대립유전자 A*에 대해 완전 우성인 경우: $\frac{4}{21}$, iv) ㉠ 발현 대립유전자 A*가 ㉠ 미발현 대립유전자 A에 대해 완전 우성인 경우: $\frac{16}{9}$이다.

Ⅰ에서 $\frac{㉠이\ 발현된\ 개체\ 수}{㉠이\ 발현되지\ 않은\ 개체\ 수}=\frac{16}{9}$이므로 A는 ㉠ 미발현 대립유전자, A*는 ㉠ 발현 대립유전자이고, A*는 A에 대해 완전 우성이다. F_1에게서 ㉠이 발현되려면 모계로부터 A*를 물려받거나 모계로부터 A를, 부계로부터 A*를 물려받아야 한다. F_1이 유전자형이 AA*인 암컷으로부터 A*를 물려받을 확률은 $\frac{1}{2}$, A를 물려받을 확률은 $\frac{1}{2}$, 임의의 수컷으로부터 A*를 물려받을 확률은 $\frac{3}{5}$이다. F_1에게서 ㉠이 발현될 확률은 $\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\times\frac{3}{5}=\frac{4}{5}$이다.

03 하디·바인베르크 법칙

① Ⅰ에서 A의 빈도를 $p_{Ⅰ}$, A*의 빈도를 $q_{Ⅰ}$, B의 빈도를 $r_{Ⅰ}$, B*의 빈도를 $s_{Ⅰ}$, Ⅱ에서 A의 빈도를 $p_{Ⅱ}$, A*의 빈도를 $q_{Ⅱ}$, B의 빈도를 $r_{Ⅱ}$, B*의 빈도를 $s_{Ⅱ}$, Ⅰ과 Ⅱ를 각각 구성하는 개체 수를 N이라고 하자.

㉠이 AA*, ㉡이 AA라면 Ⅱ에서 $\frac{유전자형이\ AA^*인\ 개체\ 수}{유전자형이\ AA인\ 개체\ 수}=\frac{2p_{Ⅱ}q_{Ⅱ}N}{{p_{Ⅱ}}^2N}=\frac{2q_{Ⅱ}}{p_{Ⅱ}}=\frac{1}{3}$이므로 $p_{Ⅱ}=\frac{6}{7}$, $q_{Ⅱ}=\frac{1}{7}$이다. Ⅱ에서 $q_{Ⅱ}$는 $p_{Ⅱ}$보다 크므로 조건과 모순된다. 따라서 ㉠은 AA, ㉡은 AA*이다.

$\frac{유전자형이\ AA인\ 개체\ 수}{유전자형이\ AA^*인\ 개체\ 수}$는 Ⅰ에서 $\frac{3}{2}$이고, Ⅱ에서 $\frac{1}{3}$이므로 $p_{Ⅰ}=\frac{3}{4}$, $q_{Ⅰ}=\frac{1}{4}$, $p_{Ⅱ}=\frac{2}{5}$, $q_{Ⅱ}=\frac{3}{5}$이다. Ⅰ에서 (나)가 발현된 개체들을 합쳐서 구한 B*의 빈도를 ⓐ($\frac{3}{5}$)라고 하자. i) (나) 발현 대립유전자 B가 (나) 미발현 대립유전자 B*에 대해 완전 우성인 경우: $s_{Ⅰ}=\frac{3}{2}$으로 모순, ii) (나) 미발현 대립유전자 B*가 (나) 발현 대립유전자 B에 대해 완전 우성인 경우: ⓐ=0으로 모순,

iii) (나) 미발현 대립유전자 B가 (나) 발현 대립유전자 B*에 대해 완전 우성인 경우: ⓐ=1로 모순이므로 B는 (나) 미발현 대립유전자, B*는 (나) 발현 대립유전자이고, B*는 B에 대해 완전 우성이다.

$r_{Ⅰ}=\frac{2}{3}$, $s_{Ⅰ}=\frac{1}{3}$이고, $s_{Ⅰ}$은 $r_{Ⅱ}$의 $\frac{2}{3}$이므로 $r_{Ⅱ}=\frac{1}{2}$, $s_{Ⅱ}=\frac{1}{2}$이다.

Ⅱ에서 (나)가 발현되지 않은 개체의 비율은 $\frac{1}{4}$이므로 Ⅱ에서 (가)가 발현된 개체들 중 유전자형이 AA*인 개체의 비율은 $\frac{3}{4}$이다.

Ⅱ에서 (가)가 발현된 개체들 중 유전자형이 AA*인 개체의 비율을 ⓑ($\frac{3}{4}$)라고 하자. i) (가) 미발현 대립유전자 A*가 (가) 발현 대립유전자 A에 대해 완전 우성인 경우: ⓑ=0으로 모순, ii) (가) 미발현 대립유전자 A가 (가) 발현 대립유전자 A*에 대해 완전 우성인 경우: ⓑ=0으로 모순, iii) (가) 발현 대립유전자 A*가 (가) 미발현 대립유전자 A에 대해 완전 우성인 경우: $p_{Ⅱ}=\frac{3}{5}$으로 모순이므로 A는 (가) 발현 대립유전자, A*는 (가) 미발현 대립유전자이고, A는 A*에 대해 완전 우성이다. F_1에게서 (가)가 발현되지 않으려면 부모로부터 각각 A*를 물려받아야 한다. F_1이 유전자형이 AA*인 암컷으로부터 A*를 물려받을 확률은 $\frac{1}{2}$, 임의의 수컷으로부터 A*를 물려받을 확률은 $\frac{1}{4}$이므로 F_1에게서 (가)가 발현되지 않을 확률은 $\frac{1}{2}\times\frac{1}{4}=\frac{1}{8}$이다. F_1에게서 (나)가 발현되지 않으려면 부모로부터 각각 B를 물려받아야 한다. F_1이 유전자형이 BB*인 암컷으로부터 B를 물려받을 확률은 $\frac{1}{2}$, 임의의 수컷으로부터 B를 물려받을 확률은 $\frac{2}{3}$이므로 F_1에게서 (나)가 발현되지 않을 확률은 $\frac{1}{2}\times\frac{2}{3}=\frac{1}{3}$이다. F_1에게서 (가)와 (나)가 모두 발현되지 않을 확률은 $\frac{1}{8}\times\frac{1}{3}=\frac{1}{24}$이다.

04 하디·바인베르크 법칙

Ⅰ에서 A의 빈도를 $p_{Ⅰ}$, A*의 빈도를 $q_{Ⅰ}$, Ⅱ에서 A의 빈도를 $p_{Ⅱ}$, A*의 빈도를 $q_{Ⅱ}$라고 하자. 회색 몸 개체 수는 유전자형이 AA인 개체 수와 AA*인 개체 수를 더한 값과 같으므로 ㉠이 AA 또는 AA*라면 $\frac{\text{Ⅰ에서 회색 몸 개체 수}}{\text{Ⅰ에서 유전자형이 ㉠인 개체 수}}$는 1보다 커야 하는데 조건과 모순되므로 ㉠은 A*A*이다.

$\frac{\text{Ⅰ에서 회색 몸 개체 수}}{\text{Ⅰ에서 유전자형이 A*A*인 개체 수}}=\frac{(p_{Ⅰ}{}^2+2p_{Ⅰ}q_{Ⅰ})\times 3N}{q_{Ⅰ}{}^2\times 3N}=\frac{9}{16}$이므로 $p_{Ⅰ}=\frac{1}{5}$, $q_{Ⅰ}=\frac{4}{5}$이다. Ⅰ에서 유전자형이 AA인 개체들을 제외한 나머지 개체들을 합쳐서 구한 A*의 빈도는 $\frac{5}{6}$이므로 ㉡은 AA*, ㉢은 AA이다.

$\frac{\text{Ⅰ에서 유전자형이 AA인 개체 수}}{\text{Ⅱ에서 유전자형이 A*A*인 개체 수}}=\frac{p_{Ⅰ}{}^2\times 3N}{q_{Ⅱ}{}^2\times 2N}=\frac{3}{8}$이므로 $q_{Ⅱ}=\frac{2}{5}$, $p_{Ⅱ}=\frac{3}{5}$이다.

✗. ㉢은 AA이다.

㉡. $\frac{\text{Ⅰ에서 검은색 몸 개체 수}}{\text{Ⅱ에서 검은색 몸 대립유전자 수}}=\frac{q_{Ⅰ}{}^2\times 3N}{q_{Ⅱ}\times 4N}=\frac{6}{5}$이다.

㉢. F_1이 회색 몸을 가지려면 부계로부터 A를 물려받아야 한다. F_1이 임의의 회색 몸 수컷으로부터 A를 물려받을 확률은 $\frac{p_{Ⅱ}{}^2+p_{Ⅱ}q_{Ⅱ}}{p_{Ⅱ}{}^2+2p_{Ⅱ}q_{Ⅱ}}=\frac{1}{q_{Ⅱ}+1}=\frac{5}{7}$이다.

05 하디·바인베르크 법칙

Ⅰ에서 A의 빈도를 $p_{Ⅰ}$, a의 빈도를 $q_{Ⅰ}$, Ⅱ에서 A의 빈도를 $p_{Ⅱ}$, a의 빈도를 $q_{Ⅱ}$라고 하자. ㉠이 A, ㉡이 a라면 Ⅰ에서 A를 가진 개체들을 합쳐서 구한 a의 빈도는 $\frac{p_{Ⅰ}q_{Ⅰ}}{p_{Ⅰ}{}^2+2p_{Ⅰ}q_{Ⅰ}}=\frac{q_{Ⅰ}}{q_{Ⅰ}+1}=\frac{2}{9}$이므로 $q_{Ⅰ}=\frac{2}{7}$, $p_{Ⅰ}=\frac{5}{7}$이다. 이는 Ⅰ에서 회색 몸 개체 수는 검은색 몸 개체 수보다 많다는 조건과 모순되므로 ㉠은 a, ㉡은 A이다. Ⅰ에서 a를 가진 개체들을 합쳐서 구한 A의 빈도는 $\frac{p_{Ⅰ}q_{Ⅰ}}{q_{Ⅰ}{}^2+2p_{Ⅰ}q_{Ⅰ}}=\frac{p_{Ⅰ}}{p_{Ⅰ}+1}=\frac{2}{9}$이므로 $p_{Ⅰ}=\frac{2}{7}$, $q_{Ⅰ}=\frac{5}{7}$이다. Ⅱ에서 회색 몸 개체들을 제외한 나머지 개체들을 합쳐서 구한 A의 빈도는 $\frac{p_{Ⅱ}{}^2+p_{Ⅱ}q_{Ⅱ}}{p_{Ⅱ}{}^2+2p_{Ⅱ}q_{Ⅱ}}=\frac{1}{q_{Ⅱ}+1}=\frac{3}{4}$이므로 $q_{Ⅱ}=\frac{1}{3}$, $p_{Ⅱ}=\frac{2}{3}$이다. Ⅰ과 Ⅱ를 각각 구성하는 개체 수를 $N_{Ⅰ}$, $N_{Ⅱ}$라고 하자. $\frac{\text{Ⅱ에서 유전자형이 Aa인 개체 수}}{\text{Ⅰ에서 검은색 몸 개체 수}}=\frac{2p_{Ⅱ}q_{Ⅱ}\times N_{Ⅱ}}{(p_{Ⅰ}{}^2+2p_{Ⅰ}q_{Ⅰ})\times N_{Ⅰ}}=\frac{49N_{Ⅱ}}{54N_{Ⅰ}}=\frac{49}{108}$이므로 $N_{Ⅰ}=2N_{Ⅱ}$이다.

✗. ㉠은 a이다.

㉡. Ⅰ을 구성하는 개체 수는 Ⅱ를 구성하는 개체 수의 2배이다.

✗. F_1이 검은색 몸을 가지려면 모계로부터 A를 물려받거나 모계로부터 a를, 부계로부터 A를 물려받아야 한다. F_1이 유전자형이 Aa인 암컷으로부터 A를 물려받을 확률은 $\frac{1}{2}$, a를 물려받을 확률은 $\frac{1}{2}$, 임의의 검은색 몸 수컷으로부터 A를 물려받을 확률은 $\frac{3}{4}$이다. F_1이 검은색 몸일 확률은 $\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\times\frac{3}{4}=\frac{7}{8}$이다.

06 하디·바인베르크 법칙

Ⅰ에서 A의 빈도는 B*의 빈도와 같고, Ⅱ에서 A*의 빈도는 B의 빈도와 같으므로 Ⅰ에서 A의 빈도를 p, A*의 빈도를 q, B의 빈도를 q, B*의 빈도를 p, Ⅱ에서 A의 빈도를 r, A*의 빈도를 s, B의 빈도를 s, B*의 빈도를 r라고 하자. $\frac{\text{회색 몸 개체 수}}{\text{긴 날개 개체 수}}$는 Ⅰ에서 $\frac{1}{15}$이고, Ⅱ에서 $\frac{9}{16}$이다. i) 회색 몸과 긴 날개가 각각 우성 형질인 경우: 대립유전자의 빈도가 무리수로 모순, ii) 회색 몸과 짧은 날개가 각각 우성 형질인 경우: 대립유전자의 빈도가

무리수로 모순, iii) 검은색 몸과 짧은 날개가 각각 우성 형질인 경우: 대립유전자의 빈도가 무리수로 모순이므로 검은색 몸과 긴 날개가 각각 우성 형질이다. $p=\frac{1}{4}$, $q=\frac{3}{4}$, $r=\frac{3}{5}$, $s=\frac{2}{5}$이다.

㉠. Ⅰ에서 A^*의 빈도는 $\frac{3}{4}$, Ⅱ에서 A^*의 빈도는 $\frac{2}{5}$이므로 A^*의 빈도는 Ⅰ에서가 Ⅱ에서보다 크다.

✕. Ⅰ에서 유전자형이 AA인 개체와 AA^*인 개체를 합쳐서 구한 A의 빈도는 $\frac{p^2+pq}{p^2+2pq}=\frac{1}{q+1}=\frac{4}{7}$이다.

✕. F_1이 검은색 몸을 가지려면 모계로부터 A^*를 물려받거나 모계로부터 A를, 부계로부터 A^*를 물려받아야 한다. F_1이 유전자형이 AA^*인 암컷으로부터 A^*를 물려받을 확률은 $\frac{1}{2}$, A를 물려받을 확률은 $\frac{1}{2}$, 임의의 수컷으로부터 A^*를 물려받을 확률은 $\frac{2}{5}$이다. F_1이 검은색 몸일 확률은 $\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\times\frac{2}{5}=\frac{7}{10}$이다. F_1이 짧은 날개를 가지려면 부모로부터 각각 B^*를 물려받아야 한다. F_1이 유전자형이 BB^*인 암컷으로부터 B^*를 물려받을 확률은 $\frac{1}{2}$, 임의의 수컷으로부터 B^*를 물려받을 확률은 $\frac{3}{5}$이므로 F_1이 짧은 날개일 확률은 $\frac{1}{2}\times\frac{3}{5}=\frac{3}{10}$이다. F_1이 검은색 몸이면서 짧은 날개일 확률은 $\frac{7}{10}\times\frac{3}{10}=\frac{21}{100}$이다.

07 하디·바인베르크 법칙

Ⅰ의 G_1 세대에서 A의 빈도를 p_1, A^*의 빈도를 q_1, Ⅰ의 G_2 세대에서 A의 빈도를 p_2, A^*의 빈도를 q_2, Ⅱ의 G_1 세대에서 A의 빈도를 r_1, A^*의 빈도를 s_1, Ⅱ의 G_2 세대에서 A의 빈도를 r_2, A^*의 빈도를 s_2라고 하자.

Ⅰ의 G_2 세대에서 $\frac{\text{회색 몸 개체 수}}{\text{검은색 몸 개체 수}}=1$이므로 Ⅰ이 ⓐ라면 Ⅰ에서의 대립유전자의 빈도는 무리수가 되어 모순이다. Ⅱ가 ⓐ이다.

Ⅱ의 G_1 세대에서 $\frac{\text{A를 가진 개체들을 합쳐서 구한 A의 빈도}}{\text{A*를 가진 개체들을 합쳐서 구한 A*의 빈도}}=\frac{r_1+1}{s_1+1}=\frac{3}{2}$이므로 $r_1=r_2=\frac{4}{5}$, $s_1=s_2=\frac{1}{5}$이다. Ⅱ의 G_2 세대에서 $\frac{\text{회색 몸 개체 수}}{\text{검은색 몸 개체 수}}=\frac{16}{9}$이므로 검은색 몸이 우성 형질이다.

Ⅰ의 G_1 세대에서 유전자형이 AA인 개체 수 : AA^*인 개체 수 : A^*A^*인 개체 수=12 : 6 : 7이므로 $p_1=\frac{3}{5}$, $q_1=\frac{2}{5}$이다. Ⅰ의 G_2 세대에서 유전자형이 AA인 개체 수 : AA^*인 개체 수 : A^*A^*인 개체 수=5 : 4 : 1이므로 $p_2=\frac{7}{10}$, $q_2=\frac{3}{10}$이다.

✕. 유전자형이 AA^*인 개체는 검은색 몸을 갖는다.

㉡. Ⅰ의 G_1 세대에서 A의 빈도는 $\frac{3}{5}$, G_2 세대에서 A의 빈도는 $\frac{7}{10}$이므로 Ⅰ에서 A의 빈도는 G_2 세대에서가 G_1 세대에서보다 크다.

㉢. F_1이 회색 몸을 가지려면 부모로부터 각각 A를 물려받아야 한다. F_1이 유전자형이 AA^*인 암컷으로부터 A를 물려받을 확률은 $\frac{1}{2}$, 임의의 검은색 몸 수컷으로부터 A를 물려받을 확률은 $\frac{r_1s_1}{s_1^2+2r_1s_1}=\frac{r_2s_2}{s_2^2+2r_2s_2}=\frac{4}{9}$이다. F_1이 회색 몸일 확률은 $\frac{1}{2}\times\frac{4}{9}=\frac{2}{9}$이다.

08 유전자풀의 변화 요인

(가)는 창시자 효과의 예, (나)는 병목 효과의 예이다.

✕. (가)는 창시자 효과의 예이다.

㉡. (나)에서 F의 빈도는 t_1일 때가 t_2일 때보다 작다.

✕. DNA 염기 서열에 변화가 생겨 집단 내에 존재하지 않던 새로운 대립유전자가 나타나는 현상은 돌연변이이다.

09 유전자풀의 변화 요인

㉠. A에만 서식하는 도마뱀 중 일부가 B로 이주하여 새로운 집단을 형성하였으므로 (가)에서 창시자 효과가 일어났다.

✕. 창시자 효과와 자연 선택 같은 유전자풀의 변화 요인이 작용하였으므로 (나)에서 A의 도마뱀 유전자풀은 B의 도마뱀 유전자풀과 다르다.

㉢. (나)에서 B의 도마뱀 집단은 주로 식물을 섭취하므로 비대한 턱 근육과 맹장 판막(㉠)을 갖는 개체는 비대한 턱 근육과 맹장 판막(㉠)을 갖지 않는 개체보다 생존에 유리할 것이다.

10 유전자풀의 변화 요인

㉠. 돌연변이는 유전자풀에 새로운 대립유전자를 제공한다.

㉡. 플레밍이 푸른곰팡이에서 발견한 페니실린은 항생제(ⓐ)에 해당한다.

㉢. 불필요한 항생제 사용은 다제 내성균(ⓑ)의 출현 빈도를 증가시킬 수 있다.

11 종분화

산맥 형성에 의해 A로부터 B가 분화되었고, 이후 섬의 분리 Ⅰ에 의해 A로부터 C와 D의 공통 조상이 분화되었으며, 이후 섬의 분리 Ⅱ에 의해 C와 D의 공통 조상으로부터 C와 D가 각각 분화되었다.

㉠. C는 D와 서로 다른 생물학적 종이므로 생식적으로 격리되어 있다.

✕. 섬의 분리 Ⅰ은 산맥 형성보다 나중에 일어났다.

✕. A와 B의 유연관계는 A와 C의 유연관계보다 멀다.

12 종분화

그림을 토대로 작성한 A~E의 속과 과는 표와 같다.

종	속	과
A	㉠	Ⅰ
B	㉡	?(Ⅱ)
C	?(㉢)	Ⅱ
D	?(㉣)	Ⅰ
E	㉤	?(Ⅰ)

㉠. A는 속 ㉠에 속하고, D는 속 ㉤에 속하므로 A와 D는 서로 다른 속에 속한다.
㉡. B와 C는 모두 과 Ⅱ에 속하므로 B와 C는 서로 같은 과에 속한다.
㉢. 지리적 격리는 종분화가 일어나는 요인 중 하나이다.

12 생명 공학 기술과 인간 생활

수능 2점 테스트 본문 183~184쪽

01 ② 02 ⑤ 03 ① 04 ① 05 ④ 06 ⑤
07 ③ 08 ②

01 복제 동물

✕. A와 B는 유전적으로 다른 개체이므로 ㉠에 있는 모든 유전자와 ㉡에 있는 모든 유전자가 염기 서열이 동일하지는 않는다.
㉡. 배아에는 다양한 세포로 분화될 수 있는 줄기세포가 있다.
✕. X는 A의 체세포에서 추출한 핵 ㉠을 이용하여 만든 복제 동물이므로 X와 A가 유전적으로 같으며, X와 B는 유전적으로 다르다.

02 단일 클론 항체

㉠. 과정 Ⅰ에서 암세포와 B 림프구를 융합하는 세포 융합 기술이 사용된다.
㉡. 잡종 세포는 암세포와 B 림프구의 특징을 모두 가지므로 B 림프구와 같이 항체 생성 능력이 있다.
㉢. X를 주입하였을 때 생성된 B 림프구를 이용해 잡종 세포를 만들고 선별하여 배양한 세포에서 ㉠이 생성·분비되었으므로 ㉠은 X와 특이적으로 결합한다.

03 DNA 재조합과 재조합 세포 선별

㉠. 플라스미드를 자를 때는 제한 효소가 사용된다.
✕. ㉠이 A 저항성 유전자라면 A와 X를 첨가한 배지에서 플라스미드가 없거나 재조합 플라스미드를 갖는 대장균은 군체를 형성할 수 없고 재조합되지 않은 P를 갖는 개체만 군체를 형성할 수 있어 푸른색 군체만 형성되어야 한다. 실험 결과 푸른색 군체와 흰색 군체가 모두 생성되었으므로 ㉠은 젖당 분해 효소 유전자이다.
✕. 인슐린 유전자는 ㉠(젖당 분해 효소 유전자)에 삽입되므로 인슐린 유전자가 재조합된 플라스미드를 갖는 대장균은 항생제 A에서 살아남으며 X를 분해하지 못하므로 푸른색 물질을 만들지 못한다. 따라서 푸른색 군체와 흰색 군체 중 인슐린 유전자를 갖는 군체는 흰색 군체이다.

04 줄기세포

㉠. B를 배양하였을 때 배아가 형성되었으므로 B는 핵치환으로 만든 수정란이고, A는 역분화를 일으키는 유전자를 삽입한 체세포이다.

✕. 사람의 골수에서는 성체 줄기세포는 있지만 유도 만능(역분화) 줄기세포(가)는 없다.
✕. (가)와 (나)는 분화가 완료되지 않은 미분화 세포이다.

05 제한 효소

㉠. 제한 효소가 인식하는 DNA 이중 가닥 부위에서는 한 가닥의 염기 서열과 다른 가닥의 염기 서열이 같다. 따라서 BamH Ⅰ이 인식하는 서열의 5′ 말단에서 두 번째 염기는 구아닌(G)이다.
㉡. (가)에서 Sac Ⅰ의 인식 서열은 왼쪽에서 8번째 염기쌍부터 13번째 염기쌍까지이다. 따라서 Sac Ⅰ로 (가)를 자르면 8개의 염기쌍과 4개의 염기로 이루어진 단일 가닥이 있는 조각(20개의 염기)과 12개의 염기쌍과 4개의 염기로 이루어진 단일 가닥이 있는 조각(28개의 염기)이 생성된다.
✕. (가)에서 BamH Ⅰ의 인식 서열은 1군데이다.

06 DNA 재조합

㉠. 사람의 유전자에서 특정 유전자를 분리하거나 플라스미드를 자를 때 모두 제한 효소가 사용된다.
㉡. 인슐린 유전자와 잘린 플라스미드를 연결해 재조합 플라스미드를 만들 때 DNA 연결 효소를 사용한다.
㉢. Y에 인슐린 유전자를 갖는 플라스미드가 있으므로 Y를 배양한 균체에서 인슐린을 얻을 수 있다.

07 조직 배양

✕. A의 뿌리를 이용해 복제 당근 B를 만드는 과정에서 핵치환 기술은 사용되지 않았으며 조직 배양 기술이 사용된다.
✕. 캘러스는 미분화된 세포 덩어리로 잎, 줄기, 뿌리 등으로 분화할 수 있다.
㉢. A의 세포를 배양하고 분화시켜 B를 얻었으므로 A와 B는 유전적으로 동일하다.

08 제한 효소

✕. x를 A로 완전히 잘랐을 때 2개의 DNA 조각이 만들어지므로 x에서 A가 인식하여 절단하는 위치의 수는 1이다. x를 A와 C를 이용해 완전히 잘랐을 때 4개의 DNA 조각이 만들어지므로 x에서 C가 인식하여 절단하는 위치의 수는 2이다. x를 B와 C를 이용해 완전히 잘랐을 때 4개의 DNA 조각이 만들어지므로 x에서 B가 인식하여 절단하는 위치의 수는 1이다.
✕. x에서 A가 인식하여 절단하는 위치의 수가 1, B가 인식하여 절단하는 위치의 수가 1, C가 인식하여 절단하는 위치의 수가 2이므로 x를 A~C로 완전히 잘랐을 때 5개의 DNA 조각이 만들어진다. 따라서 ⓐ는 5이다.
㉢. x를 A로 완전히 잘랐을 때 염기 수가 26인 DNA 조각과 74인 DNA 조각이 각각 만들어지므로 x는 50개의 염기쌍으로 이루어져 있다. x를 A와 C로 완전히 잘랐을 때 조각의 염기 수를 조합하면 A로 잘랐을 때 만들어지는 조각의 염기 수인 26과 74가 되어야 한다. 전체 염기의 수가 100이므로 ⓑ와 ⓒ는 모두 60이 될 수 없으므로 ⓑ와 ⓒ 중 하나는 28이고, 나머지 하나는 12이다. ⓒ가 ⓑ보다 크므로 ⓒ−ⓑ=16이다.

수능 3점 테스트 본문 185~191쪽

01 ②	02 ⑤	03 ④	04 ⑤	05 ⑤	06 ④
07 ④	08 ②	09 ⑤	10 ②	11 ②	12 ②

01 DNA 재조합

✕. Ⅰ에는 항생제 A 저항성 유전자, 항생제 B 저항성 유전자, 항생제 C 저항성 유전자가 모두 없으므로 항생제를 첨가한 배지에서는 모두 균체를 형성하지 못한다. 따라서 (라)는 Ⅰ이며 ⓐ는 '×'이다. Ⅱ~Ⅳ는 모두 항생제 C 저항성 유전자가 발현되므로 C를 첨가한 배지에서 Ⅱ~Ⅳ는 모두 균체를 형성한다. 따라서 ㉡은 C이고 ⓑ는 '○'이다.
㉡. Ⅳ는 항생제 C 저항성 유전자만 발현되고 항생제 A 저항성 유전자와 항생제 B 저항성 유전자가 발현되지 않으므로 ㉠과 ㉢을 각각 첨가한 배지에서는 균체를 형성하지 못한다. 따라서 (가)는 Ⅳ이다.
✕. ㉢을 첨가한 배지에서 (나)와 (다)가 모두 균체를 형성하므로 ㉢은 A이고, ㉠은 B이다. (다)는 ㉠을 첨가한 배지에서 균체를 형성하지 못하므로 (다)에는 항생제 B 저항성 유전자가 발현되지 않는다.

02 DNA 재조합

㉠. (가)와 (나)에서 제한 효소에 의해 잘린 부분이 동일하므로 Sla Ⅰ과 Xho Ⅰ은 인식하는 서열이 같다.
㉡. x에서 ㉡을 얻을 때 Xho Ⅰ에 의해 최소 2군데가 잘렸으므로 x에는 Xho Ⅰ이 인식하는 서열이 최소 2군데 있다.
㉢. (다)에서 DNA 연결 효소에 의해 당과 인산 사이의 결합이 형성된다.

03 제한 효소

✕. 원형 DNA x를 FnuD Ⅱ로 잘랐으므로 (가)의 가장 왼쪽 2개의 염기쌍과 (가)의 가장 오른쪽 2개의 염기쌍은 모두 GC쌍이다. 따라서 ㉡에서 염기 간 수소 결합의 총개수는 6개이다. (가)에는 Bcl Ⅰ과 Asu Ⅱ의 인식 서열이 있으므로 ㉠은 Bcl Ⅰ의 인식 서열에 포함되어 있다. 따라서 ㉠에는 2개의 AT쌍이 있으며 ㉠에서 염기 간 수소 결합의 총개수는 4개이다.

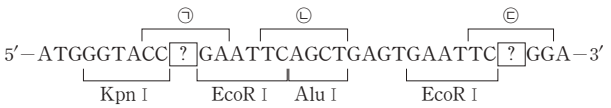
ㄴ. (가)에서 Bcl Ⅰ의 인식 서열은 왼쪽에서 6번째 염기쌍부터 11번째 염기쌍까지이다. 따라서 (가)를 Bcl Ⅰ로 자르면 6개의 염기쌍과 4개의 염기로 이루어진 단일 가닥이 있는 조각이 만들어지며 이 조각에는 16개의 염기가 있다.

ㄷ. x에는 Asu Ⅱ의 인식 서열이 2군데 있다. x는 원형 DNA이므로 x를 Asu Ⅱ로 완전히 자르면 2개의 조각이 만들어진다.

04 제한 효소

ㄱ. x는 36쌍의 염기쌍으로 이루어져 있으므로 ㉮+60=㉯+38=72이다. 따라서 ㉮는 12이고, ㉯는 34이다. ⓑ가 Alu Ⅰ이면 왼쪽에서 5번째 염기쌍부터 8번째 염기쌍 혹은 29번째 염기쌍부터 32번째 염기쌍이 Alu Ⅰ이 인식하는 염기 서열이어야 한다. 이는 불가능하므로 ⓑ는 Alu Ⅰ이 아니다. ⓑ가 EcoR Ⅰ이면 4번째 염기쌍부터 9번째 염기쌍 혹은 28번째 염기쌍부터 33번째 염기쌍이 EcoR Ⅰ이 인식하는 염기 서열이어야 한다. 이는 불가능하므로 ⓑ는 Kpn Ⅰ이다. ⓒ가 EcoR Ⅰ이라면 15번째 염기쌍부터 20번째 염기쌍 혹은 17번째 염기쌍부터 22번째 염기쌍까지 EcoR Ⅰ이 인식하는 염기 서열이어야 한다. 이는 불가능하므로 ⓐ는 EcoR Ⅰ이고, ⓒ는 Alu Ⅰ이다.

ㄴ. Kpn Ⅰ(ⓑ)이 인식하는 염기 서열은 4번째 염기쌍부터 9번째 염기쌍 혹은 28번째 염기쌍부터 33번째 염기쌍 중 하나이다. 28번째 염기쌍부터 33번째 염기쌍은 불가능하므로 Kpn Ⅰ(ⓑ)이 인식하는 염기 서열은 4번째 염기쌍부터 9번째 염기쌍이므로 ㉠에서 5′ 말단에서부터 연속된 2개의 염기는 모두 사이토신(C)이다. EcoR Ⅰ(ⓐ)로 x를 완전히 잘랐을 때 생성되는 각 조각의 염기 수는 16−28−28 또는 28−16−28 또는 28−28−16이다. 16−28−28이라면 6번째 염기쌍부터 11번째 염기쌍까지와 20번째 염기쌍부터 25번째 염기쌍까지가 EcoR Ⅰ이 인식하는 염기 서열이어야 하는데 이는 불가능하므로 16−28−28은 아니다. 28−16−28이라면 12번째 염기쌍부터 17번째 염기쌍까지와 20번째 염기쌍부터 25번째 염기쌍까지가 EcoR Ⅰ이 인식하는 염기 서열이어야 하는데 이는 불가능하므로 EcoR Ⅰ(ⓐ)로 x를 완전히 잘랐을 때 생성되는 각 조각의 염기 수는 28−28−16이며, 12번째 염기쌍부터 17번째 염기쌍까지와 26번째 염기쌍부터 31번째 염기쌍까지가 EcoR Ⅰ이 인식하는 염기 서열이다. Alu Ⅰ(ⓒ)이 인식하는 염기 서열은 16번째 염기쌍부터 19번째 염기쌍 혹은 18번째 염기쌍부터 21번째 염기쌍 중 하나이다. 16번째 염기쌍부터 19번째 염기쌍은 불가능하므로 Alu Ⅰ(ⓒ)이 인식하는 염기 서열은 18번째 염기쌍부터 21번째 염기쌍까지이다. x 중 한 가닥의 염기 서열과 제한 효소 인식 서열은 그림과 같다.



따라서 ㉠과 상보적인 것은 ㉢이다.

ㄷ. Ⅳ에서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수를 더해서 16을 만들 수 없으므로 Ⅳ에는 ⓐ를 넣지 않았다. 따라서 Ⅳ에 첨가한 제한 효소는 ⓑ와 ⓒ이다.

05 DNA 전기 영동

ㄱ. ⓐ가 ㉠이라면 ㉠으로 잘랐을 때 3개의 조각이 만들어지고, ㉡으로 잘랐을 때 1개의 조각이 만들어진다. Ⅰ에서 2개의 DNA 띠가 형성되었으므로 ⓐ는 ㉡이다.

ㄴ. Ⅲ에서 얻은 DNA 조각을 홈에 넣고 이동시켰을 때 4개의 DNA 띠가 형성되므로 Ⅲ에서 처리한 제한 효소는 ㉠과 ㉡이다.

ㄷ. 플라스미드를 ㉠으로 잘랐을 때도 2개의 조각이 만들어지고 ㉡으로 잘랐을 때도 2개의 조각이 만들어진다. 따라서 ㉮에는 1개의 DNA 띠가 있다.

06 단일 클론 항체

ㄱ. ⓐ는 암세포와 달리 일정 시간 동안만 생존하고 분열한다. 따라서 지속적으로 항체를 생성하는 세포를 만들려면 죽지 않고 계속 분열하는 세포와 융합하거나 항체 유전자를 죽지 않고 계속 분열하는 세포에 재조합하여야 한다.

ㄴ. ㉠을 이용하여 X에 대한 항체 유전자를 추출하였으므로 ⓑ에 ㉠의 인식 서열이 있다.

ㄷ. ⓒ는 X에 대한 항체 유전자를 가진 (가)로부터 추출한 단일 클론 항체이므로 X에 결합한다.

07 제한 효소

ㄱ. x를 ⓐ로 잘랐을 때 생성된 각 DNA 조각의 염기 수가 12와 48이므로 ⓐ의 인식 서열은 제시된 가닥의 5′ 말단에서 4번째인 염기부터 9번째 염기까지인 5′−㉠㉣㉠㉢㉡㉢−3′이거나 22번째 염기부터 27번째 염기까지인 5′−㉡㉢㉠㉣㉠㉡−3′이다. 제한 효소의 인식 서열은 5′ 말단 염기와 3′ 말단 염기가 같을 수 없으므로 ⓐ의 인식 서열은 5′−㉠㉣㉠㉢㉡㉢−3′이다. x를 ⓒ로 잘랐을 때 생성된 각 DNA 조각의 염기 수가 14와 46이므로 ⓒ의 인식 서열은 제시된 가닥의 5′ 말단에서 5번째인 염기부터 10번째 염기까지인 5′−㉣㉠㉢㉡㉢㉣−3′이거나 21번째 염기부터 26번째 염기까지인 5′−㉢㉡㉢㉠㉣㉠−3′이다. 제한 효소의 인식 서열은 5′ 말단 염기와 3′ 말단 염기가 같을 수 없으므로 ⓒ의 인식 서열은 5′−㉢㉡㉢㉠㉣㉠−3′이다. 따라서 ⓐ와 ⓒ는 각각 Xba Ⅰ과 Bgl Ⅱ 중 하나이고, ⓑ는 Sac Ⅰ이다.

ㄴ. ㉠이 A이라면 ㉣은 G, ㉢은 T, ㉡은 C이며, x에는 Sac Ⅰ의 인식 서열이 있으므로 5′−㉣㉠㉣㉡㉢㉡−3′이 있어야 한다. ㉠이 T이라면 ㉣은 C, ㉢은 A, ㉡은 G이며, x에는 Sac Ⅰ의 인식 서열이 있으므로 5′−㉡㉢㉡㉣㉠㉣−3′이 있어야 한다. 5′−㉣㉠㉣㉡㉢㉡−3′은 없고 5′−㉡㉢㉡㉣㉠㉣−3′이 있으므로 ㉠이 T, ㉣은 C, ㉢은 A, ㉡은 G이며, ⓐ는 Xba Ⅰ이고, ⓒ는 Bgl Ⅱ이다.

ㄷ. Sac Ⅰ(ⓑ)의 인식 서열이 5′−㉡㉢㉡㉣㉠㉣−3′이므로 x를 ⓑ로 완전히 자른 결과 생성되는 DNA 조각 중 하나는 13개의 염기쌍과 4개의 염기로 이루어진 단일 가닥이 있는 조각이며, 이 조각에는 30개의 염기가 있다.

08 줄기세포

✕. P를 만드는 과정에는 DNA 재조합, 조직 배양 등이 사용되었으며, 핵치환 기술은 사용되지 않았다.

○. P는 역분화 줄기세포로 신경 세포나 근육 세포 등 여러 종류의 세포로 분화할 수 있다.

✕. P는 A의 체세포를 역분화시켜 얻은 줄기세포이므로 P에 있는 모든 유전자는 B의 체세포에 있는 모든 유전자와 염기 서열이 같지는 않다.

09 제한 효소

㉠. x는 38개의 염기쌍으로 이루어져 있으므로 시험관에서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수를 모두 더하면 76이어야 한다. 따라서 ⓐ는 42이고, ⓑ는 34이다.

✕. Ⅳ에서 제한 효소를 넣고 x를 완전히 자른 결과 생성된 DNA 조각 수가 4이므로 Ⅳ에 넣은 제한 효소는 Xma Ⅰ과 Hind Ⅲ이거나 Xma Ⅰ과 Cla Ⅰ이다. Ⅳ에 Hind Ⅲ을 넣었다면 Ⅳ에서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수를 조합하여 Ⅱ에서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수 중 하나인 30이 되어야 하는데 이것은 불가능하므로 Ⅳ에 넣은 제한 효소는 Xma Ⅰ과 Cla Ⅰ이다.

○. Xma Ⅰ을 넣고 x를 완전히 자른 결과 생성된 각 DNA 조각의 염기 수가 16, 18, ⓐ(42)이므로 제시된 가닥의 5′ 말단에서 6번째 염기부터 11번째 염기(5′－CCCGGG－3′) 또는 7번째 염기부터 12번째 염기(5′－CCGGGA－3′) 또는 19번째부터 24번째 염기(5′－ATAAGC－3′) 중 하나가 Xma Ⅰ의 인식 서열에 포함된다. 이 중 6개의 염기쌍 중 이중 가닥 부위에서 한 가닥의 염기 서열과 다른 가닥의 염기 서열이 같은 것은 5′－CCCGGG－3′이므로 Xma Ⅰ의 인식 서열은 5′－CCCGGG－3′이다. Hind Ⅲ을 넣고 x를 완전히 자른 결과 생성된 각 DNA 조각의 염기 수가 30, 46이므로 제시된 가닥의 5′ 말단에서 13번째 염기부터 18번째 염기(5′－TGATCG－3′) 또는 21번째부터 26번째 염기(5′－AAGCTT－3′) 중 하나가 Hind Ⅲ의 인식 서열이다. 이 중 이중 가닥 부위에서 한 가닥의 염기 서열과 다른 가닥의 염기 서열이 같은 것은 5′－AAGCTT－3′이므로 Hind Ⅲ의 인식 서열은 5′－AAGCTT－3′이다. Cla Ⅰ을 넣고 x를 완전히 자른 결과 생성된 각 DNA 조각의 염기 수가 34, 42이므로 제시된 가닥의 5′ 말단에서 15번째 염기부터 20번째 염기(5′－ATCGAT－3′) 또는 19번째부터 24번째 염기(5′－ATAAGC－3′) 중 하나가 Cla Ⅰ의 인식 서열이다. 이 중 6개의 염기쌍 중 DNA 이중 가닥 부위에서 한 가닥의 염기 서열과 다른 가닥의 염기 서열이 같은 것은 5′－ATCGAT－3′이므로 Cla Ⅰ의 인식 서열은 5′－ATCGAT－3′이다. 따라서 염기 간 수소 결합의 총 수는 Xma Ⅰ이 인식하는 서열이 18, Hind Ⅲ이 인식하는 서열이 14, Cla Ⅰ이 인식하는 서열이 14이다.

10 제한 효소

BamH Ⅰ을 첨가한 Ⅰ에서 x를 완전히 자른 결과 생성된 각 DNA 조각의 염기 수가 14와 66이므로 제시된 가닥의 5′ 말단에서 5번째 염기부터 10번째 염기(5′－GGAT??－3′) 또는 31번째 염기부터 36번째 염기(5′－GGGGAG－3′) 중 하나가 5′－GGATCC－3′이어야 한다. 따라서 ㉠의 5′ 말단에서 연속된 2개의 염기는 5′－CC－3′이다.

✕. ⓐ가 EcoR Ⅰ이라면 제시된 가닥에서 5′－GAATTC－3′이 2군데 있어야 하는데 불가능하므로 ⓐ는 Sma Ⅰ이다.

○. Sma Ⅰ의 인식 서열이 2군데이고 제시된 가닥의 5′ 말단에서 28번째 염기에서부터 33번째 염기(5′－CCCGGG－3′)이므로 다른 부위에 5′－CCCGGG－3′이 있어야 한다. ㉠의 5′ 말단에서 연속된 2개의 염기가 5′－CC－3′이므로 ㉠의 염기 서열은 5′－CCCG－3′이며 제시된 가닥의 9번째 염기부터 14번째 염기(5′－CCCGGG－3′)가 Sma Ⅰ의 인식 서열이다. Ⅲ에서 x를 완전히 자른 결과 생성된 DNA 조각 수가 2이므로 EcoR Ⅰ의 인식 서열은 1군데이다. 이를 만족할 수 있는 부분은 ㉡의 일부, ㉡과 ㉢ 사이에 있는 2개의 염기(5′－TT－3′), ㉢의 일부를 포함하는 부위이다. ㉡은 A을 포함하며 ㉠과 상보적일 수 없으므로 ㉠과 상보적인 것은 ㉢이다.

✕. x에 ⓐ를 넣고 ⓑ와 BamH Ⅰ 중 하나를 첨가하여 완전히 자르면 생성되는 DNA 조각은 4개이다. Ⅳ에서는 x를 완전히 자른 결과 생성된 DNA 조각이 3개이므로 Ⅳ에 첨가한 제한 효소는 BamH Ⅰ과 EcoR Ⅰ(ⓑ)이다.

11 DNA 재조합

✕. ㉠은 X를 넣은 배지에서도 Y를 넣은 배지에서도 군체를 만들고 모든 배지에서 푸른색 군체를 만든다. 따라서 ㉠을 이루는 대장균에는 재조합되지 않은 P가 있고 ㉮는 없다.

✕. ㉡은 X나 Y를 첨가한 배지에서 군체를 만들지 못하고 항생제가 없는 배지에서 흰색 군체를 형성하므로 플라스미드가 없는 Ⅰ의 군체이다.

○. Y와 Z를 첨가한 배지에서 흰색 군체가 형성되었으므로 항생제 Y 저항성 유전자는 있고, 젖당 분해 효소 유전자는 없는 플라스미드를 갖는 대장균이 있다. 따라서 이 실험에서 C를 사용하였다.

12 DNA 재조합 모의활동

✕. 고리 모양의 플라스미드 모형인 ⓐ에는 ㉠의 인식 서열이 최소 2군데 이상 있다. 따라서 ⓐ를 ㉠으로 완전히 자르면 2개 이상의 DNA 조각이 생성된다.

○. DNA 모형에서 ㉠의 절단 위치를 가위로 자르면 단일 가닥에 4개의 염기(5′－AATT－3′)가 있는 조각이 형성되므로 ㉠은 G과 A 사이의 당-인산 결합을 절단한다.

✕. 인슐린 유전자 내에 5′－GAATTC－3′의 염기 서열이 있으면 인슐린 유전자가 ㉠에 의해 잘려 인슐린 유전자가 포함된 재조합 DNA를 만들 수 없다.

01 생명 과학의 역사

수능 2점 테스트

본문 8쪽

01 ① 02 ⑤ 03 ④ 04 ②

수능 3점 테스트

본문 9쪽

01 ④ 02 ③

02 세포의 특성

수능 2점 테스트

본문 18~19쪽

01 ③ 02 ③ 03 ④ 04 ⑤ 05 ⑤ 06 ⑤
07 ⑤ 08 ⑤

수능 3점 테스트

본문 20~23쪽

01 ③ 02 ⑤ 03 ④ 04 ③ 05 ⑤ 06 ③
07 ⑤ 08 ④

03 세포막과 효소

수능 2점 테스트

본문 32~34쪽

01 ⑤ 02 ② 03 ③ 04 ⑤ 05 ④ 06 ⑤
07 ③ 08 ② 09 ③ 10 ⑤ 11 ⑤ 12 ⑤

수능 3점 테스트

본문 35~37쪽

01 ⑤ 02 ⑤ 03 ① 04 ③ 05 ⑤ 06 ⑤

04 세포 호흡과 발효

수능 2점 테스트

본문 46~49쪽

01 ② 02 ④ 03 ① 04 ① 05 ④ 06 ⑤
07 ① 08 ② 09 ① 10 ③ 11 ⑤ 12 ④
13 ⑤ 14 ⑤ 15 ③ 16 ③

수능 3점 테스트

본문 50~55쪽

01 ② 02 ⑤ 03 ① 04 ② 05 ① 06 ③
07 ③ 08 ④ 09 ② 10 ① 11 ⑤ 12 ⑤

05 광합성

수능 2점 테스트 본문 64~67쪽

01 ③	02 ③	03 ⑤	04 ⑤	05 ②	06 ③
07 ④	08 ⑤	09 ①	10 ②	11 ⑤	12 ⑤
13 ④	14 ③	15 ①	16 ①		

수능 3점 테스트 본문 68~73쪽

01 ⑤	02 ①	03 ④	04 ④	05 ③	06 ③
07 ④	08 ②	09 ③	10 ④	11 ②	12 ⑤

06 유전 물질

수능 2점 테스트 본문 80~84쪽

01 ①	02 ⑤	03 ⑤	04 ①	05 ③	06 ③
07 ②	08 ③	09 ④	10 ③	11 ②	12 ③
13 ⑤	14 ⑤	15 ①	16 ③	17 ④	18 ①
19 ⑤	20 ②				

수능 3점 테스트 본문 85~91쪽

01 ③	02 ⑤	03 ③	04 ⑤	05 ②	06 ⑤
07 ④	08 ④	09 ⑤	10 ④	11 ②	12 ①

07 유전자 발현

수능 2점 테스트 본문 101~104쪽

01 ③	02 ④	03 ③	04 ①	05 ③	06 ②
07 ③	08 ⑤	09 ④	10 ①	11 ②	12 ⑤
13 ③	14 ④	15 ②	16 ⑤		

수능 3점 테스트 본문 105~111쪽

01 ①	02 ①	03 ⑤	04 ①	05 ③	06 ④
07 ②	08 ④	09 ⑤	10 ③	11 ②	12 ④

08 유전자 발현의 조절

수능 2점 테스트 본문 121~124쪽

01 ②	02 ⑤	03 ①	04 ③	05 ③	06 ③
07 ④	08 ③	09 ①	10 ①	11 ④	12 ①
13 ③	14 ④	15 ④	16 ④		

수능 3점 테스트 본문 125~133쪽

01 ④	02 ③	03 ③	04 ①	05 ⑤	06 ⑤
07 ⑤	08 ③	09 ①	10 ①	11 ①	12 ④
13 ③	14 ⑤	15 ⑤	16 ⑤		

09 생명의 기원

수능 2점 테스트

본문 141~143쪽

01 ②	02 ①	03 ⑤	04 ④	05 ⑤	06 ①
07 ④	08 ①	09 ②	10 ③	11 ②	12 ③

수능 3점 테스트

본문 144~147쪽

01 ④	02 ④	03 ⑤	04 ③	05 ⑤	06 ③
07 ①	08 ②				

10 생물의 분류와 다양성

수능 2점 테스트

본문 155~157쪽

01 ⑤	02 ⑤	03 ③	04 ①	05 ④	06 ③
07 ③	08 ③	09 ⑤	10 ②	11 ⑤	12 ④

수능 3점 테스트

본문 158~161쪽

01 ③	02 ②	03 ⑤	04 ③	05 ⑤	06 ③
07 ⑤	08 ③				

11 생물의 진화

수능 2점 테스트

본문 168~171쪽

01 ③	02 ②	03 ①	04 ①	05 ④	06 ④
07 ②	08 ⑤	09 ②	10 ③	11 ⑤	12 ③
13 ③	14 ⑤	15 ④	16 ④		

수능 3점 테스트

본문 172~177쪽

01 ③	02 ⑤	03 ①	04 ④	05 ②	06 ①
07 ④	08 ②	09 ③	10 ⑤	11 ①	12 ⑤

12 생명 공학 기술과 인간 생활

수능 2점 테스트

본문 183~184쪽

01 ②	02 ⑤	03 ①	04 ①	05 ④	06 ⑤
07 ③	08 ②				

수능 3점 테스트

본문 185~191쪽

01 ②	02 ⑤	03 ④	04 ⑤	05 ⑤	06 ④
07 ④	08 ②	09 ⑤	10 ②	11 ②	12 ②