

수능특강 과학탐구영역 생명과학II

정답과 해설

01 생명 과학의 역사

2점 수능 테스트

본문 10쪽

01 ③ 02 ② 03 ④ 04 ⑤

01 생명 과학의 주요 주장

(가)는 유전자설, (나)는 자연 발생설, (다)는 자연 선택설이다.

✗. 유전자설(가)은 1926년 생명 과학자 모건이 처음 주장하였다. DNA 분자 구조는 1953년 왓슨과 크릭에 의해 규명되었다.

✗. 파스퇴르는 백조목 플라스크를 이용한 실험을 통해 (나)와 같은 자연 발생설을 부정하고, 생물은 이미 존재하는 생물로부터만 생겨날 수 있다는 생물 속생설을 입증하였다.

○. 1859년 다윈은 (다)와 같은 자연 선택설을 이용하여 개체의 번이가 누적되어 생물이 진화한다고 주장하였다.

02 분자 생물학의 주요 연구 성과

✗. DNA 분자 구조의 규명(나)은 1953년 왓슨과 크릭에 의한, 유전부호의 해독(가)은 1960년대 니런버그와 마테이에 의한, 유전자 재조합 기술의 개발(다)은 1973년 코헨과 보이어에 의한 성과이다. 따라서 (가)는 (다)보다 먼저 이룬 성과이다.

○. 제한 효소, 플라스미드, DNA 연결 효소를 이용하는 유전자 재조합 기술은 인슐린과 같은 의약품과 유전자 변형 생물의 생산에 이용된다.

✗. 에이버리는 1944년에 폐렴 쌍구균의 형질 전환 실험을 통해 DNA가 유전 물질임을 규명하였다. 따라서 에이버리에 의해 DNA가 유전 물질임이 규명된 것은 (나)보다 먼저 이룬 성과이다.

03 생명 과학의 주요 주장

A는 다윈, B는 술라이텐이다.

○. 다윈은 비글호 탐사에서 수많은 동·식물 표본과 화석을 수집하고, 갈라파고스 군도의 생물을 관찰한 결과를 분석·종합하여 1859년 자연 선택설을 주장하였다.

✗. 1665년 훅은 자신이 만든 현미경으로 얇게 자른 코르크를 관찰한 후 벌집 모양의 구조 배열을 발견하고 처음으로 세포라고 명명하였다. 술라이텐(B)은 1838년 식물체의 각 부위를 현미경으로 관찰한 후 식물체가 세포로 이루어져 있다는 식물 세포설을 주장하였다.

○. 아리스토텔레스(B.C. 384~B.C. 322)는 생물이 비생물로부터

우연히 생겨난다는 자연 발생설을 주장하였다. 따라서 자연 발생설(㉠)은 1859년 주장된 자연 선택설(㉡)보다 먼저 주장되었다.

04 유전학과 분자 생물학의 주요 연구

✗. 1865년 완두의 교배 실험 결과를 분석하여 유전의 기본 원리를 발표한 사람은 멘델(A)이다. 멘델은 부모의 형질은 입자인 유전 인자의 형태로 자손에게 전달된다는 것을 알아냈다. 이후 멘델이 가정한 유전 인자를 1909년에 요한센이 처음으로 유전자라고 명명하였으며, 1944년 에이버리의 형질 전환 실험을 통해 DNA가 유전 물질임이 규명되었다.

○. 왓슨과 크릭은 샤가프에 의해 밝혀진 DNA 염기 조성의 특징, 프랭클린이 촬영한 DNA의 X선 회절 사진 등을 분석하여 DNA의 분자 구조를 규명하였다.

○. PCR를 이용하여 소량의 DNA를 많은 양으로 증폭할 수 있는 기술(㉢)은 유전자의 작용에 관한 연구뿐만 아니라 여러 종류의 유전병과 감염성 질환을 진단하는 기술에 이용되고 있다.

3점 수능 테스트

본문 11쪽

01 ② 02 ⑤

01 생명 과학의 주요 연구 성과

A는 하비, B는 린네, C는 레이우엔훅이다.

✕. 하비(A)는 1628년 혈액 순환의 원리를 알아냈다. 1931년 투과 전자 현미경이 발명되고, 이후 주사 전자 현미경이 발명되었다. 따라서 (가)에 전자 현미경이 이용되지 않았다.

○. 린네(B)는 1753년 분류의 기본 단위인 종의 개념을 명확히 하고, 종의 학술 명칭(학명)의 표기법인 이명법을 고안하여 생물을 체계적으로 분류하는 방법을 제안하였다. 플레밍은 1928년 세균 배양 접시에 핀 푸른곰팡이에서 세균의 증식을 억제하는 물질인 페니실린을 발견하였다. 따라서 플레밍에 의한 페니실린의 발견은 (나)보다 나중에 이룬 성과이다.

✕. (가)는 1628년 하비에 의한, (나)는 1753년 린네에 의한, (다)는 1673년 레이우엔훅에 의한 성과이다. 따라서 (가)~(다)를 시대 순으로 배열하면 (가) → (다) → (나)이다.

02 미생물과 감염병에 관한 연구

○. 1800년대 후반에 I는 코흐가, II는 파스퇴르가 수행한 실험이다.

○. 1796년 제너는 우두에 걸린 여성에서 채취한 고름을 한 소년에게 접종하여 천연두를 예방하는 방법인 종두법을 개발하였다. 따라서 제너의 종두법은 1881년 파스퇴르가 수행한 실험(II)보다 먼저 이루어졌다.

○. 코흐는 세균을 배양하고 연구하는 방법을 고안하여 감염병의 원인을 규명하는 과정을 정립하였다. 파스퇴르는 백신을 개발하고 백신의 효과를 입증하였다. 따라서 I과 II의 성과를 통해 백신을 개발하고 감염병을 예방하는 기틀이 마련되었다.

02 세포의 특성

2점 수능 테스트

본문 22~24쪽

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

01 생물의 구성 단계

동물의 구성 단계는 세포 → 조직 → 기관 → 기관계 → 개체이고, 식물의 구성 단계는 세포 → 조직 → 조직계 → 기관 → 개체이다.

✕. A는 심장으로 동물의 구성 단계 중 기관에 해당하며, C는 관다발 조직계로 식물의 구성 단계 중 조직계에 해당한다.

○. B는 식물의 구성 단계 중 조직에 해당하는 물관 조직(물관)이다. 울타리 조직도 식물의 구성 단계 중 조직에 해당하므로 B와 울타리 조직은 식물의 같은 구성 단계에 있다.

○. D는 식물의 구성 단계 중 기관에 해당하는 줄기이다.

02 식물의 구성 단계

A는 해면 조직이고, B는 관다발 조직계이다.

✕. 유조직은 식물의 구성 단계 중 조직(가)에 해당하고, 표피 세포는 식물의 구성 단계 중 세포(다)에 해당한다. 따라서 나머지 (나)는 조직계이다. A는 해면 조직으로 유조직에 해당한다. 그러므로 A는 조직(가)의 예에 해당한다.

○. 관다발 조직계(B)는 물관과 체관으로 이루어져 있어 물과 양분의 이동에 관여한다.

✕. 식물의 구성 단계는 세포 → 조직 → 조직계 → 기관 → 개체이므로 (가)~(다)를 식물의 구성 단계에 따라 순서대로 나열하면 세포(다) → 조직(가) → 조직계(나)이다.

03 세포의 연구 방법

○. 투과 전자 현미경과 주사 전자 현미경은 모두 광원으로 전자선을 사용한다.

✕. 세포 분획법에서 세포 파쇄액을 원심 분리기에 넣고 회전시키면 크고 무거운 세포 소기관일수록 먼저 침전된다. 핵은 미토콘드리아보다 크기가 크고, 무게가 무거우므로 먼저 침전된다.

○. 방사성 동위 원소가 포함된 물질을 세포에 넣어준 후 방사성 동위 원소에서 방출되는 방사선을 추적하면 세포 내 물질이 이동하는 경로를 알아낼 수 있다.

04 광학 현미경과 전자 현미경의 비교

(가)는 광학 현미경, (나)는 투과 전자 현미경이다.

- ㉠ 광학 현미경(가)을 이용하여 짙신벌레와 같은 원생생물 등을 살아 있는 상태 그대로 관찰할 수 있다.
- ✗ 해상력은 투과 전자 현미경(나)이 광학 현미경(가)보다 뛰어나다.
- ✗ (가)는 광원으로 가시광선을 이용하고, (나)는 광원으로 전자선을 이용하므로 (가)는 광학 현미경, (나)는 투과 전자 현미경이다.

05 생명체를 구성하는 기본 물질

(가)는 중성 지방, (나)는 인지질, (다)는 스테로이드이다.

- ㉠ 중성 지방(가)은 피부 아래의 지방층을 구성하여 체온 유지에 관여한다. 그래서 추운 지방에 사는 동물은 피부 아래의 지방층이 두껍게 발달되어 추위를 견딜 수 있다.
- ㉡ 세포막, 핵막과 같은 생체막의 주성분은 인지질(나)과 단백질이다.
- ㉢ 스테로이드(다)는 부신 겉질 호르몬과 성호르몬 등의 구성 성분이다.

06 생명체를 구성하는 기본 물질

(가)는 RNA, (나)는 글리코젠, (다)는 DNA이다.

- ㉠ DNA(다)뿐만 아니라 RNA(가)는 뉴클레오타이드를 기본 단위로 하며, 뉴클레오타이드는 인산, 당, 염기가 1:1:1로 결합된 물질이다.
- ㉡ DNA(다)는 이중 나선 구조를 이루며, 유전 정보를 저장하는 역할을 한다.
- ✗ 핵산인 DNA(다)와 RNA(가)는 모두 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 인(P)을 구성 원소로 한다. 그러나 탄수화물인 글리코젠(나)은 탄소(C), 수소(H), 산소(O)를 구성 원소로 하며, 질소(N)를 가지고 있지 않다.

07 아미노산의 구조와 펩타이드 결합

- ✗ (가)는 아미노산이다. 단당류는 탄수화물의 기본 단위이며, 구성 원소로 질소(N)를 가지지 않는다.
- ㉠ 아미노산 2분자가 화학 결합으로 1분자의 화합물을 형성할 때 H₂O(물) 1분자가 방출된다. 따라서 ㉠은 H₂O(물)이다.
- ✗ 단백질을 구성하는 아미노산은 20종류이며, 아미노산의 종류는 곁사슬(㉠)의 종류에 따라 나뉜다.

08 동물 세포의 구조

A는 핵, B는 리보솜, C는 미토콘드리아이다.

- ✗ 핵(A)과 미토콘드리아(C)에는 DNA가 있으나 리보솜(B)에는

DNA가 없다. 리보솜을 구성하는 성분은 rRNA와 단백질이다.

- ㉠ 리보솜(B)은 단백질 합성에 관여한다.
- ㉡ 미토콘드리아(C)에서는 포도당과 같은 유기물의 화학 에너지가 ATP의 화학 에너지로 전환되는 세포 호흡이 일어난다.

09 세포 소기관의 형태와 기능

(가)는 엽록체, (나)는 중심체, (다)는 골지체이다.

- ㉠ 엽록체(가)에서는 빛에너지가 포도당과 같은 유기물의 화학 에너지로 전환되는 광합성이 일어난다.
- ✗ 중심체(나)는 미세 섬유가 아닌 미세 소관으로 이루어져 있다.
- ㉡ 단백질의 분비에 관여하는 골지체(다)는 소화샘 세포나 내분비샘 세포처럼 분비 기능이 활발한 세포에 발달되어 있다.

10 세포 골격

(가)는 미세 섬유, (나)는 미세 소관이다.

- ㉠ 미세 섬유(가)는 액틴 단백질로 이루어져 있다.
- ㉡ 미세 소관(나)으로 이루어진 방추사는 세포 분열 시 염색체의 이동에 관여한다.
- ㉢ 미세 섬유(가)와 미세 소관(나)은 중간 섬유를 포함하여 모두 세포 골격에 해당한다.

11 단백질의 합성과 분비 과정

단백질은 핵(A)에 들어 있는 DNA의 유전 정보에 따라 리보솜(B)에서 합성된다. 리보솜에서 합성된 단백질은 소포체(C)를 거쳐 골지체(D)로 전달된다. 골지체로 들어온 단백질은 분비 소낭에 담겨 세포막으로 이동하고, 분비 소낭의 막이 세포막과 융합되면서 세포 밖으로 분비된다.

- ㉠ DNA의 유전 정보를 담고 있는 A는 핵이다.
- ✗ 소포체(C)는 단일막 구조이다. 그러나 리보솜(B)은 막으로 이루어져 있지 않다.
- ㉡ 단백질은 소포체에서 골지체로 운반 소낭(수송 소낭)에 담겨져 이동한다.

12 세균과 식물 세포의 구조

(가)는 식물 세포, (나)는 세균이다.

- ㉠ 식물 세포에는 세포 호흡에 관여하는 미토콘드리아가 있다.
- ✗ 원핵세포인 세균에는 핵막이 없어 유전 물질이 세포질에 존재한다.
- ✗ 식물 세포의 세포벽은 셀룰로스가 주성분이고, 세균의 세포벽은 셀룰로스가 주성분이 아니다.

3점 수능 테스트

본문 25~29쪽

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

01 동물의 조직

(가)는 상피 조직, (다)는 신경 조직이므로 (나)는 결합 조직이다. A~C는 각각 신경 조직, 상피 조직, 결합 조직의 예이다.

㉠ 상피 조직(가)은 피부와 같은 보호 상피, 침샘이나 위샘과 같은 샘 상피, 눈의 망막이나 후각 상피와 같은 감각 상피, 소장 내벽과 같은 흡수 상피 등으로 구분되며, 이들 중 샘 상피는 물질 분비의 기능을 갖는다.

㉡ 혈액(C)은 결합 조직(나)의 예이다.

㉢ 결합 조직(나)은 몸의 조직이나 기관을 서로 결합하거나 지지한다. 따라서 '다른 조직을 결합시키거나 지지한다.'는 결합 조직(나)의 특징에 해당한다.

02 동물과 식물의 구성 단계 비교

동물의 구성 단계는 세포 → 조직 → 기관 → 기관계 → 개체이고, 식물의 구성 단계는 세포 → 조직 → 조직계 → 기관 → 개체이다. (가)에서 A는 식물에 속하며, 구성 단계 중 조직(㉠) → 조직계(㉡) → 기관(㉢)을, B는 동물에 속하고, 세포(㉣) → 조직(㉤) → 기관(㉥)을 나타낸 것이다.

㉦ 식물의 잎(나)은 기관(㉥)의 예에 해당한다.

㉧ A는 식물에 속하므로 기관(㉥)의 다음 구성 단계는 개체이다.

㉨ 조직(㉤)의 다음 구성 단계가 기관(㉥)인 B는 동물에 속한다.

03 전자 현미경과 광학 현미경의 비교

㉩ 전자 현미경은 광원으로 전자선을, 광학 현미경은 광원으로 가시광선(㉪)을 이용한다.

㉫ 해상력은 아주 가까운 거리에 있는 두 점이 확실하게 분리되어 보이는 최소한의 거리로 나타낸다. 전자 현미경은 광학 현미경보다 해상력이 뛰어나 더 작은 미세 구조를 관찰할 수 있다. 따라서 투과 전자 현미경의 해상력(㉬)은 0.2 μm보다 작다.

㉭ 그림은 세포가 입체적으로 보이므로 주사 전자 현미경으로 관찰한 결과(㉮)이다.

04 세포 분획법

A는 핵, B는 엽록체, C는 미토콘드리아이다.

㉯ 원심 분리 II는 원심 분리 I의 결과로 나온 상층액을 다시 원심 분리하여 C를 침전시키는 것이므로 원심 분리 II에서가 원심

분리 I에서보다 원심 분리 속도가 빠르다.

㉺ 핵, 엽록체, 미토콘드리아는 모두 2중막 구조의 세포 소기관이다. 따라서 '2중막 구조이다.'는 ㉰에 해당한다.

㉻ 핵, 엽록체, 미토콘드리아에는 모두 유전 물질인 DNA가 있다. 따라서 '유전 물질이 있다.'는 핵, 엽록체, 미토콘드리아에 모두 해당되는 특징이므로 ㉰에 해당한다.

05 단백질의 구조

㉼ (가)는 여러 개의 아미노산이 펩타이드 결합으로 연결되어 형성된 폴리펩타이드이다.

㉽ ㉠과 ㉡은 아미노산으로 폴리펩타이드에서 아미노산들은 펩타이드 결합으로 연결되어 있다.

㉾ 모든 단백질은 고유의 입체 구조로 되어 있으며, 이 구조는 단백질을 구성하는 아미노산의 종류와 수, 배열 순서에 의해 결정된다.

06 생명체를 구성하는 물질

'다당류이다.'는 탄수화물인 녹말에 해당하는 특징이며, '항체를 구성한다.'는 단백질에 해당하는 특징이다. 그리고 '구성 원소에 질소(N)가 있다.'는 단백질과 RNA에 해당하는 특징이다.

㉿를 모르는 상태에서 녹말과 RNA에 해당하는 특징의 수가 각각 1이고, 단백질에 해당하는 특징의 수가 2이므로 ㉿는 RNA와 단백질에 모두 해당되는 특징이어야 하며, ㉠은 녹말, ㉡은 단백질이어야 한다.

㉽ 리보솜을 구성하는 물질은 RNA와 단백질이다. 따라서 '리보솜을 구성한다.'는 RNA와 단백질에 모두 해당되는 특징인 ㉿에 해당한다.

㉼ RNA가 가지는 특징 2가지는 '구성 원소에 질소(N)가 있다.'와 ㉿이다. 따라서 '항체를 구성한다.'는 RNA가 가지는 특징이 아니다.

㉾ 단백질(㉡)을 구성하는 기본 단위는 아미노산이다.

07 세포 소기관의 형태와 기능

A는 인, B는 핵공, C는 소포체, D는 리보솜이다.

㉿ 인(A)에서 리보솜(D)을 구성하는 RNA가 합성되며, 이후 RNA는 단백질과 결합하여 리보솜의 단위체를 이룬다.

㉽ 핵과 세포질 사이의 물질 출입은 핵공(B)을 통해 일어난다.

㉾ 거친면 소포체에 붙어 있는 리보솜(D)에서 합성된 단백질은 소포체(C)를 통해 이동한다.

08 세포내 소화

A는 리소좀, B는 골지체, C는 소포체이다.

- ㉠ 리소좀(A)에는 가수 분해 효소가 있어 식세포 작용을 통해 들어온 병원체와 같은 이물질을 분해한다.
- ㉡ 골지체(B)는 단일막으로 된 납작한 주머니 모양의 시스터나가 쌓여 있는 세포 소기관이다.
- ㉢ 소포체(C)는 단일막으로 된 납작한 주머니나 관 모양의 막이 복잡하게 연결된 형태로 막의 일부는 핵막과 연결되어 있다.

09 식물 세포의 구조

A는 엽록체, B는 액포이고, ㉠은 세포막, ㉡은 2차 세포벽, ㉢은 1차 세포벽이다.

- ✗. 엽록체(A)는 2중막 구조이다.
- ㉠. 액포(B)는 세포 내의 삼투압을 조절하고 형태를 유지하며, 양분과 노폐물을 저장하는 역할을 한다.
- ✗. 2차 세포벽(㉡)은 1차 세포벽(㉢)보다 나중에 생성되었다.

10 원핵세포, 동물 세포, 식물 세포의 비교

‘세포벽을 가진다.’는 대장균과 시금치의 울타리 조직을 이루는 세포에 해당되는 특징이고, ‘선형의 DNA를 가진다.’는 토끼의 간세포와 시금치의 울타리 조직을 이루는 세포에 해당되는 특징이며, ‘막으로 둘러싸인 세포 소기관이 없다.’는 대장균에 해당되는 특징이다. 따라서 대장균에만 해당되는 특징이 될 수 있는 ㉠은 ‘막으로 둘러싸인 세포 소기관이 없다.’이다. 그리고 C는 대장균이며, 대장균이 가지는 또 다른 특징 ㉢은 ‘세포벽을 가진다.’이다. ㉡을 가지는 또 다른 세포 B는 시금치의 울타리 조직을 이루는 세포이며, 나머지 A는 토끼의 간세포이다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

세포	특징	㉠(막으로 둘러싸인 세포 소기관이 없다.)	㉡(선형의 DNA를 가진다.)	㉢(세포벽을 가진다.)
A(토끼의 간세포)		㉠(✗)	○	㉢(✗)
B(시금치의 울타리 조직을 이루는 세포)		?(✗)	○	○
C(대장균)		○	㉡(✗)	○

(○: 있음, ✗: 없음)

- ㉠. ㉠~㉢은 모두 ‘✗’이다.
- ㉡. ‘세포벽을 가진다.’는 ㉢이다.
- ✗. 진핵세포의 리보솜은 원핵세포의 리보솜보다 크다. 따라서 리보솜의 크기는 A가 C보다 크다.

03 세포막과 효소

2점 수능 테스트

본문 39~42쪽

- 01 ㉢ 02 ㉠ 03 ㉡ 04 ㉠ 05 ㉡ 06 ㉤ 07 ㉡
- 08 ㉣ 09 ㉢ 10 ㉡ 11 ㉠ 12 ㉤ 13 ㉤ 14 ㉢
- 15 ㉢ 16 ㉣

01 세포막의 구조

인지질과 단백질은 세포막의 구성 성분이다.

- ㉠. 세포막을 이루는 인지질에는 친수성을 띠는 머리 부분과 소수성을 띠는 꼬리 부분이 있다.
- ㉡. 기본 단위가 아미노산인 물질은 단백질이며, 세포막에는 단백질이 있다.
- ✗. 세포막에서 인지질과 단백질은 모두 특정 위치에 고정되어 있지 않고 유동성을 가진다.

02 세포막의 특성

세포막을 구성하는 인지질과 단백질은 모두 유동성을 가진다.

- ㉠. 융합 세포에서 형광색이 골고루 섞여 있으므로 사람 세포와 생쥐 세포의 막단백질은 고정되어 있는 것이 아니라 모두 유동성을 가진다는 것을 알 수 있다.
- ✗. (나)에서 A는 탄수화물이다.
- ✗. (나)에서 인지질의 ㉠은 친수성을 띠는 머리 부분이고, ㉡은 소수성을 띠는 꼬리 부분이다. 따라서 물에 대한 친화력은 ㉠ 부분이 ㉡ 부분보다 크다.

03 세포막을 통한 물질 출입

극성이 없고 분자 크기가 작은 O₂는 인지질 2중층을 직접 통과하므로 ㉠은 O₂이고, K⁺과 같은 이온은 세포막의 막단백질을 통해 이동하므로 ㉡은 K⁺이다.

- ✗. ㉠은 O₂이고, ㉡은 K⁺이다.
- ㉠. K⁺(㉡)은 수송 단백질인 통로 단백질을 통과하므로 I은 통로 단백질이다.
- ✗. O₂(㉠)의 이동 방식은 단순 확산이다. 반면, 포도당은 세포막의 수송 단백질을 통해 이동하므로 포도당의 이동 방식은 단순 확산이 아니다.

04 세포막을 통한 물질 출입

- ⓐ의 이동 방식은 촉진 확산, ⓑ의 이동 방식은 단순 확산이다.
- ⓑ. (가)에서 세포 안과 밖의 ⓐ의 농도 차가 일정 수준에 이르면 이동 속도가 일정해지므로 ⓐ의 이동 방식은 촉진 확산이다. (나)에서 세포 안과 밖의 ⓑ의 농도 차가 클수록 이동 속도가 계속 증가하므로 ⓑ의 이동 방식은 단순 확산이다.
- ⓧ. ⓑ의 이동 방식은 단순 확산이므로 ⓑ은 고농도에서 저농도로 이동한다. (나)에서 C일 때 [세포 안 농도] - [세포 밖 농도] > 0이므로 [세포 안 농도]가 [세포 밖 농도]보다 높다. 따라서 ⓑ은 세포 안에서 세포 밖으로 확산된다.
- ⓧ. ⓐ과 ⓑ의 이동 방식은 모두 확산이므로 ATP가 사용되지 않는다.

05 세포막을 통한 물질 출입

- (가)는 촉진 확산, (나)는 단순 확산이므로 (다)는 능동 수송이다.
- ⓧ. 촉진 확산(가)에서 이온이나 용질은 세포막 양쪽의 농도가 같아질 때까지 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 세포막의 수송 단백질을 통해 이동한다. 따라서 촉진 확산(가)에 의해 물질 X가 세포막을 통과하는 경우 시간이 지날수록 세포 안팎의 X의 농도 차는 커지지 않는다.
- ⓧ. 단순 확산(나)에서는 물질이 인지질 2층층을 직접 통과하므로 막단백질이 이용되지 않는다.
- ⓑ. $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 펌프를 통한 Na^+ 의 이동은 능동 수송(다)이므로 ⓑ에 해당한다.

06 리포솜

- A는 인지질 2층층으로 이루어진 구형의 구조물이므로 리포솜이다.
- ⓑ. 리포솜(A)은 세포막의 구성 성분인 인지질로 이루어져 있으므로 세포막과 융합할 수 있다.
- ⓑ. 리포솜(A)의 안쪽으로는 인지질의 친수성 머리 부분이 있으므로 리포솜(A)의 내부에 있는 약물 ⓑ은 수용성이다. 따라서 ⓑ에는 친수성을 가진 부위가 존재한다.
- ⓑ. ⓑ이 세포 안으로 운반되는 과정에서 리포솜(A)이 세포막과 융합하므로 세포막의 표면적이 증가한다.

07 삼투

- 물 분자는 통과하지만, 설탕 분자는 통과하지 못하는 반투과성 막을 사이에 두고 설탕 용액의 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 물이 이동하는 삼투가 일어난다.
- ⓧ. (나)에서 ⓑ 쪽 용액의 높이가 낮아진 것을 통해 ⓑ 쪽에서 ⓑ 쪽으로 물이 이동하는 삼투가 일어났음을 알 수 있다. 따라서 (가)

에서 설탕 용액의 농도는 A가 B보다 낮다.

- ⓧ. t_1 일 때 ⓑ 쪽 용액의 높이가 더 이상 변하지 않는 것은 반투과성 막을 통한 물 분자의 양방향 이동량이 같기 때문이다.
- ⓑ. (가)에서 일어난 물질의 이동 방식은 삼투이며, 삼투에 의한 물 분자의 이동에는 ATP가 사용되지 않는다.

08 식물 세포의 삼투

- 세포의 부피가 증가할수록 흡수력이 감소하므로 ⓑ은 삼투압이다.
- ⓧ. 세포의 부피(상댓값)가 1.0일 때 팽압은 0이며, 세포의 부피(상댓값)가 증가하면 팽압도 증가한다. 따라서 ⓑ은 삼투압이다.
- ⓑ. V_2 일 때 흡수력이 0인 것을 통해 X의 내부로 물이 들어와 X가 최대 팽윤 상태임을 알 수 있다.
- ⓑ. V_1 일 때 삼투압은 팽압보다 크고, V_2 일 때 삼투압과 팽압은 같다. 따라서 X의 $\frac{\text{삼투압}}{\text{팽압}}$ 은 V_1 일 때 1보다 크고, V_2 일 때 1이다.

09 세포막을 통한 물질 출입

- I은 세포의 배출, II와 III은 모두 세포내 섭취이다.
- ⓑ. 세포의 배출(I)은 세포 안에서 생성된 효소, 호르몬, 노폐물 등을 세포 밖으로 내보내는 물질 이동 방식이므로 호르몬인 인슐린은 I의 방식으로 이차 세포에서 분비된다.
- ⓑ. 세포의 배출(I)과 세포내 섭취(II)가 일어날 때 모두 에너지가 사용된다.
- ⓧ. 세포내 섭취 중 II는 식세포 작용(식균 작용), III은 음세포 작용에 해당한다.

10 효소의 작용

- A는 기질, B는 생성물, C는 효소·기질 복합체, D는 효소이다.
- ⓧ. 반응이 진행될수록 생성물의 양은 증가하므로 B가 생성물이다.
- ⓧ. 효소에 의해 낮아진 활성화 에너지는 반응 시간이 경과하여도 변하지 않으므로 $\frac{t_1 \text{일 때 이 반응의 활성화 에너지}}{t_2 \text{일 때 이 반응의 활성화 에너지}}$ 는 1이다.
- ⓑ. 효소·기질 복합체(C)의 농도가 높을수록 반응 속도가 빠르므로 이 효소에 의한 반응 속도는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 빠르다.

11 효소의 종류와 활성화 에너지

- ⓑ. 활성화 에너지는 반응을 일으키는 데 필요한 최소한의 에너지이므로 (나)에서 (가)의 활성화 에너지는 ⓑ + ⓑ이다.
- ⓧ. (가)에서 A는 효소·기질 복합체이고, (나)에서 ⓑ은 반응물과 생성물의 에너지 차이에 해당하는 반응열이다. 반응열(ⓑ)은 효소의 유무와 관계없이 일정하므로 효소·기질 복합체(A)의 농도가 증가하여도 감소하지 않는다.

✕. 가수 분해 반응은 H_2O 분자를 첨가하여 기질을 분해하는 반응이다. (가)는 두 분자의 기질이 한 분자의 생성물과 물이 생성되는 반응이므로 X는 가수 분해 효소가 아니다.

12 효소의 구조

이 효소 반응에서 A는 생성물로 전환되므로 기질, B는 보조 인자이다.

- ㉠. A는 기질이므로 주효소의 활성 부위에 결합한다.
- ✕. 전효소는 주효소에 보조 인자(B)가 결합하여 완전한 활성을 가지는 효소이다.
- ㉡. 보조 인자(B)는 비단백질 성분이고, 주효소는 단백질 성분이다.

13 효소의 활성화에 영향을 미치는 요인

(가)에서 A의 최적 pH는 2, B의 최적 pH는 7이고, (나)에서 B의 최적 온도는 30 °C와 40 °C 사이에 있다.

- ㉠. 펩신의 최적 pH는 2, 아밀레이스의 최적 pH는 7이므로 A는 펩신, B는 아밀레이스이다.
- ㉡. (나)에서 30 °C에서가 20 °C에서보다 아밀레이스(B)에 의한 반응 속도가 빠른 것은 30 °C에서 기질이 더 활발하게 아밀레이스(B)의 활성 부위에 충돌하여 효소·기질 복합체를 더 많이 형성하기 때문이다.
- ㉢. 효소는 기질과 결합하여 효소·기질 복합체를 형성함으로써 활성화 에너지를 낮추어 반응 속도를 빠르게 한다. 펩신(A)의 기질은 단백질이므로 단백질 용액에 펩신(A)을 넣으면 넣기 전보다 단백질 분해 반응의 활성화 에너지는 낮아진다.

14 효소의 종류와 특성

- ㉠은 이성질화 효소, ㉡은 산화 환원 효소, ㉢은 전이 효소이다.
- ✕. 전이 효소는 특정 기질의 작용기를 떼어 다른 분자에 전달하는 역할을 하므로 ㉢이다. ㉠은 반응물(기질) 내의 원자 배열을 바꾸어 이성질체로 전환시키는 이성질화 효소이다.
- ✕. 산화 환원 효소(㉡)는 수소(H)나 산소(O) 원자 또는 전자를 다른 분자에 전달하는 역할을 하므로 탄소(C)는 ㉢에 해당하지 않는다.
- ㉢. 효소는 반응에서 소모되거나 변형되지 않으므로 재사용이 가능하다.

15 효소의 작용과 특성

효소의 농도를 증가시키면 기질 농도에 따른 초기 반응 속도의 최댓값은 효소의 농도에 비례하여 커진다.

- ㉠. (가)에서 S_2 일 때 초기 반응 속도는 A일 때가 B일 때의 4배이므로 A는 B의 4배이다.

㉡. (가)에서 S_1 일 때 초기 반응 속도가 0보다는 크고 최댓값보다는 작으므로 모든 X가 기질과 결합한 상태는 아니며, S_2 일 때 초기 반응 속도가 최댓값이므로 모든 X가 기질과 결합한 상태이다. 따라서 (나)는 S_1 일 때 X와 기질의 결합 상태이다.

✕. S_2 일 때 A와 B에서 모두 초기 반응 속도가 최댓값이다. 이는 모든 X가 기질과 결합한 상태이므로 S_2 일 때 $\frac{\text{기질과 결합한 X의 수}}{\text{X의 총 수}}$ 는 A와 B에서 모두 1이다.

16 효소와 저해제

저해제 ㉠은 경쟁적 저해제이다. 경쟁적 저해제는 기질 농도가 높아지면 저해 효과가 감소하므로 충분한 기질이 있으면 경쟁적 저해제가 있을 때와 없을 때의 초기 반응 속도는 최댓값으로 같아진다.

㉠. (나)에서 S_2 보다 기질 농도가 높아질수록 ㉠이 있을 때와 없을 때의 초기 반응 속도 차이가 점차 감소하다가 초기 반응 속도가 같아진다. 따라서 기질 농도가 S_2 보다 높아질수록 ㉠의 저해 효과는 감소한다.

✕. X에 의한 반응의 활성화 에너지는 저해제 ㉠의 유무에 영향을 받지 않는다.

㉢. (가)에서 ㉠은 X의 활성 부위에 기질과 경쟁적으로 결합하는 경쟁적 저해제이다. S_2 에서 ㉠이 있을 때가 없을 때보다 초기 반응 속도가 낮다. 이는 ㉠이 X의 활성 부위에 기질과 경쟁적으로 결합하여 X의 작용을 저해하기 때문이다.

3점 수능 테스트

본문 43~47쪽

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

01 세포막을 통한 물질 출입

(가)에서 I은 촉진 확산, II는 능동 수송, III은 세포내 섭취이다.
(나)에서 X의 세포막을 통한 X의 이동 방식에는 능동 수송(II)이 있으며, 세포 호흡 저해제를 처리한 시점은 t_2 이다.

㉠. X가 세포 안과 동일한 농도로 들어 있는 배양액에 세포를 넣었을 때 X의 세포 안 농도가 증가하다가 세포 호흡 저해제를 처리하였을 때 X의 세포 안 농도가 감소하였다. 이를 통해 X는 에너지를 사용하는 능동 수송에 의해 세포 안으로 들어왔음을 알 수 있다. 따라서 t_1 일 때 X는 능동 수송(II)으로 세포 밖에서 세포 안으로 이동한다.

㉡. X는 t_1 과 t_3 일 때 모두 세포 안의 농도가 세포 밖의 농도보다 높으며, 세포 안과 밖의 농도 차는 t_1 일 때가 t_3 일 때보다 크다. 따라서 X의 $\frac{\text{세포 안 농도}}{\text{세포 밖 농도}}$ 는 t_1 일 때가 t_3 일 때보다 크다.

㉢. 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 신경 전달 물질이 세포 밖으로 이동하는 방식은 세포의 배출에 해당한다.

02 세포막을 통한 물질 출입

I은 촉진 확산, II는 능동 수송, III은 단순 확산이다.

㉠. ㉠은 C(㉠)의 세포 안과 밖의 농도가 같아졌을 때 ㉠의 세포 안 농도가 될 때까지 ㉠의 세포 안 농도가 낮아진다. 이를 통해 ㉠의 이동 방식은 확산이라는 것을 알 수 있으며, 확산은 분자 운동에 의해 일어나므로 ATP(에너지)가 사용되지 않는다.

㉡. 막단백질이 이용되며, 물질이 저농도에서 고농도로 이동하는 물질의 이동 방식(II)은 능동 수송이다.

㉢. 세포막을 통한 K^+ 의 이동에 막단백질이 이용되므로 K^+ 의 이동 방식은 단순 확산(III)이 아니다.

03 삼투

I에서 V로 갈수록 들어 있는 포도당 용액의 농도가 높아지며 III에서 감자 조각의 질량 변화가 없다. 따라서 III의 용액은 등장액이고, I과 II의 용액은 저장액, IV와 V의 용액은 고장액이다.

㉠. II의 용액은 저장액이므로 감자 세포 안으로 들어오는 물의 양이 나가는 물의 양보다 더 많아서 감자 조각의 질량이 증가한다. IV의 용액은 고장액이므로 감자 세포 밖으로 나가는 물이 양이 더 많아서 감자 조각의 질량이 감소한다. 따라서 ㉠은 '증가', ㉡은 '감소'이다.

㉢. (다)의 II에서 꺼낸 감자 조각의 세포는 (나)의 II에 넣은 감자 조각의 세포보다 세포의 질량이 증가한 상태이므로 흡수력은 작다.

㉣. V의 용액은 고장액이므로 (다)의 V에서는 감자 조각의 세포 밖으로 나가는 물의 양이 많아진다. 따라서 (다)에서 감자 조각을 꺼낸 V의 포도당 용액 농도는 1.0 M 포도당 용액 농도보다 낮으므로 붉은색 물감을 묽게 탄 1.0 M 포도당 용액보다 비중이 작다. 그러므로 (라)에서 붉은색 물감을 묽게 탄 1.0 M 포도당 용액의 한 방울은 아래쪽 방향으로 이동하며,

㉤. $\frac{\text{①}(1.0 \text{ M 포도당 용액}) \text{의 농도}}{\text{③}(\text{감자 조각을 꺼낸 (다)의 V}) \text{ 용액의 농도}}$ 는 1보다 크다.

04 식물 세포의 삼투

(가)에서 ㉠은 흡수력(세포가 물을 흡수하는 힘), ㉡은 팽압(세포 내부로부터 세포벽이 받는 압력)이다. (나)에서 I은 팽윤 상태이고, II는 원형질 분리 상태이다.

㉠. (가)에서 V_1 은 1.0보다 작으므로 V_1 일 때의 세포는 원형질 분리 상태인 II이다.

㉡. 세포의 부피(상댓값)가 1.0보다 커질수록 팽압(㉡)은 증가하지만 삼투압보다 커지지는 않는다. 따라서 V_2 일 때 이 세포의 삼투압은 팽압(㉡)보다 크다.

㉢. V_1 일 때 삼투압과 흡수력(㉠)은 같으며, V_3 일 때 삼투압이 흡수력(㉠)보다 크다. 따라서 $\frac{\text{삼투압}}{\text{흡수력}}$ 은 V_1 일 때 1이고, V_3 일 때 1보다 크다.

05 세포막을 통한 물질 출입

리포솜은 인지질 2중층으로 이루어진 원형의 구조물이며, $Na^+ - K^+$ 펌프는 Na^+ 과 K^+ 을 각각 능동 수송시키는 운반체 단백질이다.

㉠. (라)의 II에서 리포솜 외부 수용액의 Na^+ 농도가 감소하였다. 이를 통해 $Na^+ - K^+$ 펌프를 통해 Na^+ 은 리포솜 외부에서 내부로, K^+ 은 리포솜 내부에서 외부로 능동 수송되었음을 알 수 있다. 따라서 ㉠은 '증가함'이다.

㉡. 리포솜은 인지질 2중층 구조이며, 친수성 머리 부분과 소수성 꼬리 부분을 가진다. 리포솜의 인지질 2중층 안쪽은 소수성 꼬리 부분이 모여 있고, $Na^+ - K^+$ 펌프는 리포솜의 인지질 2중층에 삽입되어 있다. 따라서 $Na^+ - K^+$ 펌프에는 소수성 부위가 있다.

㉢. $Na^+ - K^+$ 펌프를 통한 Na^+ 과 K^+ 의 이동 방향은 서로 반대이다.

06 효소의 작용

(가)에서 ㉠은 기질, ㉡은 효소, ㉢은 효소·기질 복합체, ㉣은 생성물이며, (나)에서 ㉠은 기질(㉢), ㉡은 생성물(㉣)이다.

㉠. (나)에서 ㉠가 감소하고 ㉡가 증가하므로 ㉢는 기질(㉠), ㉣는 생성물(㉡)이다. 기질(㉠, ㉡)은 효소(㉤)의 활성 부위에 결합하여 효소·기질 복합체(㉥)를 형성한다.

✕. (가)에서 효소(㉤)의 작용에 의해 1분자의 기질(㉠)이 분해되어 2분자의 생성물이 생성되므로, (가)는 이화 작용이다. 따라서 1분자당 에너지량은 기질(㉠, ㉡)이 생성물(㉣, ㉤)보다 많다.

㉡. t_1 일 때가 t_2 일 때보다 기질(㉠)의 농도 감소 기울기가 크다. 따라서 효소·기질 복합체의 양은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 많다.

07 효소의 기능과 특성

(가)에서 ㉠은 주효소, ㉡은 보조 인자, ㉢은 전효소, ㉣은 기질, ㉤은 효소·기질 복합체, ㉥은 생성물이다. 보조 인자가 없으면 전효소가 형성되지 않아 X에 의한 반응이 일어나지 않으므로 기질의 농도는 줄어들지 않는다. 따라서 (나)에서 ㉢는 기질(㉣)이고, I은 보조 인자(㉡)가 없을 때, II는 보조 인자(㉡)가 있을 때이다.

㉠. (가)에서 2분자의 기질이 결합하여 1분자의 생성물이 생성되므로 (가)는 동화 작용이다. 따라서 X에 의한 반응은 흡열 반응이다.

㉡. II에서 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 기질(㉠)의 농도 감소 기울기가 크므로 반응 속도가 빠르다. 따라서 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 효소·기질 복합체(㉤)의 수가 많고 전효소(㉢)의 수는 적다. 따라서 $\frac{\text{㉤의 수}}{\text{㉢의 수}}$ 는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 크다.

✕. t_2 일 때 I은 보조 인자(㉡)가 없을 때이므로 전효소(㉢)가 존재하지 않고, II는 보조 인자(㉡)가 있을 때이므로 전효소(㉢)가 존재한다.

08 효소의 작용

효소 A는 ㉠을 ㉡으로 전환하는 반응을 촉매하는 효소이므로 A가 있는 II에서는 기질(㉠)이 모두 생성물(㉡)로 전환되어 아이오딘 용액에 의한 색깔 변화가 나타나지 않았다.

✕. 그림에서 반응물의 에너지가 생성물의 에너지보다 높으므로 A는 물질의 분해를 촉매하는 효소이다. 연결 효소는 에너지를 사용하여 2개의 기질을 연결하는 효소이므로 연결 효소에 의한 반응에서 반응물의 에너지는 생성물의 에너지보다 낮다.

㉡. ㉠은 A의 활성 부위에 결합하는 기질이다.

㉢. (나)의 I에는 A가 없으므로 ㉠이 ㉡으로 전환되는 반응의 활성화 에너지는 $E_1 + E_2$ 이다.

09 효소와 저해제

(가)에서 기질 농도가 충분할 때 초기 반응 속도는 A와 B가 모두 C의 2배이며, A와 B에서 기질 농도가 증가함에 따라 B의 초기 반응 속도가 A와 동일하게 나타난다. 따라서 (가)에서 A는 X의

농도가 $2E$ 이고 ㉠가 없을 때, B는 X의 농도가 $2E$ 이고 ㉠가 있을 때, C는 X의 농도가 E 이고 ㉠가 없을 때이다. S_1 일 때 초기 반응 속도가 $A > B > C$ 이므로 (나)에서 t_1 일 때 생성물의 농도는 $A > B > C$ 이다. 따라서 ㉠은 A, ㉡은 B, ㉢은 C이다.

✕. ㉠은 A, ㉡은 B이므로 X의 농도는 ㉠과 ㉡에서 모두 $2E$ 로 같다.

✕. B에서 기질 농도가 증가할수록 ㉠의 저해 효과가 감소하므로 ㉠는 경쟁적 저해제이다. 따라서 ㉠는 X의 활성 부위에 기질과 경쟁적으로 결합하여 X의 작용을 저해한다.

㉡. ㉡에서 t_1 에서 t_2 로 갈수록 생성물의 농도는 증가하므로 기질의 농도는 감소한다. 따라서 기질과 결합한 X의 양은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 많다.

10 효소와 저해제

V와 VI에서 초기 반응 속도가 같으므로 ㉠는 기질 농도가 증가할수록 저해 효과가 감소되는 경쟁적 저해제를 알 수 있다.

✕. ㉠는 비경쟁적 저해제, ㉡는 경쟁적 저해제이다.

㉡. V와 VI에서 모두 초기 반응 속도가 40이며, ㉠(비경쟁적 저해제)는 기질 농도가 높더라도 저해 효과가 감소하지 않으므로 IV에서 초기 반응 속도는 40보다 작다. 따라서 S_3 일 때 단위 시간당 생성되는 생성물의 양은 경쟁적 저해제(㉡)가 있을 때가 비경쟁적 저해제(㉠)가 있을 때보다 많다.

㉢. V와 VI의 초기 반응 속도가 같은 것을 통해 X에 의한 반응에서 초기 반응 속도의 최댓값은 40이라는 것을 알 수 있으며, VII에서 ㉠의 저해 효과는 나타나지 않는다. 따라서 VII과 VIII의 초기 반응 속도는 40으로 같다.

04

세포 호흡과 발효

2점 수능 테스트

본문 60~63쪽

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

01 해당 과정과 피루브산의 산화

- ①은 미토콘드리아 기질, ②은 막 사이 공간이다. 과정 I은 해당 과정이며, 과정 II는 피루브산의 산화 과정이다.
 ✕. 과정 I(해당 과정)은 세포질에서 일어난다.
 ㉠. 과정 I에서 2분자의 ATP가 순생성된다.
 ✕. 과정 I은 1분자의 포도당이 2분자의 피루브산으로 되는 과정으로 탈탄산 반응이 일어나지 않으며, 과정 II는 2분자의 피루브산이 2분자의 아세틸 CoA로 되는 과정으로 탈탄산 반응이 일어나 2분자의 CO₂가 생성된다.

02 해당 과정과 기질 수준 인산화

- 해당 과정은 포도당이 피루브산으로 분해되는 과정으로 ①은 포도당, ②은 피루브산이다.
 ㉠. 해당 과정은 세포질에서 일어난다.
 ✕. 과정 I은 포도당이 과당 2인산으로 전환되며 ATP가 소모되는 과정으로 포도당(①)은 기질 X에 해당하지 않는다.
 ✕. 과정 I은 탈수소 효소가 관여하지 않으며, 과정 II는 탈수소 효소의 작용으로 산화 환원 반응이 일어나 NADH가 생성된다.

03 해당 과정

- 해당 과정은 포도당이 피루브산으로 분해되는 과정이다.
 ✕. 과정 I은 ATP를 소모하는 단계로 기질 수준 인산화가 일어나지 않는다.
 ✕. 과정 II는 6탄소 화합물인 과당 2인산이 2분자의 3탄소 화합물로 분해되는 과정으로 탈탄산 반응이 일어나지 않는다.
 ㉠. 과정 III에서 탈수소 효소의 작용으로 NAD⁺가 NADH로 환원된다.

04 해당 과정, 피루브산의 산화, TCA 회로

- ①은 포도당, ②은 피루브산, ③은 아세틸 CoA이다. 과정 I은 해당 과정, 과정 II는 피루브산의 산화, 과정 III은 TCA 회로이다.
 ㉠. 과정 I~III에서 탈수소 효소의 작용으로 NAD⁺가 NADH

로 환원되므로, (나)는 과정 I~III에서 모두 일어난다.

- ㉠. 과정 I과 II에서는 FADH₂가 생성되지 않으며, 과정 III에서 4탄소 화합물이 산화되는 과정에서 탈수소 반응에 의해 FAD가 FADH₂로 환원된다.
 ㉡. 과정 II는 피루브산이 아세틸 CoA로 되는 과정이며, 1분자의 피루브산이 1분자의 아세틸 CoA로 산화되는 과정(II)에서 1분자의 NADH가 생성된다. 과정 III은 TCA 회로이며, 아세틸 CoA 1분자당 TCA 회로(III)에서 1분자의 ATP가 생성된다. 따라서 $\frac{\text{II에서 ㉠ 1분자당 생성되는 NADH의 분자 수}}{\text{III에서 ㉡ 1분자당 생성되는 ATP의 분자 수}} = 1$ 이다.

05 TCA 회로

- 그림은 아세틸 CoA가 TCA 회로를 통해 분해되는 과정의 일부이다. ㉠은 옥살아세트산, ②은 시트르산, ③은 5탄소 화합물, ④은 4탄소 화합물이다.
 ✕. 옥살아세트산(㉠)은 4탄소 화합물이고, ③은 5탄소 화합물이므로 1분자당 탄소 수는 ㉠과 ③이 다르다.
 ✕. 과정 I에서 아세틸 CoA는 옥살아세트산과 결합하여 시트르산이 되며, 이 과정에서 조효소 A(CoA)가 방출된다. 따라서 과정 I에서 탈수소 반응은 일어나지 않는다.
 ㉡. TCA 회로는 미토콘드리아 기질에서 일어나므로 과정 I~III은 모두 미토콘드리아에서 일어난다.

06 TCA 회로

- 과정 I~III에서 모두 NADH가 생성되므로 ㉠은 NADH이다. 과정 II에서 ㉠과 ②이 생성되므로 ③은 ATP이며, 과정 III에서 ㉠과 ②이 생성되므로 ④은 FADH₂이다.
 ㉡. ③은 ATP이다.
 ㉢. 시트르산이 5탄소 화합물이 되는 과정(I)에서 CO₂가 방출되고, 5탄소 화합물이 4탄소 화합물이 되는 과정(II)에서도 CO₂가 방출되므로 과정 I과 II에서 모두 탈탄산 반응이 일어난다.
 ✕. 세포 호흡 과정에서 1분자의 피루브산이 완전 분해될 때 생성되는 NADH(㉠)의 분자 수는 4이다.

07 산화적 인산화

- I은 미토콘드리아 기질, II는 막 사이 공간이다.
 ㉠. H⁺이 ATP 합성 효소를 통해 막 사이 공간에서 미토콘드리아 기질로 확산될 때 미토콘드리아 기질 쪽에서 ATP가 합성되므로 I은 미토콘드리아 기질, II는 막 사이 공간이다.
 ✕. 미토콘드리아 기질(I) 쪽에서 NADH가 NAD⁺로 산화된다.
 ㉡. 전자 전달계를 통해 고에너지 전자가 전달되는 과정에서 단계적으로 방출되는 에너지를 이용해 미토콘드리아 기질(I)에서 막 사이 공간(II)으로 H⁺이 능동 수송된다.

08 전자 전달계

㉠은 NADH, ㉡은 FADH₂, ㉢은 O₂, ㉣은 H₂O이다. 미토콘드리아 내막을 경계로 H⁺이 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 능동 수송되므로 I은 막 사이 공간, II는 미토콘드리아 기질이다.

✕. H⁺의 농도는 막 사이 공간이 미토콘드리아 기질보다 높다. 따라서 pH는 막 사이 공간(I)에서가 미토콘드리아 기질(II)에서보다 낮다.

○. NADH(㉠)와 FADH₂(㉡)가 각각 NAD⁺와 FAD로 산화되면서 방출된 전자는 최종적으로 O₂(㉢)로 전달된다. 따라서 O₂(㉢)는 최종 전자 수용체이다.

○. NADH(㉠)와 FADH₂(㉡) 1분자당 방출되는 전자는 각각 2e⁻이며, 2e⁻가 $\frac{1}{2}$ O₂에 전달되어 1분자의 H₂O(㉣)이 생성된다. 따라서 1분자의 H₂O(㉣)을 생성하는 데 필요한 분자 수는 NADH(㉠)와 FADH₂(㉡)가 모두 1로 같다.

09 TCA 회로와 전자 전달계

㉠은 NADH, ㉡은 FADH₂이다. 시트르산이 5탄소 화합물로 되는 과정에서 NADH가 생성되고, CO₂가 방출되므로 C는 시트르산, D는 5탄소 화합물이며, A는 4탄소 화합물, B는 옥살아세트산이다. 시트르산(C)이 5탄소 화합물(D)로 되는 과정에서 ㉠이 생성되므로 ㉠은 NADH이다. 5탄소 화합물(D)이 4탄소 화합물(A)로 되는 과정에서 ㉡과 ㉢이 생성되므로 ㉢은 FADH₂이다.

○. ㉠과 ㉢은 모두 NADH이므로 ㉠은 ㉢이다.

○. B는 옥살아세트산이다.

✕. O₂가 없으면 전자 전달계에서 NADH와 FADH₂가 산화되지 못하므로 TCA 회로에 NAD⁺와 FAD가 공급되지 않아서 TCA 회로에서 기질 수준 인산화가 원활하게 진행되지 않는다. 따라서 O₂가 없으면 (나)에서 기질 수준 인산화가 감소한다.

10 피루브산의 산화

피루브산(㉠)이 아세틸 CoA(㉡)로 산화되는 과정에서 CO₂(㉢)가 방출되는 탈탄산 반응이 일어나며, NAD⁺(㉣)가 NADH(㉤)로 환원된다.

○. 피루브산(㉠)은 3탄소 화합물이고, 아세틸 CoA(㉡)는 2탄소 화합물이므로 피루브산(㉠)과 아세틸 CoA(㉡)의 1분자당 탄소 수의 합은 5이다.

○. ㉢은 CO₂이다.

○. 탈수소 효소의 작용으로 NAD⁺(㉣)가 NADH(㉤)로 환원된다.

11 ATP 생성

미토콘드리아에서 ATP는 기질 수준 인산화와 산화적 인산화에 의해 생성된다.

✕. 피루브산 1분자당 기질 수준 인산화로 1분자의 ATP가 생성된다.

○. t₁일 때는 피루브산이 첨가되기 전이므로 ATP가 생성되지 않고, 피루브산이 첨가된 후 t₂일 때는 ATP가 생성되고 있다. t₂일 때 피루브산의 산화와 TCA 회로를 통해 생성된 NADH와 FADH₂가 산화되면서 방출된 고에너지 전자가 전자 전달계를 거치면서 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 H⁺이 능동 수송되어 막 사이 공간의 pH는 낮아지고, 미토콘드리아 기질의 pH는 높아진다. 따라서 미토콘드리아의 $\frac{\text{기질의 pH}}{\text{막 사이 공간의 pH}}$ 는 t₁일 때가 t₂일 때보다 작다.

✕. 포도당은 미토콘드리아 기질로 직접 들어가서 ATP 생성에 사용되지 않으므로 t₃일 때 포도당을 첨가하더라도 생성된 ATP 총량이 K보다 많아지지 않는다.

12 호흡 기질에 따른 세포 호흡 경로

탄수화물, 지방, 단백질은 세포 호흡의 기질로 이용될 수 있다. 분해 산물이 포도당인 (나)는 탄수화물이며, 분해 산물(㉠과 ㉡)이 해당 과정의 중간 산물과 아세틸 CoA로 전환되는 (가)는 지방, 분해 산물(㉢)이 피루브산과 아세틸 CoA, TCA 회로의 중간 산물로 전환되는 (다)는 단백질이다. ㉠은 글리세롤, ㉡은 지방산, ㉢은 아미노산이다.

✕. 단백질인 (다)는 해당 과정을 거쳐 분해되지 않는다.

○. ㉠은 해당 과정의 중간 산물로 전환되므로 글리세롤이다.

○. 아미노산(㉢)은 탈아미노 과정으로 아미노기가 제거되고 다양한 유기산으로 전환되어 세포 호흡에 사용된다.

13 산소 호흡과 알코올 발효

효모에서 피루브산은 O₂가 있을 때 미토콘드리아 기질에서 아세틸 CoA(㉠)로 산화되며, O₂가 없거나 부족할 때 세포질에서 아세트알데하이드(㉡)와 CO₂로 분해되고, 아세트알데하이드(㉢)는 에탄올(㉣)로 환원된다.

○. 아세트알데하이드와 아세틸 CoA는 모두 2탄소 화합물이므로 1분자당 탄소 수는 ㉠(아세트알데하이드)과 ㉡(아세틸 CoA)이 같다.

✕. 사람의 근육 세포에서는 O₂ 공급이 부족할 때 젖산 발효가 일어나므로 피루브산이 아세트알데하이드(㉢)로 전환되는 과정 I이 일어나지 않는다.

✕. 과정 I에서 탈탄산 효소가 작용하여 피루브산이 아세트알데하이드(㉢)와 CO₂로 분해되며, 과정 II에서는 탈수소 효소와 탈

탄산 효소가 작용하여 피루브산이 아세틸 CoA(㉔)로 산화되면서 NAD⁺가 NADH로 환원되고 CO₂가 방출된다. 따라서 과정 I 과 II 중에서 과정 II에서만 피루브산이 산화된다.

14 산소 호흡과 알코올 발효

포도당이 산소 호흡을 통해 완전히 산화되면 많은 양의 에너지가 방출되지만, 알코올 발효에서는 포도당이 완전히 산화되지 않으므로 방출되는 에너지양이 적다. 많은 양의 에너지가 방출된 (가)는 산소 호흡, 적은 양의 에너지가 방출된 (나)는 알코올 발효이다. (가)와 (나)의 공통 산물인 ㉑은 CO₂이며, ㉒은 H₂O, ㉓은 에탄올이다.

㉑ ㉓(에탄올)은 1분자당 수소 수가 6이고, ㉒(H₂O)은 1분자당 수소 수가 2이므로, 1분자당 수소 수는 ㉓이 ㉒의 3배이다.

✕. 알코올 발효는 세포질에서 일어난다.

㉔ 산소 호흡에서 1분자의 포도당으로부터 생성되는 ㉑(CO₂)의 분자 수는 6이며, 알코올 발효에서 1분자의 포도당으로부터 생성되는 ㉑(CO₂)의 분자 수는 2이다. 따라서 1분자의 포도당으로부터 생성되는 ㉑(CO₂)의 분자 수는 (가)가 (나)의 3배이다.

15 산소 호흡과 발효

피루브산이 젖산으로 되는 과정에서 NAD⁺, 에탄올이 되는 과정에서 NAD⁺와 CO₂, 아세틸 CoA가 되는 과정에서 NADH와 CO₂가 생성된다. 따라서 A는 피루브산, B는 에탄올, C는 아세틸 CoA, D는 젖산이고, ㉑은 CO₂, ㉒은 NADH이다.

㉑. 피루브산(A)이 에탄올(B)과 아세틸 CoA(C)가 되는 과정에서 탈탄산 효소의 작용으로 CO₂가 방출된다. 따라서 과정 I 과 II에서 모두 탈탄산 반응이 일어난다.

㉒. 피루브산(A)이 아세틸 CoA(C)가 되는 과정에서 탈수소 효소의 작용으로 피루브산(A)이 산화되고, NAD⁺가 NADH로 환원된다.

✕. 피루브산(A)이 젖산(D)이 되는 과정에서 ATP는 사용되지 않는다.

16 산소 호흡과 발효

해당 과정을 통해 세포질에서 포도당으로부터 피루브산이 생성(I)되고, O₂가 없거나 부족할 때 세포질에서 피루브산이 젖산으로 환원(II)된다.

✕. 과정 I에서 ATP가 생성되며, 과정 II에서는 ATP가 생성되지 않는다.

㉑. 포도당은 6탄소 화합물이고, 젖산은 3탄소 화합물이므로 1분자당 탄소 수는 ㉑(포도당)이 ㉒(젖산)의 2배이다.

㉓. 구간 ㉑에서 산소 호흡이 일어나며, 전자 전달계에서 NADH가 NAD⁺로 산화된다. 구간 ㉒에서 젖산이 형성되고 있으므로

젖산 발효가 일어나며 젖산 발효 과정에서 피루브산이 젖산으로 환원되면서 NADH가 NAD⁺로 산화된다. 따라서 X에서 구간 ㉑와 ㉒에서 모두 NADH의 산화 반응이 일어난다.

3점 수능 테스트

본문 64~69쪽

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

01 호흡 기질에 따른 세포 호흡 경로

탄수화물, 지방, 단백질은 세포 호흡의 기질로 이용될 수 있다. 분해 산물이 포도당인 (나)는 탄수화물이며, 분해 산물(㉠과 ㉡)이 해당 과정의 중간 산물과 아세틸 CoA로 전환되는 (다)는 지방, 분해 산물이 아미노산인 (가)는 단백질이다. ㉠은 글리세롤, ㉡은 지방산, ㉢은 아세틸 CoA이다.

✕. 지방의 호흡률은 약 0.7이며, 탄수화물의 호흡률은 약 1이므로 호흡률은 지방인 (다)가 탄수화물인 (나)보다 작다.

㉠. ㉠(지방산)이 세포 호흡에 사용될 때 아세틸 CoA로 전환된 후 TCA 회로를 통해 분해되며, 이 과정에서 기질 수준 인산화가 일어난다.

✕. 아세틸 CoA는 2탄소 화합물이므로 1분자의 아세틸 CoA(㉢)가 TCA 회로를 통해 완전 분해될 때 탈탄산 효소의 작용으로 2분자의 CO₂가 발생한다.

02 TCA 회로와 산화적 인산화

산화적 인산화를 통해 1분자의 NADH로부터 2.5분자의 ATP가, 1분자의 FADH₂로부터 1.5분자의 ATP가 생성된다고 하였는데, 2분자의 A가 C로 되는 과정에서 생성된 ㉠과 ㉡이 모두 전자 전달계에서 산화될 때, TCA 회로와 산화적 인산화를 통해 총 15분자의 ATP가 생성된다. 그 중 2ATP는 TCA 회로에서 기질 수준 인산화로, 13ATP는 산화적 인산화로 생성되므로 2분자의 A가 C로 되는 과정에서 4분자의 NADH와 2분자의 FADH₂가 생성된다. A가 시트르산이고 C가 4탄소 화합물이거나 A가 5탄소 화합물이고, C가 옥살아세트산이면 2분자의 A가 C로 되는 과정에서 4분자의 NADH와 2분자의 FADH₂가 생성될 수 있다. A가 시트르산이고 C가 4탄소 화합물이면 B가 5탄소 화합물이고 ㉠이 NADH인데, 과정 (나)에서 ㉠(NADH)이 생성되지 않았으므로 조건에 부합하지 않는다. 따라서 A는 5탄소 화합물, B는 4탄소 화합물, C는 옥살아세트산, D는 시트르산이다.

㉠. A는 5탄소 화합물이고, D(시트르산)는 6탄소 화합물이므로 A와 D의 탄소 수의 합은 11이다.

✕. 과정 (나)에서 ㉠만 생성되었으므로, ㉠은 FADH₂, ㉡은 NADH, ㉢은 CO₂이다. 과정 (가)에서 ㉠~㉢이 모두 생성되므로 ㉠은 '○'이고, 과정 (다)에서는 ㉠~㉢이 모두 생성되지 않으므로 ㉠은 '×'이다.

㉡. TCA 회로를 통해 1분자의 아세틸 CoA로부터 생성되는 ㉠(NADH)의 분자 수는 3이며, 1분자의 NADH가 전자 전달계에서 산화될 때 2개의 e⁻가 전달되므로 1분자의 H₂O이 생성된다. 따라서 TCA 회로를 통해 1분자의 아세틸 CoA로부터 생성된 ㉠(NADH)이 모두 전자 전달계에서 산화될 때 3분자의 H₂O이 생성된다.

03 피루브산의 산화, TCA 회로, 산화적 인산화

㉠은 세포질, ㉡은 미토콘드리아 기질이다. 2분자의 피루브산이 세포 호흡에 이용될 때 피루브산의 산화 과정에서 2분자의 NADH가 생성되고 TCA 회로에서 6분자의 NADH, 2분자의 FADH₂가 생성된다. 산화적 인산화를 통해 1분자의 NADH로부터 2.5분자의 ATP가, 1분자의 FADH₂로부터 1.5분자의 ATP가 생성된다고 하였으므로 산화적 인산화로 23ATP가 생성된다. TCA 회로에서 기질 수준 인산화로 2ATP가 생성되므로 ㉠은 25이다. 8분자의 NADH와 2분자의 FADH₂가 산화될 때 5분자의 O₂가 사용되고 10분자의 H₂O이 생성되므로 ㉠은 5이다. 1분자의 피루브산은 3탄소 화합물이므로 2분자의 피루브산이 분해되면 6분자의 CO₂가 생성되므로 ㉡은 6이다.

㉠. ㉠은 5, ㉡은 6, ㉢은 25이다. 따라서 ㉠+㉡+㉢=36이다.

✕. O₂는 전자 전달계에서 최종 전자 수용체이며, 미토콘드리아 기질(㉡)에서 H₂O로 환원된다.

✕. 피루브산이 아세틸 CoA로 산화되어 TCA 회로와 산화적 인산화를 거쳐 분해되는 과정에서 생성되는 ATP는 세포질(㉠)에서는 생성되지 않는다.

04 화학 삼투와 ATP 합성

ATP가 합성되기 위해서는 미토콘드리아 내막을 경계로 H⁺ 농도 기울기가 형성되어야 한다.

✕. 미토콘드리아 내막의 ATP 합성 효소를 통해 H⁺ 농도가 높은(pH가 낮은) 막 사이 공간에서 H⁺ 농도가 낮은(pH가 높은) 미토콘드리아 기질로 H⁺이 확산되면서 ATP가 합성된다. 시험관 V에서 ATP가 합성되었으므로 ㉠>㉡이다.

㉠. ATP가 합성될 때 미토콘드리아 기질의 H⁺이 막 사이 공간으로 이동 수송되면서 미토콘드리아 기질의 pH가 높아지므로 III에서 ATP가 합성될 때 미토콘드리아 기질의 pH는 III에서가 II에서보다 높다.

✕. TCA 회로 반응의 물질이 고갈된 상태에서 H⁺ 농도 기울기에 의한 ATP의 합성 여부를 알아보는 실험이므로 V에서 CO₂가 발생하지 않는다.

05 산화적 인산화와 세포 호흡 저해제

㉠을 첨가한 후 소비된 O₂ 총량과 생성된 ATP 총량이 증가하

고, ㉠을 첨가한 후 소비된 O_2 총량과 생성된 ATP 총량의 변화가 없으므로 ㉠은 4탄소 화합물, ㉡은 물질 X이다.

✕. ㉠은 4탄소 화합물이다.

✕. 구간 I에서는 O_2 가 환원되어 H_2O 이 생성되지만 구간 II에서는 소비된 O_2 총량에 변화가 없으므로 세포 호흡에 의해 생성되는 H_2O 의 분자 수는 구간 I에서 구간 II에서보다 많다.

㉢. 구간 I에서는 고에너지 전자가 전자 전달계를 통해 전달되는 과정에서 방출된 에너지를 이용하여 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 H^+ 이 능동 수송되므로 막 사이 공간의 pH는 낮아지고, 미토콘드리아 기질의 pH는 높아진다. 따라서 미토콘드리아의 기질의 pH는 구간 I에서 구간 II에서보다 크다. 막 사이 공간의 pH

06 산화적 인산화와 세포 호흡 저해제

㉠은 NADH, ㉡은 $FADH_2$, ㉢은 O_2 이다.

㉠. 전자 전달계를 구성하는 전자 전달 효소 복합체나 전자 운반체에서 전자의 이동을 차단하거나, ATP 합성 효소를 통한 H^+ 의 이동을 차단하면 ATP 합성이 일어나지 않는다. 따라서 X와 Y를 처리했을 때 모두 ATP 합성이 억제된다.

✕. NADH가 전자 전달계에 전달한 전자가 방출하는 에너지는 $FADH_2$ 가 전자 전달계에 전달한 전자가 방출하는 에너지보다 크다. 따라서 전자가 가진 에너지는 ㉠(NADH)에서 ㉡($FADH_2$)에서보다 크다.

㉢. 2분자의 아세틸 CoA가 TCA 회로를 통해 분해될 때 생성되는 NADH의 분자 수는 6이며, $FADH_2$ 의 분자 수는 2이다. 6분자의 NADH가 전자 전달계에서 산화될 때 3분자의 O_2 가 필요하고, 2분자의 $FADH_2$ 가 전자 전달계에서 산화될 때 1분자의 O_2 가 필요하다. 따라서 TCA 회로를 통해 2분자의 아세틸 CoA로부터 생성된 ㉠(NADH)과 ㉡($FADH_2$)이 모두 전자 전달계에서 산화될 때 4분자의 ㉢(O_2)이 필요하다.

07 산화적 인산화와 세포 호흡 저해제

미토콘드리아 내막의 인지질을 통해 H^+ 이 막 사이 공간에서 미토콘드리아 기질로 새어나가게 하면 H^+ 농도 기울기가 감소하여 ATP 합성 효소를 통한 H^+ 의 이동이 감소하므로 ATP 합성이 감소하나, 전자 전달계에서 전자의 이동은 감소하지 않는다. ATP 합성 효소를 통한 H^+ 의 이동을 차단하면 ATP 합성이 일어나지 않으며, H^+ 농도 기울기가 감소하지 않으므로 전자 전달계에서 전자의 이동도 점점 감소한다. 따라서 ㉠은 물질 Y, ㉡은 물질 X이고, ㉢은 O_2 , ㉣은 ATP이다.

✕. ㉢은 O_2 이다.

㉢. ㉠(물질 X)을 처리하면 H^+ 이 막 사이 공간에서 미토콘드리아 기질로 새어나가므로 미토콘드리아 기질의 pH는 ㉢(물질 X)을

처리한 후가 처리하기 전보다 낮다.

㉣. 소비된 O_2 의 총량 변화는 구간 I에서 구간 II에서보다 크므로 단위 시간당 산화적 인산화에 의해 생성되는 NAD^+ 의 분자 수는 구간 I에서 구간 II에서보다 많다.

08 TCA 회로

과정 I과 III에서 모두 CO_2 가 생성되므로 A는 5탄소 화합물이고, 과정 II에서만 $FADH_2$ 가 생성되므로 B는 4탄소 화합물, C는 옥살아세트산, D는 시트르산이다.

㉠. A가 5탄소 화합물, B가 4탄소 화합물, C가 옥살아세트산, D가 시트르산이므로 회로 반응의 방향은 ㉡이다.

㉢. 전자 전달계에서 2분자의 H_2O 이 생성될 때 1분자의 O_2 가 사용되므로 ㉠은 1이며, NAD^+ 와 FAD가 환원될 때 각각 2개의 H^+ 과 2개의 전자(e^-)가 사용되므로 ㉡과 ㉢은 모두 2이다. 따라서 ㉠+㉡+㉢=5이다.

㉣. 과정 II에서 $FADH_2$ 가 생성되므로 과정 I에서 NADH가 생성된다. 따라서 과정 I에서 (나)가 일어난다.

09 효모의 알코올 발효 실험

효모는 호흡 기질의 종류에 따라 알코올 발효 과정에서 발생하는 기체(이산화 탄소)의 부피에 차이가 있다.

㉠. t_1 일 때 발효관 B~D의 맹관부에 모인 기체는 이산화 탄소가며, KOH 수용액은 맹관부에 모인 이산화 탄소를 흡수하기 때문에 t_2 일 때 발효관 B~D의 맹관부에 모인 기체의 부피는 t_1 일 때보다 감소한다. 따라서 ㉠+㉡+㉢<30이다.

㉢. 알코올 발효가 일어나면 이산화 탄소가 발생하고 에탄올이 생성된다. 1분자의 피루브산으로부터 1분자의 이산화 탄소와 1분자의 에탄올이 생성되므로 t_1 일 때 에탄올의 농도는 기체(이산화 탄소) 발생량에 비례한다. 따라서 t_1 일 때 에탄올의 농도는 B에서 D에서보다 높다.

✕. KOH 수용액을 맹관부에 넣으면 이산화 탄소가 흡수되기 때문에 맹관부 수면의 높이가 높아진다. 따라서 C의 맹관부 수면의 높이는 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 높다.

10 젖산 발효와 알코올 발효

A는 젖산, B는 피루브산, C는 아세트알데하이드, D는 에탄올이고, ㉠은 NAD^+ , ㉡은 NADH이다.

㉢. 아세트알데하이드가 에탄올이 되는 과정에서 NADH가 NAD^+ 로 산화되면서 아세트알데하이드가 환원된다. 따라서 과정 III에서 C(아세트알데하이드)가 환원된다.

㉣. 1분자의 NADH가 NAD^+ 로 전환될 때 2개의 H^+ 과 2개의 전자(e^-)가 방출되므로 1분자의 ㉠(NADH)이 ㉡(NAD^+)으로 전환될 때 방출되는 전자 수는 2이다.

㉔. 1분자의 피루브산이 각각 에탄올과 젖산으로 되는 과정에서 공통으로 1분자의 NAD⁺가 생성되므로 에탄올과 젖산의 수소 수는 같고, 피루브산이 에탄올로 되는 과정에서만 1분자의 CO₂가 생성되므로 탄소 수가 감소한다. 따라서 1분자당 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 A(젖산)가 D(에탄올)보다 작다.

11 산소 호흡과 발효

포도당이 피루브산이 되는 과정 I에서 ATP와 NADH가 생성되는데, ATP는 과정 I에서만 생성되므로 ㉔은 ATP이다.

㉔이 ATP이므로 ㉔은 NADH이고, 피루브산이 아세틸 CoA가 되는 과정에서도 NADH가 생성되므로 IV에서 생성되는 C는 아세틸 CoA이다. 피루브산이 아세틸 CoA가 되는 과정에서 CO₂가 발생하므로 ㉔은 CO₂이고, 피루브산이 아세트알데하이드가 되는 과정에서도 CO₂가 발생하므로 A는 아세트알데하이드, B는 젖산, ㉔은 NAD⁺이다. 이를 바탕으로 표를 정리하면 다음과 같다.

과정	물질	분자 수			
		ADP (㉔)	ATP (㉔)	CO ₂ (㉔)	NADH (㉔)
I (포도당 → 피루브산)		2	4	2	2
II (피루브산 → 아세트알데하이드)		0	0	2	0
III (피루브산 → 젖산)		0	0	0	0
IV (피루브산 → 아세틸 CoA)		0	0	0	0

(○: 생성됨, ×: 생성 안 됨)

㉔. ㉔은 ATP이다.

㉔. 과정 I에서는 ㉔(ATP)과 ㉔(NADH)만, 과정 II에서는 ㉔(CO₂)만, 과정 III에서는 ㉔(NAD⁺)만 생성되므로 ㉔~㉔은 모두 '×'이다.

×. 3탄소 화합물인 피루브산 1분자가 아세트알데하이드(A)와 아세틸 CoA(C)로 되는 과정에서 공통으로 1분자의 CO₂가 생성되므로 아세트알데하이드(A)와 아세틸 CoA(C)는 모두 2탄소 화합물이다. 피루브산이 아세틸 CoA(C)로 되는 과정에서만 NADH가 생성되므로 수소 수가 감소한다. 따라서 1분자당 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 A가 C보다 크다.

12 산소 호흡과 발효

1분자의 포도당이 1분자의 과당 2인산이 되는 과정에서 2ADP가, 1분자의 과당 2인산이 2분자의 피루브산이 되는 과정에서 4ATP와 2NADH가, 2분자의 피루브산이 2분자의 아세

틸 CoA가 되는 과정에서 2CO₂와 2NADH가, 2분자의 피루브산이 2분자의 아세트알데하이드가 되는 과정에서 2CO₂가 생성된다. 1분자의 ㉔이 각각 2분자의 ㉔과 ㉔으로 되고, ㉔이 ㉔으로 되므로 ㉔은 과당 2인산, ㉔은 포도당, ㉔과 ㉔은 각각 아세틸 CoA와 아세트알데하이드 중 하나이며, ㉔은 피루브산이다. 1분자의 포도당이 2분자의 피루브산이 되는 과정에서 2ATP와 2NADH가 생성되므로 ㉔은 CO₂이다. (가)에서 생성되는 ㉔과 ㉔의 분자 수가 같고, (나)에서 생성되는 ㉔과 ㉔의 분자 수가 같으므로 ㉔은 NADH, ㉔은 ATP이며, ㉔은 아세트알데하이드, ㉔은 아세틸 CoA이다. 표를 정리하면 다음과 같다.

과정	물질	분자 수			
		ADP (㉔)	ATP (㉔)	CO ₂ (㉔)	NADH (㉔)
(가) 과당 2인산(㉔) → 2아세틸 CoA(㉔)		0	4	2	4
(나) 과당 2인산(㉔) → 2아세트알데하이드(㉔)		0	4	2	2
(다) 포도당(㉔) → 과당 2인산(㉔)		2	0	0	0
(라) 포도당(㉔) → 2피루브산(㉔)		0	2	0	2

㉔. ㉔은 ATP이다.

×. 포도당이 과당 2인산이 되는 과정에서 ATP가 사용되므로 기질 수준 인산화 일어나지 않는다.

×. 과당 2인산(㉔)은 6탄소 화합물이고, 아세틸 CoA(㉔)은 2탄소 화합물, 피루브산(㉔)은 3탄소 화합물이므로 1분자당 $\frac{\text{㉔의 탄소 수}}{\text{㉔의 탄소 수} + \text{㉔의 탄소 수}} > 1$ 이다.

05 광합성

2점 수능 테스트

본문 80~83쪽

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

01 엽록체와 광합성 색소 분리

(가)에서 엽록체는 광합성이 일어나는 장소로 ㉠은 틸라코이드 막, ㉡은 틸라코이드 내부, ㉢은 스트로마이다. (나)에서 ㉣는 엽록소 a, ㉤는 엽록소 b이다.

- ㉠ 광합성 색소인 카로틴은 틸라코이드 막(㉠)에 존재한다.
 ✕. 탄소 고정 반응은 스트로마(㉢)에서 일어난다.
 ㉡ 광계의 반응 중심 색소는 한 쌍의 엽록소 a(㉣)이다.

02 흡수 스펙트럼과 작용 스펙트럼

흡수 스펙트럼에서 ㉠은 엽록소 a, ㉡은 엽록소 b이며, 작용 스펙트럼과 흡수 스펙트럼의 모습이 유사하게 나타난다. 이를 통해 식물은 엽록소 a와 b가 주로 흡수하는 청자색광과 적색광에서 광합성을 활발하게 한다는 것을 알 수 있다.

- ㉠ 엽록소 a(㉠)는 일부 광합성 세균을 제외한 모든 광합성 생물에 존재한다.
 ㉡ 엽록소 b(㉡)를 포함하는 광합성 색소는 틸라코이드 막에 있다.
 ✕. 작용 스펙트럼에서 광합성 속도(단위 시간당 생성되는 포도당의 양)는 파장이 550 nm인 빛에서가 650 nm인 빛에서보다 느리다(적다).

03 광합성 조건

구간 I에서는 빛이 있어 명반응이 일어났으며, 그 결과 t_1 에서는 빛이 없지만 구간 I에서 합성된 명반응 산물(ATP, NADPH)이 사용되면서 탄소 고정 반응이 일어났다. t_2 에서는 빛과 CO_2 가 모두 있으므로 명반응과 탄소 고정 반응이 모두 일어났다.

- ㉠ 구간 I에서는 빛이 있으므로 명반응이 일어났고, 그 결과 ATP와 NADPH가 생성된다.
 ✕. t_1 일 때는 빛이 없으므로 명반응이 일어나지 않기 때문에 $NADP^+$ 가 NADPH로 환원되지 않는다.
 ㉡ t_2 일 때 빛과 CO_2 가 모두 있으므로 틸라코이드 막에서는 명반응이, 스트로마에서는 탄소 고정 반응이 일어난다. 3PG가 PGAL로 전환되는 과정은 탄소 고정 반응의 일부이므로 t_2 일 때

일어난다.

04 광계

물의 광분해는 틸라코이드 내부 쪽에서 일어나므로 I은 스트로마, II는 틸라코이드 내부이다.

- ㉠ 스트로마(I)에는 DNA와 리보솜이 있어 엽록체는 스스로 복제하여 증식할 수 있다.
 ✕. 물의 광분해로 방출된 전자는 광계 II의 반응 중심 색소인 P_{680} 에 전달된다. 따라서 ㉠은 P_{680} 이며, P_{680} 은 680 nm의 빛을 가장 잘 흡수한다.
 ㉡ 이 광계는 광계 II이므로 비순환적 전자 흐름에 관여한다.

05 광합성의 전체 반응

광합성은 그라나에서 일어나는 명반응(가)과 스트로마에서 일어나는 탄소 고정 반응(나)으로 구분된다. 명반응에서는 H_2O 의 광분해로 O_2 가 발생하고, ATP와 NADPH가 생성된다. 탄소 고정 반응에서는 명반응에서 공급된 ATP와 NADPH를 사용하여 CO_2 를 환원시켜 포도당을 합성한다. 따라서 ㉠은 H_2O , ㉡은 CO_2 , ㉢은 O_2 , ㉣은 NADPH이다.

- ✕. H_2O (㉠)은 광계 II에서 광분해된다.
 ㉡ 명반응(가)에서 O_2 (㉢)과 NADPH(㉣)는 모두 비순환적 전자 흐름에서 생성된다.
 ㉢ 탄소 고정 반응의 캘빈 회로에서 1분자의 CO_2 (㉢)은 1분자의 RuBP와 결합한 후 3PG 2분자로 나누어진다.

06 혈의 실험과 루벤의 실험

(가)에서 H_2O 의 광분해로 옥살산 철(III)은 옥살산 철(II)로 환원되며, O_2 가 발생한다. 따라서 ㉠은 옥살산 철(III), ㉡은 옥살산 철(II)이며, ㉢은 O_2 이다. (나)에서 클로렐라에 빛을 비추면 광합성이 일어나며, 이 과정에서 H_2O 이 분해되어 O_2 (㉢)가 발생한다.

- ㉠ (가)에서 빛을 비추었을 때 H_2O 이 분해되면서 O_2 와 전자가 방출되는데, 이때 방출된 전자가 옥살산 철(III)을 옥살산 철(II)로 환원시킨다. 따라서 옥살산 철(III)(㉠)은 전자 수용체로 작용한다.
 ㉡ H_2O 의 광분해는 비순환적 전자 흐름에서 일어나므로 O_2 (㉢)는 비순환적 전자 흐름의 산물이다.
 ㉢ (나)에서 ㉢은 $C^{18}O_2$ 가 아닌 H_2O 의 분해로 생기므로 ㉣과 ㉤는 모두 O_2 이다.

07 순환적 전자 흐름

순환적 전자 흐름에서는 X에서 방출된 고에너지 전자가 전자 전달계를 거친 후 다시 되돌아온다.

- ㉠ 순환적 전자 흐름에 관여하는 광계 X는 광계 I이며, 광계 I

의 반응 중심 색소는 P₇₀₀이다. P₇₀₀으로부터 고에너지 전자가 방출되면 P₇₀₀은 산화되고, 산화된 P₇₀₀은 전자 전달계를 거쳐 돌아온 전자(ⓐ)에 의해 환원된다.

✕. 순환적 전자 흐름에서는 광계 I에서 방출된 고에너지 전자가 NADP⁺에 전달되지 않으므로 NADPH가 생성되지 않는다.

✕. ㉠에서 ㉡으로의 H⁺ 이동에는 고에너지 전자로부터 방출된 에너지가 사용된다.

08 순환적 전자 흐름과 비순환적 전자 흐름의 비교

P₇₀₀으로부터 방출된 고에너지 전자가 NADP⁺에 전달되어 NADPH가 생성되는 B는 비순환적 전자 흐름이므로 A는 순환적 전자 흐름이다.

○. 틸라코이드 막을 경계로 H⁺ 농도 기울기(㉠)가 형성되면, 화학 삼투에 의해 ATP가 합성된다.

✕. O₂는 비순환적 전자 흐름(B)에서 발생하지만, 순환적 전자 흐름(A)에서는 발생하지 않는다.

○. 비순환적 전자 흐름(B)에서 전자는 광계 II에서 광계 I로 전달되므로 광계 I과 광계 II가 모두 관여한다.

09 비순환적 전자 흐름

㉠은 리보솜이 있는 부위이므로 스트로마이고, ㉡은 틸라코이드 내부이다. 비순환적 전자 흐름에서 전자는 광계 II에서 광계 I로 전달되므로 ⓐ는 광계 II, ⓑ는 광계 I이다.

✕. 물의 광분해는 광계 II의 틸라코이드 내부(㉡) 쪽에서 일어난다.

○. 광계 II(ⓐ)의 반응 중심 색소는 680 nm의 빛을 가장 잘 흡수하는 P₆₈₀이다.

✕. 빛이 있으면 광계 II(ⓐ)에서 고에너지 전자가 방출되며, 이 전자가 전자 전달계를 거쳐 이동하는 과정에서 H⁺은 스트로마(㉠)에서 틸라코이드 내부(㉡)로 능동 수송된다. 그 결과 틸라코이드 내부(㉡)의 H⁺ 농도가 스트로마(㉠)의 H⁺ 농도보다 높아진다. 반면 빛이 없을 때는 틸라코이드 막을 경계로 한 H⁺ 농도 기울기가 형성되지 않는다. 따라서 $\frac{\text{㉠의 H}^+ \text{ 농도}}{\text{㉡의 H}^+ \text{ 농도}}$ 는 빛이 있을 때가 빛이 없을 때보다 작다.

10 순환적 전자 흐름과 비순환적 전자 흐름

경로 1은 비순환적 전자 흐름, 경로 2는 순환적 전자 흐름이므로 A는 광계 II, B는 광계 I이다.

✕. 광계 II(A)의 반응 중심 색소는 680 nm의 빛을, 광계 I(B)의 반응 중심 색소는 700 nm의 빛을 가장 잘 흡수한다. 따라서 광계 II(A)의 반응 중심 색소는 P₆₈₀, 광계 I(B)의 반응 중심 색소는 P₇₀₀이다.

○. H₂O의 광분해는 비순환적 전자 흐름(경로 1)에서 일어나며, H₂O의 분해로 방출된 전자는 P₆₈₀ → 전자 수용체 → P₇₀₀ → 전자 수용체 ① → 최종 전자 수용체 순으로 전달된다.

○. X를 처리하면 전자 전달이 일어나지 않으므로 최종 전자 수용체인 NADP⁺는 NADPH로 환원되지 않는다. 따라서 $\frac{\text{NADP}^+ \text{의 수}}{\text{NADPH의 수}}$ 는 X를 처리한 후가 처리하기 전보다 크다.

11 엽록체의 구조와 탄소 고정 반응

(가)에서 ⓐ는 스트로마, ⓑ는 틸라코이드 내부이다. RuBP, 3PG, PGAL의 1분자당 인산기 수의 비는 2:1:1이며, 캘빈 회로에서 물질 전환의 순서는 RuBP → 3PG → PGAL이다. 따라서 ㉠은 PGAL, ㉡은 RuBP, ㉢은 3PG이다.

○. (나)는 스트로마(ⓐ)에서 일어난다.

○. (나)에서 3PG의 환원(과정 I)과 RuBP의 재생(과정 II)에서 ATP가 모두 사용된다.

○. 1분자의 CO₂가 캘빈 회로에 투입되면 1분자의 RuBP와 결합한 다음 3PG 2분자로 전환된다. 따라서 CO₂ 공급을 차단하면 RuBP(㉡)의 양은 증가하고, 3PG(㉢)의 양은 감소한다.

12 캘빈의 실험

캘빈 회로에서 생성물은 3PG → PGAL → RuBP의 순서로 생성되므로 ㉠은 PGAL, ㉡은 3PG, ㉢은 RuBP이다.

○. ¹⁴C가 포함된 생성물의 종류가 더 많이 나타난 결과일수록 시간이 더 지난 뒤 얻은 세포 추출물을 크로마토그래피법으로 전개한 것이다. 따라서 시간의 흐름은 t₂ → t₃ → t₁이다.

✕. ㉡은 ¹⁴C가 포함된 최초 생성물이므로 3PG이다. 3PG의 1분자당 탄소 수는 3, 인산기 수는 1이므로 3PG(㉡)의 1분자당 $\frac{\text{인산기 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 $\frac{1}{3}$ 이다.

✕. 캘빈 회로에서 NADPH는 3PG(㉡)가 PGAL(㉠)로 환원되는 과정에서 사용되며, PGAL(㉠)이 RuBP(㉢)로 재생되는 과정에서는 사용되지 않는다.

13 탄소 고정 반응

탄소 고정 반응에서 6분자의 RuBP는 6분자의 CO₂와 결합하여 12분자의 3PG가 되고, 12분자의 ATP와 12분자의 NADPH를 사용하여 12분자의 PGAL로 환원된다. 이 중 2분자의 PGAL이 포도당으로 합성된다. 그리고 나머지 10분자의 PGAL은 6분자의 ATP를 사용하여 6분자의 RuBP로 재생된다. 따라서 I은 3PG, II는 RuBP, III은 PGAL이며, ㉠은 ATP, ㉡은 NADPH이다.

✕. 6분자의 CO₂를 고정하는 데 6분자의 RuBP(II)가 필요하며, 10분자의 PGAL은 6분자의 RuBP로 재생된다. 따라서 ⓐ는 6,

㉞는 10이므로, ㉝는 ㉜의 2배가 아니다.

㉟. 3PG(I)와 PGAL(III)의 1분자당 인산기 수는 모두 1이다.

㉡. I에서 III으로 전환되는 과정에서 사용되는

$$\frac{\text{ATP(㉠)의 분자 수}}{\text{NADPH(㉢)의 분자 수}} = \frac{12}{12} = 1 \text{이다.}$$

14 세포 호흡과 광합성 비교

물의 광분해는 광합성에서 일어나고, 세포 호흡의 TCA 회로와 광합성의 캘빈 회로는 모두 효소 반응이다. 따라서 I은 광합성, II는 세포 호흡이고, A는 물의 광분해, B는 효소 반응이다.

㉠ 산화적 인산화는 세포 호흡(II)에서 일어나고, 효소 반응(B)은 광합성(I)과 세포 호흡(II)에서 모두 일어난다. 따라서 ㉠~㉢는 모두 '○'이다.

㉣. A는 물의 광분해, B는 효소 반응이다.

㉤. 광합성(I)과 세포 호흡(II)에서는 모두 화학 삼투에 의한 ATP 합성이 일어난다.

15 미토콘드리아와 엽록체에서의 ATP 합성 비교

고에너지 전자가 전자 전달계를 통해 전달되는 과정에서 방출된 에너지를 이용해 엽록체에서는 스트로마에서 틸라코이드 내부로, 미토콘드리아에서는 기질에서 막 사이 공간으로 H^+ 이 능동 수송된다. 엽록체에서는 틸라코이드 내부에서 스트로마로, 미토콘드리아에서는 막 사이 공간에서 기질로 ATP 합성 효소를 통해 H^+ 이 이동하며, 이 과정에서 ATP가 합성된다.

㉠. 미토콘드리아에서 I은 막 사이 공간, II는 기질이며, 엽록체에서 I은 틸라코이드 내부, II는 스트로마이다.

㉡. ㉠은 ATP 합성 효소이며, ATP 합성 효소(㉠)를 통해 H^+ 이 틸라코이드 내부에서 스트로마로 확산된다.

㉢. 전자 전달이 활발히 일어나면 H^+ 은 II에서 I로 능동 수송되므로, I의 H^+ 농도는 높아지고 II의 H^+ 농도는 낮아진다. 따라서 전자 전달이 활발히 일어나면 I의 pH는 낮아지고, II의 pH는 높아진다.

16 광합성과 세포 호흡 비교

(가)는 빛에너지가 ATP의 화학 에너지로 전환되는 명반응이고, (나)는 ATP와 NADPH를 사용하여 포도당을 합성하는 탄소 고정 반응이다. (다)는 NADH와 $FADH_2$ 가 산화되고 O_2 가 환원되면서 ATP가 합성되는 산화적 인산화이다. (라)는 피루브산이 CO_2 로 산화되면서 NADH와 $FADH_2$ 가 생성되는 TCA 회로이다. 그러므로 ㉠은 NADPH, ㉡은 $FADH_2$ 이다.

㉢. 명반응(가)과 산화적 인산화(다)의 전자 전달계에서 전자 전달은 산화 환원 반응으로 일어난다.

㉣. 세포 호흡에서 $FADH_2$ (㉡)는 FAD로 산화되어 고에너지 전

자와 H^+ 을 방출하며, 고에너지 전자는 전자 전달계를 거쳐 최종적으로 O_2 로 전달된다. 그러므로 $FADH_2$ (㉡)는 미토콘드리아 내막의 전자 전달계에 전자를 제공한다.

㉤. CO_2 가 방출되는 탈탄산 반응은 TCA 회로(라)에서는 일어나지만, 탄소 고정 반응(나)에서는 일어나지 않는다.

3점 수능 테스트

본문 84~89쪽

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

01 흡수 스펙트럼과 엽록체의 구조

(가)에서 X는 엽록소 b, Y는 엽록소 a이며, (나)에서 ㉠은 틸라코이드 내부, ㉡은 스트로마이다.

- ㉠. 광계 II의 반응 중심 색소는 엽록소 a(Y)이다.
- ㉡. 식물은 엽록소가 주로 흡수하는 빛의 파장을 이용하여 광합성을 한다. 엽록체에서 빛에너지를 흡수하면 전자 흐름이 일어나고, 이 과정에서 H⁺이 스트로마(㉡)에서 틸라코이드 내부(㉠)로 능동 수송되므로 스트로마(㉡)의 pH는 높아지고, 틸라코이드 내부(㉠)의 pH는 낮아진다. 따라서 $\frac{\text{틸라코이드 내부(㉠)의 pH}}{\text{스트로마(㉡)의 pH}}$ 는 1보다 작다.

✕. O₂는 틸라코이드 내부(㉠)에서 H₂O의 광분해로 생성된다.

02 엽록체의 ATP 합성 실험

틸라코이드 내부의 H⁺ 농도가 높고 스트로마의 H⁺ 농도가 낮아지면 ATP 합성 효소를 통해서 H⁺이 틸라코이드 내부에서 스트로마로 이동하는 화학 삼투가 일어나며, 이 과정에서 ATP가 합성된다.

✕. A의 엽록체의 틸라코이드 내부는 pH 4.8, B의 엽록체의 틸라코이드 내부는 pH 3.8이므로 틸라코이드 막을 경계로 형성된 H⁺ 농도 기울기는 플라스크 ㉠이 ㉡보다 높다. 따라서 ATP 합성량은 ㉡에서가 ㉠에서보다 많으므로 ㉡가 ㉠보다 크다.

✕. (나)에서 ㉠은 암실로 옮겨졌으므로 빛에너지에 의한 고에너지 전자의 이동은 일어나지 않는다.

㉡. ㉡에 첨가한 Z는 틸라코이드 막을 경계로 H⁺ 농도 기울기가 형성되지 않도록 한다. 따라서 (다)의 ㉡에서 화학 삼투에 의한 ATP 합성은 일어나지 않았다.

03 탄소 고정 반응

탄소 고정 반응은 CO₂가 RuBP와 결합하여 3PG를 형성하는 탄소 고정 단계, 3PG가 ATP와 NADPH에 의해 PGAL로 환원되는 단계, PGAL이 ATP로부터 인산기를 받아 RuBP로 재생되는 단계로 이루어져 있다. (가)에서 ¹⁴C가 포함된 최초의 생성물은 3PG이고, 3PG와 RuBP는 모두 인산기를 가지고 있지만, 포도당은 인산기를 가지고 있지 않다. 그러므로 ㉠은 3PG, ㉡은 RuBP, ㉢은 포도당이다. (나)에서 빛이 차단되면 캘빈 회로에 명반응 산물(ATP, NADPH)이 공급되지 않으므로 3PG의 환

원 단계와 RuBP의 재생 단계가 진행되지 않는다. 따라서 3PG의 양은 증가하고 RuBP의 양은 감소하게 되므로 X는 RuBP, Y는 3PG이다.

㉠. X는 ㉡(RuBP)이다.

✕. 1분자의 3PG(㉠)가 PGAL로 전환되는 과정에서 1분자의 NADPH와 ATP가 각각 사용된다. 따라서

$$\frac{\text{생성되는 ADP 분자 수}}{\text{소모되는 NADPH 분자 수}} = 1 \text{이다.}$$

✕. Y는 3PG이므로 ㉠이다. (가)에서 t₁일 때 ¹⁴C가 포함된 RuBP(㉡)가 생성되지 않았다. 따라서 t₁일 때 ¹⁴C를 포함하지 않는 RuBP(㉢, 5탄소 화합물)와 ¹⁴CO₂가 결합하여 2분자의 3PG(㉠, 3탄소 화합물)가 생성되었다. 그러므로 생성된 3PG(㉠) 중 1분자는 ¹⁴C를 포함하지 않았고 다른 1분자는 3개의 C 중 1개만 ¹⁴C를 포함한다. 따라서 t₁일 때 1분자의 3PG(Y, ㉠)를 구성하는 탄소의 비 ¹⁴C:C=0:3 또는 ¹⁴C:C=1:2이다.

04 명반응과 캘빈 회로

(가)는 광계 I과 광계 II가 모두 관여하는 비순환적 전자 흐름이다. 따라서 ㉠은 광계 II, ㉡은 광계 I이다. (나)에서 C가 A로 되는 과정에서 CO₂가 고정되므로 A는 3PG, B는 PGAL, C는 RuBP이다.

✕. 광계 II(㉠)의 반응 중심 색소는 680 nm의 빛을 가장 잘 흡수하고, 광계 I(㉡)의 반응 중심 색소는 700 nm의 빛을 가장 잘 흡수한다. 따라서 적색광에서 반응 중심 색소가 가장 잘 흡수하는 빛의 파장은 광계 II(㉠)에서가 광계 I(㉡)에서보다 짧다.

✕. (가)에서 X를 처리하면 최종 전자 수용체인 NADP⁺에 전자가 전달되지 않아 NADPH가 생성되지 않는다. NADPH가 (나)에 공급되지 않으면 스트로마에서 3PG(A)가 PGAL(B)로 되는 과정이 일어나지 않게 된다. 따라서 X를 처리한 후가 처리하기 전보다 스트로마에서 PGAL(B)의 양은 줄어든다.

㉡. ㉡는 전자 수용체에서 방출된 전자가 전자 전달계를 거치며 이동해 광계 I(㉡)로 전달되는 과정이며, 이 과정에서 고에너지 전자로부터 방출된 에너지를 이용해 H⁺이 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송되므로 H⁺ 농도 기울기가 형성된다. 형성된 H⁺ 농도 기울기는 ATP 합성에 이용된다.

05 벤슨의 실험과 광합성 반응

광합성은 빛이 필요한 명반응과 CO₂가 필요한 탄소 고정 반응으로 구분되며, 명반응 산물이 탄소 고정 반응에 이용되므로 명반응이 탄소 고정 반응보다 먼저 일어나야 포도당이 합성될 수 있다.

㉠. 구간 I에서 광합성 속도가 일시적으로 높아진 것은 명반응 산물인 NADPH와 ATP가 있고, CO₂가 공급되어 탄소 고정 반응이 일어났기 때문이며, 광합성 속도가 계속 높은 상태로 지

속되지 않는 것은 빛이 없어 명반응 산물이 계속 공급되지 않았기 때문이다. 따라서 A는 CO₂, B는 빛이다.

✕. ㉠은 탄소 고정 반응에 속하는 반응이고, ㉡은 명반응에 속하는 반응이다. 구간 I에서 탄소 고정 반응(㉢)은 일어나지만 명반응(㉣)은 일어나지 않는다.

✕. ㉡(2e⁻)는 광계 II의 P₆₈₀ → 광계 I의 P₇₀₀을 거쳐 NADP⁺에 전달된다.

06 탄소 고정 반응

탄소 고정 반응에서 NADPH가 산화되는 과정 I은 3PG가 PGAL로 전환되는 과정이다. 그러므로 A와 C 중 하나는 3PG, 다른 하나는 PGAL이며, 1분자당 에너지량은 A가 C보다 많다. 따라서 A는 PGAL, B는 RuBP, C는 3PG이다. 탄소 고정 반응에서 CO₂가 투입되어 RuBP와 결합하면 3PG가 만들어지므로 CO₂ 농도가 감소하면 RuBP의 농도는 증가하고, 3PG의 농도는 감소한다. 따라서 X는 C(3PG)이다.

✕. A는 PGAL, B는 RuBP, C는 3PG이고, 탄소 고정 반응에서 3PG(C) → PGAL(A) → RuBP(B) 순으로 회로 반응이 진행되므로 이 회로 반응의 방향은 ㉠이다.

○. 1분자당 인산기 수는 PGAL(A)과 3PG(C, X)가 각각 1이다.

✕. (가)에서 3분자의 CO₂가 고정될 때 사용되는 RuBP(B)의 분자 수는 3이고, 생성되는 3PG(C)의 분자 수는 6이다. 따라서 3분자의 CO₂가 고정될 때 $\frac{\text{RuBP(B)의 분자 수(㉢)}}{\text{3PG(C)의 분자 수(㉣)}} = \frac{1}{2}$ 이다.

07 순환적 전자 흐름과 비순환적 전자 흐름의 비교

광계 II의 반응 중심 색소인 P₆₈₀의 산화·환원은 비순환적 전자 흐름에서 일어나며, 틸라코이드 막을 경계로 H⁺ 농도 기울기는 비순환적 전자 흐름과 순환적 전자 흐름에서 모두 형성된다. 따라서 I은 순환적 전자 흐름, II는 비순환적 전자 흐름이고, '틸라코이드 막을 경계로 H⁺ 농도 기울기가 형성된다.'는 B, 'P₆₈₀의 산화·환원이 일어난다.'는 C이고, ㉠은 A이다.

○. 비순환적 전자 흐름(II)에서는 H₂O에서 유래한 전자가 최종 전자 수용체인 NADP⁺에 전달되어 NADPH가 생성된다.

○. P₆₈₀의 산화·환원은 순환적 전자 흐름에서는 일어나지 않고, 비순환적 전자 흐름에서는 일어난다. 따라서 C는 'P₆₈₀의 산화·환원이 일어난다.'이다.

✕. 순환적 전자 흐름(I)과 비순환적 전자 흐름(II)은 모두 그라나에서 일어나는데, ㉠(A)은 순환적 전자 흐름(I)과 비순환적 전자 흐름(II)에 모두 없는 특징이다. 따라서 '그라나에서 일어난다.'는 ㉠(A)에 해당하지 않는다.

08 탄소 고정 반응

탄소 고정 반응에서 3분자의 CO₂가 고정될 때 3분자의 RuBP와 결합하여 6분자의 3PG가 생성된다. 6분자의 3PG가 6분자의 PGAL로 환원될 때 ATP와 NADPH가 각각 6분자 사용되고, ADP와 NADP⁺가 각각 6분자 생성된다. 생성된 6분자의 PGAL 중 1분자는 포도당 합성에 쓰이고, 나머지 5분자의 PGAL은 3분자의 ATP를 사용하여 3분자의 RuBP로 재생되며, ADP가 3분자 생성된다. 따라서 ㉠은 ADP, ㉡은 ATP, ㉢은 NADP⁺이며, X는 PGAL, Y는 RuBP, Z는 3PG이다. RuBP, 3PG, PGAL 중 1분자당 탄소 수가 5인 물질은 RuBP이므로 B는 RuBP이다. 3분자의 CO₂가 고정될 때 3분자의 RuBP(B)가 탄소 고정 반응에 사용되며, 이때 생성된 3PG의 분자 수는 6이다. 따라서 A는 PGAL, C는 3PG이다.

✕. C는 3PG, X는 PGAL이다.

○. 과정 (가)에서 생성된 ADP(㉢)의 분자 수는 3, 과정 (나)에서 사용된 ATP(㉣)의 분자 수는 6이다. 따라서 (가)에서 생성된 ADP(㉢)의 분자 수와 (나)에서 사용된 ATP(㉣)의 분자 수의 합은 3+6=9이다.

○. ㉣은 NADP⁺이며, 비순환적 전자 흐름에서 최종 전자 수용체로 작용한다.

09 명반응

광계 II의 틸라코이드 내부 쪽에서 H₂O이 2H⁺, 전자(2e⁻), 산소($\frac{1}{2}$ O₂)로 분해되며, 스트로마에서는 H₂O에서 유래한 전자(2e⁻)가 최종 전자 수용체인 NADP⁺에 전달되어 NADPH가 생성된다. 따라서 ㉠은 NADP⁺, ㉡은 NADPH, ㉢은 O₂이고, ㉣은 $\frac{1}{2}$ 이며, A는 스트로마, B는 틸라코이드 내부이다.

○. 탄소 고정 반응의 한 단계인 3PG의 환원은 스트로마(A)에서 일어난다.

○. (나)에서 빛을 공급했을 때 구간 I에서 스트로마의 pH가 높아진 것은 비순환적 전자 흐름과 순환적 전자 흐름이 일어나 H⁺이 스트로마(A)에서 틸라코이드 내부(B)로 능동 수송되어 스트로마의 H⁺ 농도가 낮아졌기 때문이다.

✕. 2개의 전자에 의해 생성된 NADPH(㉣)의 분자 수는 1이고, ㉠은 $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 $\frac{\text{2개의 전자에 의해 생성된 ㉣의 분자 수}}{\text{㉠}}$ 는 2이다.

10 세포 호흡과 광합성

(가)에서 빛에너지가 포도당의 화학 에너지로 전환되는 과정은 광합성이고, 포도당의 화학 에너지가 ATP의 화학 에너지와 열에

너지로 전환되는 과정은 세포 호흡이다. (나)에서 A는 미토콘드리아, B는 엽록체이므로 ㉠은 미토콘드리아 내막, ㉡은 미토콘드리아 기질, ㉢은 틸라코이드 막, ㉣은 스트로마이다.

㉠, ㉢은 탄소 고정 반응이며, 탄소 고정 반응은 스트로마(㉣)에서 일어난다. 따라서 ㉣에 관여하는 효소는 스트로마(㉣)에 존재한다.

㉡, 미토콘드리아 내막(㉠)과 틸라코이드 막(㉢)에는 모두 전자 전달계가 존재하며, 전자 전달계에서 전자는 연속적인 산화 환원 반응을 통해 이동한다. 따라서 미토콘드리아 내막(㉠)과 틸라코이드 막(㉢)에서 모두 산화 환원 반응이 일어난다.

✕. ㉡는 세포 호흡에서 포도당이 산화되는 과정이므로 기질 수준 인산화와 산화적 인산화에 의해 ATP가 합성된다. 광인산화는 광합성에서 ATP가 합성되는 과정이다.

11 TCA 회로와 캘빈 회로

FADH₂가 생성되는 회로 반응은 TCA 회로이므로 I은 TCA 회로, II는 캘빈 회로이다. TCA 회로(회로 I)에서 1분자의 시트르산이 옥살아세트산으로 되는 과정에서 3분자의 NADH, 1분자의 FADH₂가 생성되고, 2분자의 CO₂가 방출된다. 5탄소 화합물이 옥살아세트산으로 되는 과정에서 2분자의 NADH, 1분자의 FADH₂가 생성되고, 1분자의 CO₂가 방출된다. 따라서 (가)는 5탄소 화합물, (나)는 옥살아세트산, (다)는 시트르산이며, ㉠은 NADH, ㉡은 CO₂, ㉢은 1, ㉣은 2이다. 캘빈 회로(회로 II)에서 CO₂(㉠)은 RuBP가 3PG로 되는 과정에서 고정되며, 1분자의 3PG가 PGAL로 되는 과정에서 사용되는 NADPH와 생성되는 ADP의 분자 수는 각각 1이다. 따라서 (라)는 3PG, (마)는 PGAL, (바)는 RuBP이며, ㉤은 NADPH, ㉥은 2이다.

✕. $\frac{㉠+㉡}{㉢} = \frac{1+2}{2} = \frac{3}{2}$ 이다.

㉡. (다)는 6탄소 화합물인 시트르산이고, (바)는 5탄소 화합물인 RuBP이다. 따라서 1분자당 탄소 수는 시트르산(다)이 RuBP(바)보다 크다.

㉢. 산화적 인산화에서 1분자의 NADH(㉠)가 산화될 때 생성되는 H₂O의 분자 수는 1이고, 광인산화에서 1분자의 NADPH(㉤)가 생성될 때 NADP⁺에 전달되는 전자의 수는 2이다.

12 미토콘드리아와 엽록체에서의 ATP 합성 비교

(가)에서 NADH의 산화가 일어나고, (나)에서 H₂O의 분해가 일어난다. 그러므로 (가)는 미토콘드리아 내막에서 일어나는 산화적 인산화, (나)는 엽록체의 틸라코이드 막에서 일어나는 광인산화이다.

㉠. (가)와 (나)에서는 모두 고에너지 전자가 전자 전달계를 거치면서 방출된 에너지를 이용해 H⁺의 능동 수송이 일어나며, 그 결

과 ATP 합성에 필요한 H⁺ 농도 기울기가 형성된다.

㉡. (나)에서 H₂O의 분해가 일어나므로 비순환적 전자 흐름이 일어난다. 비순환적 전자 흐름에서 최종 전자 수용체는 NADP⁺이다.

✕. (가)에서 NADH의 산화로 방출된 고에너지 전자가 전자 전달계를 거치는 과정에서 방출된 에너지를 이용해 H⁺이 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 능동 수송된다. 따라서 I은 막 사이 공간이다. 피루브산이 아세틸 CoA로 산화되는 과정은 미토콘드리아 기질에서 일어난다.

06

유전 물질

2점 수능 테스트

본문 98~102쪽

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

01 DNA의 구조

㉠ 디옥시리보스의 5번 탄소에 인산기가 결합되어 있고, 3번 탄소에 수산기(-OH)가 결합되어 있으므로 ㉠은 5' 말단이고, ㉡은 3' 말단이다.

㉢ DNA를 구성하는 염기에는 이중 고리 구조인 퓨린 계열 염기 아데닌(A)과 구아닌(G)이 있고, 단일 고리 구조인 피리미딘 계열 염기 타이민(T)과 사이토신(C)이 있다. X는 이중 고리 구조이므로 퓨린 계열 염기이다.

✕ 이 이중 가닥 DNA에서 아데닌(A)의 염기 함량과 타이민(T)의 염기 함량을 더한 값이 60%이고, 전체 염기가 10개이므로 이 DNA에서 아데닌(A)은 3개, 타이민(T)은 3개, 구아닌(G)은 2개, 사이토신(C)은 2개이다. A과 T 사이에는 2개의 수소 결합이 있고, G과 C 사이에는 3개의 수소 결합이 있으므로 X와 Y의 염기쌍을 제외한 다른 염기쌍은 AT쌍이 3개, GC쌍이 1개이다. 따라서 X는 구아닌(G), Y는 사이토신(C)이다.

02 허시와 체이스의 DNA 연구

㉠ 허시와 체이스는 파지(박테리오파지)로부터 대장균으로 전달되는 유전 물질이 무엇인지를 밝히기 위해 방사성 동위원소인 ^{32}P 과 ^{35}S 을 이용하는 자기 방사법을 활용하였다.

✕ 단백질은 구성하는 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 황(S)이고, DNA를 구성하는 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 인(P)이다. 그러므로 단백질을 표지하는 데에는 ^{35}S 이 사용되었고, DNA를 표지하는 데에는 ^{32}P 이 사용되었다.

㉢ 허시와 체이스는 연구 결과 유전 물질이 DNA임을 밝혔다.

03 DNA 연구

(가)는 메셀슨과 스탈의 실험이고, (나)는 에이버리의 실험이다.

㉠ 메셀슨과 스탈은 질소 동위원소를 이용한 실험을 통해 DNA가 반보존적으로 복제됨을 밝혔다.

㉢ ㉡는 열처리로 죽은 S형 균에서 살아 있는 R형 균으로 전달되어 살아 있는 R형 균이 S형 균으로 형질 전환되도록 한 DNA

이다. 그러므로 살아 있는 S형 균에는 ㉡가 있다.

✕ DNA가 유전 물질임이 밝혀진 후 DNA의 복제 원리를 연구하였으므로 (가)와 (나) 중 먼저 수행된 실험은 (나)이다.

04 원핵세포와 진핵세포의 유전체

㉠ ㉠은 원형 DNA로 이루어진 유전체를 갖는 대장균이다.

㉢ ㉢은 선형 DNA로 이루어진 유전체를 갖는 사람이다. 진핵 생물인 사람의 유전체에는 인트론이 있다.

✕ 대장균에는 DNA와 히스톤 단백질로 이루어진 뉴클레오솜은 없다.

05 에이버리의 실험

㉠ 살아 있는 R형 균에 열처리로 죽은 S형 균 추출물을 넣었을 때 형질 전환이 일어났으므로 ㉡에 형질 전환을 일으키는 물질이 있다.

㉢ 형질 전환을 일으키는 물질은 DNA이다. DNA 분해 효소를 처리하면 형질 전환이 일어나지 않아 살아 있는 S형 균이 관찰되지 않는다. 그러므로 ㉠은 DNA 분해 효소이다.

㉤ ㉢을 처리한 실험에서 살아 있는 S형 균이 관찰되었으므로 이 실험에서 형질 전환이 일어났다.

06 허시와 체이스의 실험

㉠ ㉡에서 방사선이 검출되었고, ㉢에서는 방사선이 검출되지 않았으므로 파지에서 ㉠으로 표지된 물질은 단백질이다. 따라서 ㉠은 ^{35}S 이다.

㉢ 대장균에 파지를 감염시키면 파지가 자신의 유전 물질을 주입한 후에도 대장균의 표면에 남아 있어 효과적으로 원심 분리하기 어렵다. 그래서 원심 분리 전 믹서를 이용해 대장균과 파지를 분리하면 원심 분리를 통해 파지와 대장균을 잘 분리할 수 있다.

㉤ 파지는 대장균에 자신의 DNA를 주입하므로 ㉡에 파지의 DNA를 갖는 대장균이 있다.

07 DNA의 추출

㉠ 혼합 용액에 포함된 세제는 양파의 세포막과 핵막을 녹인다.

✕ (다)의 여과액에서 DNA를 추출하므로 DNA는 거름종이 위에 남지 않고 거름종이를 통과한다.

㉢ 차가운 에탄올은 DNA를 염기게 한다.

08 원핵세포와 진핵세포의 유전체

㉠ (가)는 단백질 비암호화 부위인 인트론이 없고, 일정 길이의 DNA에 상대적으로 유전자가 많이 있는 대장균이다.

✕ 유전체의 크기는 사람이 대장균보다 크므로 (가)가 (나)보다

작다.

㉔. (나)는 진핵생물인 사람이므로 (나)에 히스톤 단백질이 있다.

09 샤가프의 법칙

㉑. 이중 가닥 DNA에서 염기의 조성 비율은 $A=T, G=C, A+G=T+C=50\%$ 이다. 퓨린 계열 염기(A+G)의 함량이 50%이고, I에서 아데닌(A)의 함량이 25%이므로 구아닌(G)의 함량은 25%이다.

㉒. I과 II의 염기쌍 수가 같고, I에서 사이토신(C)의 함량이 25%이고, II에서 사이토신(C)의 함량이 20%이므로 사이토신(C)의 수는 I이 II보다 크다.

㉓. 아데닌(A)과 타이민(T) 사이에는 2개의 수소 결합이, 구아닌(G)과 사이토신(C) 사이에는 3개의 수소 결합이 있고, I~III의 염기쌍 수가 같으므로 전체 염기에서 G+C의 함량이 가장 높은 I이 염기 간 수소 결합의 수가 가장 크다.

10 DNA 복제

ㄱ. 만약 ㉑과 ㉒에서 유라실(U)이 없다면 $\frac{G+C}{A+T}$ 은 ㉑과 ㉒에서 같다. 그런데 ㉑이 $\frac{G+C}{A+T}=4=\frac{48}{12}$ 이고, ㉒이 $\frac{G+C}{A+T}=8=\frac{48}{6}$ 이므로 ㉒에 유라실(U)이 6개 있다. 따라서 X는 프라이머가 아니다.

㉑. ㉑과 ㉒은 상보적인 가닥이므로 한 가닥의 구아닌(G)의 수는 다른 가닥의 사이토신(C)의 수와 같고 한 가닥의 사이토신(C)의 수는 다른 가닥의 구아닌(G)의 수와 같다. 그러므로 G+C은 ㉑과 ㉒이 같다.

ㄴ. Y에 6개의 유라실(U)이 있으므로 Y와 ㉑ 사이의 염기 간 수소 결합의 수는 최소 16에서 최대 18이다. 따라서 20보다 작다.

11 DNA 복제 원리

㉑. G_2 의 DNA 원심 분리 결과 상층($^{14}N-^{14}N$)과 중층($^{14}N-^{15}N$)에만 DNA가 있으려면 G_1 은 중층($^{14}N-^{15}N$)에만 DNA가 있고, ㉑은 ^{14}N 가 들어 있는 배지이어야 한다. 따라서 ㉑은 ^{15}N 가 들어 있는 배지이다.

㉒. G_0 의 DNA를 ^{15}N 로 표지했다면 G_2 의 DNA 원심 분리 결과 중층에만 DNA가 있어야 한다. 따라서 G_0 의 DNA는 ^{14}N 로 표지했고, G_0 을 ^{15}N 가 들어 있는 배지에서 배양하였으므로 G_1 의 DNA 원심 분리 결과 중층에만 DNA가 있다.

㉓. G_2 의 원심 분리 결과 상층과 중층에는 같은 양의 DNA가 있다. 따라서 G_2 를 ^{15}N 가 들어 있는 배지(㉑)로 옮겨 배양하여 얻은 3세대 대장균(G_3)의 DNA를 원심 분리하였을 때 DNA는 중층이 하층보다 많다.

12 DNA 복제에 관여하는 효소

ㄱ. DNA 이중 나선을 푸는 것은 DNA 중합 효소(㉑)가 아닌 헬리케이스에 의해 진행된다.

㉑. 한 DNA 가닥과 다른 DNA 가닥이 결합되는 반응에 관여하는 ㉑은 DNA 연결 효소이다.

㉒. 지연 가닥의 합성에는 DNA 중합 효소(㉑)와 DNA 연결 효소(㉒)가 모두 관여한다.

13 샤가프의 법칙

㉑. 상보적인 두 DNA 가닥은 $\frac{G+C}{A+T}$ 이 같다. 그러므로 I과 II는 상보적인 가닥이고, III과 IV는 상보적인 가닥이다.

㉒. III에서 아데닌(A)의 수가 8이고 $\frac{G+C}{A+T}$ 이 $\frac{2}{3}$ 이므로 타이민(T)의 수는 46이다. 그러므로 IV에서 아데닌(A)의 수는 46이며, IV는 퓨린 계열 염기가 피리미딘 계열 염기보다 많다.

ㄴ. I에서 아데닌(A)의 수가 12이고, $\frac{G+C}{A+T}=\frac{1}{2}=\frac{30}{60}$ 이므로 타이민(T)의 수는 48이다. I의 아데닌(A)의 수가 12이므로 II의 타이민(T)의 수는 12이다. III의 아데닌(A)의 수가 8이므로 IV의 타이민(T)의 수는 8이다. 따라서 타이민(T)의 수가 가장 큰 가닥은 I이다.

14 샤가프의 법칙

㉑. ㉑이 아데닌(A)이거나 타이민(T)이라면 $\frac{G+\text{㉑}}{\text{㉑}+\text{㉒}}$ 은 1이어야 한다. $\frac{G+\text{㉑}}{\text{㉑}+\text{㉒}}$ 은 4이므로 ㉑은 사이토신(C)이다.

㉒. X에서 $\frac{G+C}{A+T}$ 이 4이므로 상보적인 가닥 I과 II에서 G+C은 80, A+T은 20이다. I에서 아데닌(A)의 수가 12이므로 타이민(T)의 수는 8이다.

㉓. II에서 사이토신(C)의 수가 구아닌(G)의 수의 3배이므로 사이토신(C)의 수는 60, 구아닌(G)의 수는 20이다. 그러므로 II에서 구아닌(G)의 수는 아데닌(A)의 수와 타이민(T)의 수를 더한 것과 같다.

15 메셀슨과 스탈의 실험

ㄱ. ^{14}N 가 들어 있는 배지에서 배양하여 3세대 DNA를 얻었으므로 3세대 DNA에는 $^{15}N-^{15}N$ DNA가 없다.

㉑. 1세대 DNA가 모두 $^{14}N-^{15}N$ DNA이므로 이를 ^{14}N 가 들어 있는 배지에서 복제하여 얻은 2세대 DNA에서 $^{14}N-^{15}N$ DNA의 양과 $^{14}N-^{14}N$ DNA의 양은 같다.

㉒. 메셀슨과 스탈은 1세대 DNA를 통해 보존적 복제 가설이 틀렸음을 증명하였고, 2세대 DNA를 통해 분산적 복제 가설이 틀

렸음을 증명하였다. 메셀슨과 스탈은 이 실험을 통해 DNA가 반 보존적으로 복제됨을 밝혔다.

16 DNA 복제

- ㉠. 이중 가닥 DNA가 풀어지는 방향과 같은 방향으로 연속적인 복제가 일어나므로 ㉠은 선도 가닥이다.
 ✕. 주형 가닥의 수소 결합이 오른쪽에서 왼쪽으로 풀어지고 있으므로 ㉠과 ㉡ 중 먼저 합성된 것은 ㉡이다.
 ✕. (가)는 DNA 중합 효소이고, (나)는 DNA 연결 효소이다.

17 DNA 복제

- ㉠. 6개의 염기로 구성된 (나)에서 $\frac{G+C}{A+T} = \frac{2}{3}$ 이므로 1개의 유라실(U)이 있다.
 ㉡. (나)와 (다) 사이에 DNA 연결이 필요한 틈이 있고, (나)에 유라실(U)이 있다. 따라서 (나)가 (다)보다 먼저 합성되었으며 ㉠은 5' 말단이다.
 ㉢. (가)에서 $\frac{G+C}{A+T} = \frac{2}{3}$ 이므로 제시된 DNA에는 AT쌍과 AU쌍의 합이 24개, GC쌍이 16개 있다. (나)에서 G+C이 2이므로 (다)에서 G+C은 14이다.

18 DNA 염기 간 수소 결합

- ✕. I~III은 모두 이중 가닥 DNA이므로 I~III에서 퓨린 계열 염기 함량은 모두 같다.
 ✕. 이중 가닥 DNA 내 염기 간 수소 결합의 수가 많을수록 50%가 단일 가닥으로 분리되는 온도는 높아지므로 II에서 G+C의 함량은 35%보다 크고 66%보다 작다. 따라서 II에서 $\frac{35}{65} < \frac{G+C}{A+T} < \frac{66}{34}$ 이므로 $\frac{G+C}{A+T}$ 은 $\frac{1}{2}$ 보다 크다.
 ㉢. III에서 G+C의 함량은 66%이므로 III에서 염기 간 수소 결합의 수는 $2 \times 34 + 3 \times 66 = 266$ 이다. I에서 G+C의 함량이 35%이므로 I에서 염기 간 수소 결합의 수는 $2 \times 65 + 3 \times 35 = 235$ 이다. 따라서 III의 염기 간 수소 결합의 수와 I의 염기 간 수소 결합의 수의 차는 31이다.

19 DNA 복제

- ㉠. DNA 중합 효소는 주형 가닥과 상보적인 염기를 갖는 뉴클레오타이드가 생성 중인 DNA 가닥에 결합하는 반응에 관여한다.
 ✕. 프라이머는 RNA이므로 타이민(T)이 없다.
 ㉢. DNA 복제 과정은 주형 가닥의 수소 결합이 풀어지는 단계(나) → 프라이머가 합성되는 단계(다) → DNA 합성이 일어나는 단계(가)로 진행된다.

20 DNA 합성

- ㉠. ㉠은 디옥시리보스와 리보스의 3번 탄소에 결합되어 있는 OH이다.
 ✕. DNA 중합 효소는 당과 인산의 결합 반응에 관여하며, 당과 염기의 결합 반응에는 관여하지 않는다.
 ✕. ㉢는 프라이머에 처음 첨가된 디옥시리보뉴클레오타이드의 피리미딘 계열 염기이므로 유라실(U)이 아니라 타이민(T)이다.

3점 수능 테스트

본문 103~107쪽

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

01 원핵세포와 진핵세포의 유전체

C는 핵막, 엽록체, 리보솜이 모두 있으므로 시금치의 공변세포이다. B는 핵막, 엽록체, 리보솜 중 하나만 있으므로 핵막과 엽록체가 없고 리보솜이 있는 대장균이다. A는 핵막과 리보솜이 있는 사람의 간세포이다.

✕. A는 사람의 간세포이다. 사람의 간세포에는 플라스미드가 없다.

✕. B는 대장균이다. 대장균에는 히스톤 단백질이 없다.

○. C는 시금치의 공변세포이다. 시금치의 공변세포에는 인트론이 있다.

02 에이버리의 실험

○. 에이버리는 열처리로 죽은 S형 균으로부터 추출한 물질과 살아 있는 R형 균을 혼합한 용액에 서로 다른 효소를 각각 처리해 보면서 DNA가 형질 전환을 일으키는 유전 물질을 밝혔다. ①은 S형 균이다.

✕. ③을 주사한 생쥐가 살아남은 것은 R형 균이 S형 균으로 형질 전환되지 않았기 때문이다. 따라서 ③에는 형질 전환된 폐렴 쌍구균이 없다.

○. ③을 주사한 생쥐가 살아남았으므로 II에서는 형질 전환이 일어나지 않았다. 그러므로 X는 기본 단위가 뉴클레오타이드인 DNA이다.

03 DNA 복제 실험

○. G₁의 DNA를 원심 분리한 결과 모두 C에 존재하므로 C는 중층이다. G₂의 DNA를 원심 분리한 결과 B에 DNA가 있으므로 B는 상층이다. 따라서 A는 하층이다.

✕. G₁의 DNA는 모두 ¹⁴N-¹⁵N이므로 이를 ¹⁴N가 들어 있는 배지에서 복제하여 얻은 G₂의 DNA는 중층과 상층에 같은 양이 있다. 그러므로 ①은 1이다. G₂의 DNA를 ¹⁵N가 들어 있는 배지에서 복제하여 얻은 G₃의 DNA는 하층(A)에 전체 DNA의 $\frac{1}{4}$ 이, 중층(C)에 전체 DNA의 $\frac{3}{4}$ 이 있다. 그러므로 ②는 3이다.

✕. G₃의 DNA는 하층(A)에 전체 DNA의 $\frac{1}{4}$ 이, 중층(C)에 전체 DNA의 $\frac{3}{4}$ 이 있으므로 ¹⁵N로 표지된 단일 가닥 DNA 수 = $\frac{5}{3}$ 이다. ¹⁴N로 표지된 단일 가닥 DNA 수 = $\frac{5}{3}$ 이다.

04 샤가프의 법칙

✕. I은 이중 가닥 DNA이므로 퓨린 계열 염기와 피리미딘 계열 염기의 수는 같다.

○. 이중 가닥 DNA에서 퓨린 계열 염기의 함량은 50%이므로 ①은 37.5이다. 구아닌(G)과 사이토신(C)은 상보적이므로 ②은 12.5이다. I에서 $\frac{G+C}{A+T}$ 은 $\frac{2}{3}$ 이고, II에서 $\frac{G+C}{A+T}$ 은 $\frac{1}{3}$ 이므로 III에서 $\frac{G+C}{A+T}$ 은 1이다. 따라서 ③은 25이다.

○. I~III은 염기쌍 수가 모두 같으므로 $\frac{G+C}{A+T}$ 이 가장 큰 III이 I~III 중 염기 간 수소 결합의 수가 가장 크다.

05 DNA 복제

○. 30개의 염기로 구성된 (나)에서 $\frac{G+C}{A+T} = \frac{5}{3} = \frac{10}{6} = \frac{15}{9}$ 이고, ①에 있을 수 있는 유라실(U)은 10개 이하이므로 G+C=15, A+T=9이다. 따라서 ③에서 유라실(U)의 수는 6이고, (가)에서 구아닌(G) 수는 12이다. ③과 (가) 사이에는 10개의 염기쌍이 있으며, 염기 간 수소 결합의 수가 24이므로 ②와 (가) 사이에는 4개의 GC쌍이 있다(A-T 또는 A-U를 x, G-C를 y라 하면 $x+y=10$, $2x+3y=24$, $x=6$, $y=4$). 따라서 (나)에 구아닌(G)이 3개이므로 ①에는 최소 1개의 사이토신(C)이 있다.

	A	T	G	C	U	계
(가)	15	12	3			30
(나)	9	3	12	6		30

○. (가)에서 A+T은 15이고, (나)에서 G+C도 15이므로 (가)에서 G+C=15이다. 따라서 (가)에서 $\frac{G+C}{A+T}=1$ 이다.

○. (가)와 (나) 사이의 염기 간 수소 결합의 수는 $2 \times 15 + 3 \times 15 = 75$ 이다. ②와 (가) 사이의 염기 간 수소 결합의 수가 24이므로 (나)에서 ②를 제외한 부분과 (가) 사이의 염기 간 수소 결합의 수는 51이다.

06 DNA 복제

○. ①과 ② 사이의 염기 간 수소 결합의 수는 ①과 ② 사이의 염기 간 수소 결합의 수의 1.5배이므로 ③에는 아데닌(A)과 타이민(T)이 없으며, ④에는 구아닌(G)과 사이토신(C)이 없다. ①을 구성하는 염기의 가짓수와 ②을 구성하는 염기의 가짓수가 서로 같은 경우는 ④에 유라실(U)이 포함되어 있고, 각각의 가짓수가 3인 경우이다. 유라실(U)이 포함되어 있으므로 ④에 프라이머가 있다.

✕. ④은 ③보다 먼저 합성되었다. 따라서 ④은 주형 가닥의 3' 말

단이다.

✕. ㉠을 구성하는 염기의 가짓수가 3이므로 ㉠은 한 종류의 염기 로만 되어 있다. ㉡에 사이토신(C)이 있으므로 ㉠은 8개의 구아닌(G)으로 구성된다. ㉡에서 사이토신(C)의 수가 ㉠에서 아데닌(A)의 수의 2배이므로 ㉡에는 아데닌(A)이 4개 있고, 유라실(U)이 있으므로 타이민(T)의 수는 3 이하이다. 그러므로 ㉠에서 구아닌(G)의 수는 ㉡에서 타이민(T)의 수의 2배보다 크다.

07 사카프의 법칙

㉠. X_1 에서 아데닌(A)의 수가 30이므로 X_2 에서 타이민(T)의 수는 30이다. X_2 에서 사이토신(C)의 수가 20이므로 X_2 에서 피리미딘 계열 염기의 수는 50이고, 퓨린 계열 염기의 수는 150이다. X 에서 $\frac{G+C}{A+T}=1$ 이므로 X_2 에서 구아닌(G)의 수는 80, 아데닌(A)의 수는 70이다.

	A	T	G	C	계
X_1	30	70	20	80	200
X_2	70	30	80	20	200

Y_1 에서 구아닌(G)의 수가 30이므로 Y_2 에서 사이토신(C)의 수는 30이다. Y_2 에서 퓨린 계열 염기의 수(100)와 피리미딘 계열 염기의 수(100)가 같으므로 타이민(T)의 수는 70이다. 또한 타이민(T)의 수는 아데닌(A)의 수와 같으므로 아데닌(A)의 수도 70이다. 따라서 X 에서 구아닌(G)의 수는 100이고, Y 에서 구아닌(G)의 수는 60이다.

	A	T	G	C	계
Y_1	70	70	30	30	200
Y_2	70	70	30	30	200

✕. Y 에서 $A+T$ 이 280이고, $G+C$ 이 120이므로 $\frac{G+C}{A+T}$ 은 $\frac{3}{7}$ 이다.

✕. X 의 염기 간 수소 결합의 수는 $2 \times 100 + 3 \times 100 = 500$ 이고, Y 의 염기 간 수소 결합의 수는 $2 \times 140 + 3 \times 60 = 460$ 이다.

08 DNA 복제

✕. I과 II는 상보적이고, I의 염기 서열이 $5'-AGTTC-3'$ 이므로 II의 염기 서열은 $5'-GAACT-3'$ 이다.

✕. DNA 합성은 프라이머에서 시작되므로 프라이머와 가까운 ㉠이 먼 ㉡보다 먼저 합성에 이용되었다.

㉠. 지연 가닥의 합성이 오른쪽에서 왼쪽으로 진행되고 있으므로 ㉡는 복제 주형 가닥의 3' 말단이다.

09 DNA 복제

✕. 8개의 염기로 구성된 X와 (가) 사이의 염기 간 수소 결합의 수가 20이므로 X와 (가) 사이에는 AT쌍과 AU쌍의 합이 4개, GC쌍이 4개이다. 그러므로 X의 서열은 $5'-GCUAGUGA-3'$ 이며 I에 있다.

㉠. I의 합성이 오른쪽에서 왼쪽으로 진행되었으므로 ㉠은 주형 가닥의 5' 말단이다.

㉡. A과 T, A과 U 사이의 염기 간 수소 결합의 수는 2이고, G과 C 사이의 염기 간 수소 결합의 수는 3이므로 II와 (가) 사이의 염기 간 수소 결합의 수는 I과 (가) 사이의 염기 간 수소 결합의 수보다 크다.

10 DNA 복제

X 의 복제가 50% 진행되었을 때 DNA인 Y 의 염기 수가 300이므로 X 의 염기 수를 x 라 하면 Y 의 염기 수 300은 $x+0.5x$ 이므로 $x=200$ 이다. X 에서 $G+C$ 함량이 50%이므로 $A+T$ 함량도 50%로 $A+T$ 의 값은 100이다. ㉠의 염기 수는 100이고, $A+T$ 함량이 30%이므로 $A+T$ 의 값은 30이다. 따라서 복제된 부분의 $A+T$ 의 값은 140이다.

㉠. X 의 염기 수는 200이므로 X 의 염기쌍 수는 100이다.

㉡. Y 에서 아데닌(A)과 타이민(T)의 수를 더한 값은 $70 \times 2 + 30 = 170$ 이므로 구아닌(G)과 사이토신(C)을 더한 값은 130이다.

✕. X 의 염기 간 수소 결합의 수는 $2 \times 50 + 3 \times 50 = 250$ 이다. Y 에서 ㉠을 제외한 부분의 $A+T=140$, $G+C=60$ 이다. 따라서 Y 에서 ㉠을 제외한 부분의 염기 간 수소 결합의 수는 $2 \times 70 + 3 \times 30 = 230$ 이다.

07 유전자 발현

2점 수능 테스트

본문 117~120쪽

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

01 비틀과 테이텀의 실험

✗. 최소 배지에 아르지닌이 첨가된 경우에는 붉은뿔곰팡이의 모든 돌연변이주가 성장하였다. 따라서 전구 물질로부터 최종적으로 합성되는 ㉔은 아르지닌이다. ㉑은 오르니틴, ㉒은 시트룰린이다.

✗. I 은 최소 배지에 오르니틴이 첨가된 경우에도 성장하므로 유전자 a에 돌연변이가 일어난 돌연변이주이다.

㉒. 비틀과 테이텀은 이 실험 결과로 하나의 유전자는 한 가지 효소 합성에 관한 정보를 갖는다는 1유전자 1효소설을 주장하였다.

02 유전 정보의 흐름

㉑은 DNA 복제, ㉒은 전사, ㉓은 번역이다.

㉑. 세포 분열을 통해 세포의 증식이 일어나기 전에 DNA 복제(㉑)가 핵에서 일어난다.

㉒. 전사(㉒) 과정에서 프로모터라는 DNA의 특정 염기 서열에 RNA 중합 효소가 결합하는 현상이 일어난다.

㉓. 단백질이 합성되는 번역(㉓) 과정에 리보솜이 관여한다.

03 DNA와 RNA의 염기 비율

DNA를 구성하는 뉴클레오타이드는 염기로 A, C, G, T를 가지며, RNA를 구성하는 뉴클레오타이드는 염기로 A, C, G, U를 갖는다. 따라서 U의 비율이 43%인 (다)는 mRNA X이다. 그리고 (가)와 (나)는 서로 상보적인 염기 서열을 갖는 DNA 단일 가닥이다. 표를 완성하면 다음과 같다.

구분	염기 조성 비율(%)					계
	A	C	G	T	U	
(가)(전사 비주형 가닥)	㉑(21)	29	?(7)	?(43)	?(0)	100
(나)(전사 주형 가닥)	43	㉒(7)	?(29)	21	?(0)	100
(다)(mRNA X)	?(21)	㉓(29)	?(7)	?(0)	43	100

㉑. ㉑은 21, ㉒은 7, ㉓은 29이므로 ㉑+㉒+㉓=57이다.

✗. (가)는 (다)의 전사 비주형 가닥이므로 (가)에서 A, C, G의 조성 비율은 (다)에서 A, C, G의 조성 비율과 같고, (가)에서 T의 조성 비율은 (다)에서 U의 조성 비율과 같다. 따라서 (가)의 피리미딘 계열 염기 비율과 (다)의 퓨린 계열 염기 비율은 같지 않으므로 (가)에서 피리미딘 계열 염기의 비율은 1이 아니다. (다)에서 퓨린 계열 염기의 비율은 1이다.

✗. X가 만들어질 때 주형으로 사용된 DNA 가닥은 (나)이다.

04 DNA 복제와 전사의 비교

(가)는 DNA를 이루는 두 단일 가닥을 모두 주형 가닥으로 하여 새로운 폴리뉴클레오타이드가 합성되고 있으므로 DNA 복제, (나)는 DNA를 이루는 두 단일 가닥 중 한 가닥만을 주형 가닥으로 하여 새로운 폴리뉴클레오타이드가 합성되고 있으므로 전사이다.

㉑. RNA는 5' 말단에서 3' 말단 방향으로 합성되므로 주형 가닥은 3' 말단에서 5' 말단 방향으로 읽힌다. 따라서 ㉓은 3' 말단이다.

㉒. (가)는 DNA 복제 과정을 나타내고 있으므로 ㉑은 DNA 중합 효소이다.

✗. I 은 새로 합성된 DNA 가닥이고, II는 새로 합성된 RNA 가닥이므로 I 을 구성하는 뉴클레오타이드의 당은 디옥시리보스이며, II를 구성하는 뉴클레오타이드의 당은 리보스이다.

05 유전부호

㉑. 번역에 필요한 물질(㉑)에는 mRNA 이외에도 리보솜을 구성하는 두 단위체, 아미노산, tRNA, 번역 과정에 필요한 여러 효소들이 있다.

㉒. 실험에서 아데닌(A)으로만 이루어진 인공 합성 mRNA로부터 라이신으로만 이루어진 폴리펩타이드가 합성되었으므로 유전부호 AAA는 라이신을 지정한다.

✗. 21개의 유라실(U)로만 이루어진 mRNA는 최대 7개의 유전부호를 가지므로 가장 길게 합성되는 폴리펩타이드는 7개의 아미노산이 연결되어 있다. 7개의 아미노산으로 이루어진 폴리펩타이드는 6개의 펩타이드 결합을 갖는다.

06 DNA 복제, 전사, 번역

A는 전사, B는 번역, C는 DNA 복제이다. 표를 완성하면 다음과 같다.

특징	A(전사)	B(번역)	C(DNA 복제)
리보솜에 의해 일어난다.	×	○	?(×)
RNA 중합 효소가 사용된다.	○	?(×)	×
㉑	○	×	○

(○: 있음, ×: 없음)

㉠ ㉠은 전사와 DNA 복제에 모두 해당되는 특징이어야 하며, '폴리뉴클레오타이드를 합성한다.'는 전사(A)와 DNA 복제(C)에 모두 해당되는 특징이므로 ㉠에 해당된다.

㉡ tRNA도 전사를 통해 합성된다.

㉢ 미토콘드리아는 독자적인 리보솜을 가지고 있으므로 미토콘드리아에서 번역(B)이 일어난다.

07 유전 정보의 흐름

(가)는 전사 과정, (나)는 번역 과정이다.

㉠ 전사 과정(가)에 RNA 중합 효소가 관여한다.

✕. 코돈 UGA는 종결 코돈으로 tRNA 중에는 종결 코돈과 상보적으로 결합할 수 있는 tRNA가 없다. 따라서 서로 다른 3 종류의 아미노산으로 이루어진 폴리펩타이드 합성에 사용된 tRNA 종류는 3가지이다.

✕. 라이신의 코돈은 AAA이므로 DNA의 3염기 조합은 5'-TTT-3'이다.

08 단백질 합성

리보솜의 E 자리가 (나)에 가까우므로 (가)는 3' 말단이고, (나)는 5' 말단이다.

✕. ㉡는 두 번째로 합성된 아미노산으로 코돈은 AUU이다. 따라서 ㉡는 아이소류신이다.

✕. ㉠은 트립토판을 운반하는 tRNA이다. 트립토판을 지정하는 코돈이 5'-UGG-3'이므로 이 코돈과 상보적 결합을 하는 tRNA의 안티코돈은 5'-CCA-3'이다.

㉢ 리보솜은 mRNA의 5' 말단(나) → 3' 말단(가) 방향으로 이동한다.

09 폴리펩타이드 합성

㉠ 번역 과정에서 개시 코돈은 AUG 하나이며, 메싸이오닌을 지정한다. 합성되는 모든 폴리펩타이드의 첫 번째 아미노산은 메싸이오닌이므로 ㉠은 메싸이오닌이다.

㉡ P 자리에 위치한 tRNA의 마지막 아미노산(㉡)과 A 자리에 위치한 tRNA의 아미노산(㉢) 사이에 펩타이드 결합이 형성된다.

㉢ 리보솜은 mRNA의 5' 말단에서 3' 말단 방향으로 이동하므로 E 자리에 가까운 ㉡는 5' 말단이다.

10 유전부호 해독

I에서 인공 합성 mRNA는 5'-UGUGUGUGUGUG...-3'이므로 이 mRNA에서 나올 수 있는 유전부호는 UGU, GUG이다. 따라서 UGU와 GUG는 각각 발린과 시스테인 중 하나를 지정한다.

II에서 인공 합성 mRNA는 5'-UGUUGUUGUUGUUGU...-3'이므로 이 mRNA에서 나올 수 있는 유전부호는 UGU, GUU, UUG이다. 따라서 UGU, GUU, UUG는 각각 류신, 발린, 시스테인 중 하나를 지정한다.

III에서 인공 합성 mRNA는 5'-UGGUGGUGGUGGUGG...-3'이므로 이 mRNA에서 나올 수 있는 유전부호는 UGG, GGU, GUG이다. 따라서 UGG, GGU, GUG는 각각 발린, 글리신, 트립토판 중 하나를 지정한다.

따라서 I과 III에서 공통으로 나온 유전부호 GUG는 발린을 지정하며, I에서 나머지 하나의 유전부호인 UGU는 시스테인을 지정한다.

✕. I과 III에서 발린을 지정하는 유전부호는 모두 GUG이지만 II에서 인공 합성 mRNA는 유전부호로 GUG를 갖지 않으므로 II에서의 발린은 다른 유전부호가 지정한다.

㉢. I에서 시스테인을 지정하는 유전부호는 UGU이다.

㉢. 반복되는 염기 서열이 UUG인 인공 합성 mRNA는 5'-UUGUUGUUGUUGUUGUUG...-3'이므로 이 mRNA에서 나올 수 있는 유전부호는 UUG, UGU, GUU이다. 이 유전부호는 II에서 나올 수 있는 유전부호와 동일하므로 이 mRNA로부터 번역된 폴리펩타이드의 아미노산 종류는 II와 같다.

11 전사 과정

㉠ 합성된 RNA는 일시적으로 가닥 I과 상보적 결합을 하고 있으므로 I이 전사 주형 가닥이다.

㉡ 가닥 II는 전사 주형 가닥인 I과 상보적인 염기 서열을 가지므로 II의 염기 서열은 타이민(T) 대신에 유라실(U)을 갖는 것만 제외하고는 mRNA의 염기 서열과 같다. 따라서 ㉠은 타이민(T)이고, mRNA와 상보적 결합을 하고 있는 ㉡도 아데닌(A)과 상보적인 타이민(T)이다.

㉢. ㉡는 RNA 합성에 사용되는 뉴클레오타이드이므로 ㉡를 구성하는 5탄당은 리보스이다.

12 번역 과정

DNA 주형 가닥의 염기 서열이 5'-AGACTCATACAT AATTCGTCATTT-3'이므로 이 주형 가닥으로부터 전사된 mRNA의 염기 서열은 5'-AAAUGACGAAU UAUGUAUGAGUCU-3'이다. mRNA에서 개시 코돈인 AUG로부터 염기 3개씩 묶어 코돈을 헤아리면 AUG/ACG/AAU/UAU/GUA/UGA로 개시 코돈인 AUG부터 종결 코돈인 UGA까지 6개의 코돈을 갖는다.

✕. DNA 주형 가닥으로부터 전사된 mRNA는 개시 코돈으로부터 종결 코돈까지 6개의 코돈을 갖지만 종결 코돈은 지정하는

아미노산이 없으므로 ㉠은 5개의 아미노산으로 이루어져 있다.

㉡. ㉠에서 개시 코돈인 AUG가 지정하는 메싸이오닌으로부터 네 번째 아미노산을 지정하는 코돈은 UAU이다.

✗. ㉡가 구아닌(G)으로 바뀌면 전사된 mRNA의 염기 서열은 5'-AAAUGACGAAUUACGUAUGAGUCU-3'가 된다. 염기가 구아닌(G)으로 바뀌더라도 해당 코돈이 종결 코돈으로 바뀌지 않을 뿐만 아니라 유전부호가 한 칸씩 밀리거나 당겨지는 변화가 일어나지 않기 때문에 ㉠을 구성하는 아미노산의 수에는 변화가 없다.

13 원핵세포에서의 유전자 발현 과정

㉠. 세포 X에서는 전사와 번역이 동시에 일어나고 있다. 이처럼 전사와 번역이 동시에 일어날 수 있는 것은 유전 물질이 세포질에 노출되어 전사와 번역이 같은 장소에서 일어나는 원핵세포인 경우에만 가능하다. 따라서 X는 원핵세포이다.

✗. mRNA는 5' 말단에서 3' 말단 방향으로 합성되므로 ㉠은 5' 말단이다.

✗. (가)에 가까울수록 mRNA의 길이는 길고, (나)에 가까울수록 mRNA의 길이는 짧다. mRNA의 길이가 길다는 것은 그만큼 전사가 많이 진행되었다는 의미이므로 전사는 (나) → (가) 방향으로 이루어진다.

14 유전부호

㉠. 4종류의 염기가 3개씩 조합을 이루면 조합의 종류는 $4^3=64$ 가지이다.

✗. 유전부호는 염기 중 하나가 결실되거나 다른 염기로 치환되더라도 해당 유전부호를 건너뛰지 않고 번역된다.

✗. 64종류의 유전부호 중에서 개시 코돈 AUG는 폴리펩타이드 합성의 시작뿐만 아니라 아미노산인 메싸이오닌을 지정한다. 반면에 종결 코돈인 UAA, UAG, UGA는 지정하는 아미노산이 없어 폴리펩타이드 합성의 종결을 가져온다. 따라서 개시 코돈은 아미노산을 지정하는 유전부호 61종류에 속하지만 종결 코돈은 아미노산을 지정하는 유전부호 61종류에 속하지 않는다.

15 번역 개시 과정

㉠은 리보솜 대단위체, ㉡은 리보솜 소단위체이다.

✗. 번역 개시 과정에서 mRNA는 리보솜 소단위체(㉡)와 결합한다. 이후 mRNA의 개시 코돈(AUG)에 메싸이오닌이 붙어 있는 개시 tRNA가 결합한다. 마지막으로 리보솜의 대단위체(㉠)가 결합하면 완전한 리보솜이 형성된다.

㉡. 개시 코돈(AUG)에 상보적으로 결합하는 tRNA의 안티코돈은 3'-UAC-5'이다.

✗. 리보솜의 A 자리, E 자리, P 자리 중 mRNA의 5' 말단에

가장 가까이 위치하는 것은 E 자리(㉡)이다. tRNA가 E 자리로 옮겨지면 tRNA가 리보솜에서 떨어져 나간다. 아미노산을 부착한 tRNA는 3' 말단에 가장 가까운 A 자리로 들어온다.

16 RNA의 종류

㉠. (가)는 rRNA, (나)는 mRNA, (다)는 tRNA이다.

✗. mRNA(나)는 단일 가닥이기 때문에 퓨린 계열 염기의 수와 피리미딘 계열 염기의 수가 항상 같지는 않다.

㉡. tRNA의 안티코돈은 (나)의 코돈과 상보적으로 결합한다.

는다. 가닥 II가 전사 주형 가닥이면 mRNA는 5'-GUCC㉑㉑GGC-3'이나 5'-CGG㉑㉑CCUG-3'이 된다. 이 중 세 번째 아미노산이 류신이 될 수 있는 것은 5'-CGG㉑㉑CCUG-3'이다. 따라서 전사 주형 가닥은 II이다.

✕. 두 번째 아미노산인 글리신의 코돈은 GGC이므로 ㉑은 C이다. 따라서 ㉒의 상보적 염기인 ㉓은 G이다.

㉔. (가)를 지정하는 코돈은 CGG이므로 (가)는 아르지닌이다.

07 염기의 삽입과 결실

㉕. 제시된 DNA 단일 가닥이 주형 가닥이라면 이 가닥으로 합성된 mRNA의 염기 서열은 5'-AG/AUG/AAC/GAC/CCC/AUU/UGU/AUA/GGA/UAA/CG-3'이다.

이 mRNA로부터 합성되는 아미노산의 서열은 메싸이오닌-아스파라진-아스파르트산-프롤린-아이소류신-시스테인(㉖)-아이소류신-글리신으로 조건에 만족한다. 따라서 ㉖은 시스테인이다.

㉗. Y의 아미노산 서열은 X에서의 세 번째 아미노산부터 다르며, Y의 세 번째 아미노산은 첫 번째와 두 번째 염기가 각각 G, G인 글리신이므로 x에 삽입된 염기는 G과 상보적인 C이다.

그리고 y에서 7번째 코돈이 종결 코돈이 되기 위해서는 x의 mRNA에서 종결 코돈 이전에 2개의 연속된 염기가 결실되어야 하는데, 6번째 아미노산이 류신이므로 결실되는 연속 2개 염기는 mRNA에서 UG, GU, UA, AU 중 하나이어야 하고, ㉘는 AC, CA, AT, TA 중 하나이어야 한다. 그렇다면 류신 앞의 ㉙의 코돈은 CAU이고, ㉚은 히스티딘이다.

㉛. x의 mRNA에서 결실된 염기가 A과 U이거나 U과 G이 결실된 것이다. mRNA에서 A과 U이 결실된 경우라면 ㉜는 T(피리미딘 계열 염기)과 A(퓨린 계열 염기)이고, U과 G이 결실된 경우라면 ㉜는 A(퓨린 계열 염기)과 C(피리미딘 계열 염기)이다. 이처럼 ㉜는 어떤 경우라도 퓨린 계열 염기 하나와 피리미딘 계열 염기 하나이다.

08 유전자 발현

㉝. X의 아미노산 서열이 메싸이오닌-발린-라이신-히스티딘-아스파르트산-류신-세린-아르지닌이므로 x의 mRNA를 추론해 보면 5'-메싸이오닌(AUG)-발린(GUU, GUC, GUA, GUG)-라이신(AAA, AAG)-히스티딘(CAU, CAC)-아스파르트산(GAU, GAC)-류신(UUA, UUG, CUU, CUC, CUA, CUG)-세린(AGU, AGC, UCU, UCC, UCA, UCG)-아르지닌(CGU, CGC, CGA, CGG, AGA, AGG)이다. x에서 연속된 5개의 뉴클레오타이드가 결실된 것이 y이며, 이때 결실된 5개의 뉴클레오타이드는 각각 상보적인 염기와 14개의 수소 결합을 형성한다고 하였으므로 5개의 뉴

클레오타이드 중 4개는 C 또는 G을 염기로 가지고 있어야 한다. Y는 4개의 아미노산으로 구성되고, X를 구성하는 아미노산의 종류와 3가지가 같으려면 X에서 라이신을 지정하는 코돈은 AAG이어야 하고, 히스티딘을 지정하는 코돈은 CAC이어야 하며, 아스파르트산을 지정하는 아미노산은 GAC이어야 한다. 그리고 y에서 다섯 번째 코돈이 종결 코돈이 되기 위해서는 류신을 지정하는 코돈은 CUU, 세린을 지정하는 코돈은 AGU 또는 AGC이어야 한다. 그러므로 x의 mRNA에서 아스파르트산(㉞)을 지정하는 코돈은 GAC이다.

✕. Y의 아미노산 서열은 메싸이오닌-발린-라이신-프롤린이다.

z에서 아테닌(A)은 mRNA에서 유라실(U)을 합성하게 한다. 따라서 z의 mRNA는 x의 mRNA에 연속된 2개의 유라실(U)이 삽입된 것이다. Z가 4개의 아미노산으로 이루어진 Y보다 적은 수의 아미노산을 가지려면 유라실(U) 2개는 발린의 코돈 중 첫 번째 염기와 두 번째 염기 사이에 삽입되거나 두 번째 염기와 세 번째 염기 사이에 삽입되어야 한다. 따라서 Z의 아미노산 서열은 메싸이오닌과 발린으로, Z는 2개의 아미노산으로 이루어져 있다.

✕. y의 mRNA에서 종결 코돈은 UAG이고, z의 mRNA에서 종결 코돈은 UAA이거나 UGA이다.

08

유전자 발현의 조절

2점 수능 테스트

본문 135~138쪽

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

01 원핵생물의 유전자 발현 조절

억제 단백질은 젓당이 있으면 젓당 유도체와 결합하고, 젓당이 없으면 젓당 오페론의 작동 부위에 결합하므로 A가 발표한 내용은 옳다. 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 억제 단백질이 젓당 오페론의 작동 부위에 결합하지 못하여 RNA 중합 효소는 젓당 오페론의 프로모터에 결합할 수 있으므로 B가 발표한 내용은 옳지 않다. 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자는 젓당 유무와 관계없이 항상 발현되므로 C가 발표한 내용은 옳지 않다. 젓당 오페론은 구조 유전자, 작동 부위, 프로모터로 구성되므로 D가 발표한 내용은 옳다. 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 발현되어 억제 단백질이 생성되므로 억제 단백질의 아미노산 서열은 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자에 암호화되어 있다. E가 발표한 내용은 옳다. A~E 중 옳은 내용을 발표한 학생은 3명이다.

02 진핵세포에서 유전자 발현 조절

㉠는 엑손이다.

㉡. 염색질이 많이 응축되어 있으면 RNA 중합 효소와 여러 전사 인자가 DNA에 결합하기 어렵다. x 의 전사는 풀어진 염색질 상태인 ㉢일 때가 응축된 염색질 상태인 ㉠일 때보다 촉진된다.

㉣. 처음 만들어진 RNA에서 흰색 부분(인트론)이 제거되고 성숙한 mRNA가 되므로 ㉠는 엑손이다. 전사 인자는 DNA의 전사 인자 결합 부위에 결합하므로 mRNA인 ㉡에는 전사 인자 결합 부위가 없다.

㉤. 처음 만들어진 RNA에서 인트론이 제거되는 과정 I은 전사 후 조절(RNA 가공)이고, 핵에서 일어난다. 성숙한 mRNA가 폴리펩타이드로 번역되는 과정 II는 세포질에서 일어난다.

03 젓당 오페론

㉠은 젓당 오페론의 프로모터, ㉡은 젓당 오페론의 작동 부위, ㉢은 젓당 오페론의 구조 유전자이다.

㉣. X는 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 발현되어 생성된 뒤 젓당 오페론의 작동 부위(㉡)에 결합하므로 억제 단백질에 해

당한다. RNA 중합 효소는 젓당 오페론의 프로모터(㉠)에 결합한다.

㉡. 억제 단백질(X)은 젓당이 있을 때 젓당 유도체와 결합하여 구조가 변형되어 젓당 오페론의 작동 부위(㉡)에 결합하지 못하며, 젓당이 없을 때는 젓당 오페론의 작동 부위(㉡)에 결합한다.

㉢. 젓당 오페론의 구조 유전자(㉢)에는 젓당 이용에 관련된 세 효소인 투과 효소, 젓당 분해 효소, 아세틸 전이 효소의 암호화 부위가 있으므로 ㉢에는 젓당 분해 효소를 암호화하는 유전자가 있다.

04 진핵생물에서 전사 조절

㉠. 진핵생물에서 전사의 개시는 RNA 중합 효소와 여러 전사 인자들이 프로모터에 결합하여 전사 개시 복합체를 형성하여야 일어난다. 미분화 세포가 암술 세포(㉡)로 분화되는 과정에서는 A와 C가 전사 개시 복합체를 구성하고, 수술 세포(㉢)로 분화되는 과정에서는 B와 C가 전사 개시 복합체를 구성한다.

㉣. 꽃받침 세포(㉣)의 유전체에는 A~F를 암호화하는 유전자가 모두 있다.

㉤. 꽃잎 세포에 F와 G만 있으면 E가 없으므로 x 의 전사가 촉진되지 않고, G가 전사 인자 결합 부위에 결합하므로 y 의 전사는 촉진된다.

05 돌연변이 대장균에서 유전자 발현 조절

(가)는 젓당 오페론이 작동하여 생성된 젓당 이용에 관련된 효소가 정상적으로 기능을 하지 못하는 돌연변이 대장균이고, (나)는 억제 단백질이 항상 젓당 오페론의 작동 부위에 결합하여 젓당 오페론의 작동을 억제하는 돌연변이 대장균이다.

㉠. 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 (가)는 젓당 오페론의 프로모터에 RNA 중합 효소가 결합하여 젓당 오페론의 구조 유전자(㉡)의 전사가 정상적으로 일어난다. (가)는 젓당 오페론의 구조 유전자(㉡)로부터 mRNA를 전사한다.

㉣. 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 (나)에서는 젓당 유도체가 억제 단백질과 결합하지 못하여 억제 단백질이 젓당 오페론의 작동 부위에 결합한다. (나)는 젓당 오페론의 작동이 억제되므로 젓당 분해 효소 등을 생성하지 못한다.

㉤. 포도당과 젓당이 없는 배지에서 (가)와 (나)는 모두 젓당 유도체와 억제 단백질이 결합하지 못하므로 젓당 오페론의 작동은 억제된다.

06 원핵생물과 진핵생물의 유전자 발현 조절

㉠. 원핵생물과 진핵생물에서 모두 전사 단계에서 유전자 발현의 조절이 일어난다.

㉡. 진핵생물에서 전사는 RNA 중합 효소 단독으로 시작할 수 없고, 여러 전사 인자와 함께 프로모터에 결합하여 전사 개시 복합

체를 형성한 후 시작할 수 있다.

㉠ 처음 만들어진 RNA에서 인트론이 제거되고 성숙한 mRNA가 되는 RNA 가공(전사 후 조절)은 핵에서 일어난다.

07 원핵생물에서 전사 조절

㉠은 젓당 오페론의 구조 유전자이다.

㉡ 젓당을 첨가했을 때 mRNA양이 증가하고 젓당을 제거했을 때 mRNA양이 감소하므로 ㉠은 젓당 오페론의 구조 유전자이다.

㉢ 억제 단백질은 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 발현되어 생성되며, 조절 유전자는 젓당의 유무와 관계없이 항상 발현된다. 야생형 대장균은 젓당 첨가 전인 구간 I과 젓당을 제거한 후인 구간 III에서 모두 억제 단백질을 생성한다.

㉣ 젓당 오페론의 구조 유전자(㉠)의 mRNA가 번역되어 젓당 분해 효소 등이 생성된다. 젓당을 첨가하여 젓당이 있는 구간 II에서 야생형 대장균은 젓당 오페론의 작동이 활성화되어 젓당 분해 효소를 생성한다.

08 유전자의 선택적 발현

ㄱ 수정란과 세포 A~D는 모두 동일한 유전체를 가지고 있으므로 유전자 ㉠~㉢이 모두 있으며, ㉠~㉢은 각 세포에서 선택적으로 발현된다. A에는 ㉡과 ㉢이 모두 있다.

㉠ 수정란이 A로 분화되는 과정 I과 C가 D로 분화되는 과정 II에서 필요한 전사 인자의 종류와 조합이 다르기 때문에 각각 다른 세포로 분화된다.

㉢ B와 D에서 모두 ㉢이 발현되므로 B와 D에는 모두 ㉢의 전사를 촉진하는 전사 인자가 있다.

09 대장균에서 유전자 발현 조절

I은 결실된 부위가 없는 야생형 대장균이고, ㉠과 ㉢은 모두 'O'이다.

㉡ I은 결실된 부위가 없는 야생형 대장균이고, 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 발현되어 억제 단백질이 생성되므로 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 억제 단백질과 젓당 유도체의 결합이 일어난다. III은 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 돌연변이 대장균이고, RNA 중합 효소가 프로모터에 결합하지 못하지만, 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 발현되어 억제 단백질이 생성되므로 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 억제 단백질과 젓당 유도체의 결합이 일어난다. ㉠과 ㉢은 모두 'O'이다.

ㄱ III은 젓당 오페론의 프로모터가 결실되었으므로 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합하지 못해 젓당 오페론의 구조 유전자가 전사되지 못한다. III은 젓당 분해 효소를 생성하지 않는다.

㉣ ㉢가 결실된 돌연변이 대장균 II는 억제 단백질과 젓당 유

체의 결합이 일어나지 못한다. 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실되면, 조절 유전자가 발현되지 못하므로 억제 단백질이 생성되지 않아 억제 단백질과 젓당 유도체의 결합이 일어나지 못한다. 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자는 ㉡에 해당한다.

10 진핵생물과 원핵생물의 유전자 발현 조절

㉠은 전사 인자 결합 부위, ㉡는 프로모터, ㉢은 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자, ㉣은 젓당 오페론의 프로모터, ㉤은 젓당 오페론의 작동 부위이다.

㉠ 진핵생물의 유전자 x 에는 단백질을 암호화하는 부위인 엑손이 있다.

㉡ RNA 중합 효소는 프로모터와 결합한다. (가)에서 프로모터는 ㉡이고, (나)에서 젓당 오페론의 프로모터는 ㉣이다.

ㄱ (가)에서 전사 인자가 전사 인자 결합 부위(㉠)에 결합할 때 x 의 전사가 촉진된다. (나)에서 젓당 오페론의 작동 부위(㉤)에 억제 단백질이 결합할 때 젓당 오페론의 구조 유전자의 전사는 억제된다.

11 근육 세포 분화 과정에서 유전자 발현 조절

㉠ x 가 발현되어 생성된 단백질 X가 전사 인자로 작용하여 y 의 발현을 조절하고, y 가 발현되어 생성된 단백질 Y가 전사 인자로 작용하여 마이오신 유전자와 액틴 유전자의 발현을 조절한다. 이 과정에서 x 는 가장 상위의 조절 유전자이므로 핵심 조절 유전자에 해당한다.

㉡ 과정 I에서 전사 인자로 작용하는 X가 전사 개시 복합체를 구성하며, 이후 y 의 전사가 시작된다.

㉢ Y는 전사 인자로 작용하며, 마이오신 유전자와 액틴 유전자의 발현을 조절한다.

12 흡스 유전자

ㄱ 초파리 염색체에 있는 흡스 유전자의 배열 순서는 각각이 발현되는 초파리 배아 체절의 순서와 같다. 흡스 유전자 pb 와 Ubx 는 같은 체절에서 발현되지 않는다.

㉡ 초파리의 흡스 유전자 $Antp$ 가 발현되어 만들어진 산물은 다른 유전자의 전사 인자로 작용한다.

㉢ 사람의 체세포는 모두 동일한 유전체를 가지고 있으므로 간세포와 심장 세포에는 모두 흡스 유전자 $D1$ 이 있다.

13 전사 개시 복합체의 형성

㉠과 ㉡는 전사 인자, ㉢는 RNA 중합 효소이고, ㉣은 ㉠의 전사 인자 결합 부위, ㉤은 ㉡의 전사 인자 결합 부위이다.

㉠ 프로모터에 결합하는 ㉢는 RNA 중합 효소이다.

ㄱ ㉠은 전사 인자 결합 부위로 전사 인자 ㉡가 결합한다. ㉠이

발현되어 ㉔가 생성된 것이 아니다.

✕. 동물 A의 세포인 (가)와 (나)의 핵 DNA는 동일하며, (나)에는 전사 인자 결합 부위인 ㉑과 ㉒이 모두 있다.

14 초파리의 발생과 흑스 유전자

㉑. I은 흑스 유전자인 *Antp*에 돌연변이가 일어난 초파리이고, 다른 돌연변이는 일어나지 않았으므로 I에는 흑스 유전자인 *Ubx*가 있다.

㉒. II는 흑스 유전자인 *Ubx*에 돌연변이가 일어난 초파리이고, 다른 돌연변이는 일어나지 않았으므로 II에서 *Antp*는 발현되었다.

㉓. 흑스 유전자의 발현 산물은 전사 인자이다. *Antp*와 *Ubx*가 각각 발현되어 생성된 물질은 모두 전사 인자로 작용한다.

15 근육 세포의 분화 과정

(가)는 배아 전구 세포, (나)는 근육 모세포, (다)는 근육 세포이다.

✕. 근육 세포로의 분화가 결정되는 시기는 배아 전구 세포에서 근육 모세포가 형성되는 과정이다. 과정 I은 근육 세포로 결정이 일어나는 시기가 아니다.

㉑. 근육 모세포에서 핵심 조절 유전자인 마이오디 유전자가 발현되어 전사 인자인 마이오디 단백질이 생성된다.

✕. 근육 세포인 (다)에서 근육 특이 유전자가 발현되어 근육 관련 단백질이 합성되지만, 배아 전구 세포인 (가)에서는 근육 세포로 분화가 결정되지 않아 근육 특이 유전자가 발현되지 않는다.

16 전사 조절

I은 C에, II는 A에, III은 B에 결합한다.

✕. III이 ㉑에 있다면 ㉑에는 I~III이 모두 있으므로 $w \sim z$ 가 모두 전사되어 조건에 맞지 않는다. III은 ㉒에 있고, ㉑에는 I과 II가 있다. ㉑에 I과 II가 있으며, ㉑에서 $w \sim z$ 중 2개만 전사되는 조건은 x, y 가 전사될 때 만족한다. x, y 만 전사되기 위해서는 I과 II가 각각 A와 C 중 하나에 결합하며, III은 B에 결합한다. ㉒에서는 x, y, z 만 전사되었으므로 ㉒은 A와 B에 결합하는 전사 인자를 가지고 있다. ㉒에는 II와 III이 있고, II가 A에 결합한다. 나머지 I은 C에 결합한다.

㉑. ㉑에는 I과 II가 있고, I은 C에 결합하고 II는 A에 결합하므로 ㉑에서는 x 와 y 가 모두 전사된다.

✕. w 가 전사되기 위해서는 III이 B에, I이 C에 결합해야 한다. I과 III이 있으면 w 뿐만 아니라 x 와 z 도 함께 전사된다.

3점 수능 테스트

본문 139~143쪽

01 ㉒ 02 ㉑ 03 ㉓ 04 ㉓ 05 ㉓ 06 ㉒ 07 ㉓
08 ㉓ 09 ㉓ 10 ㉑

01 돌연변이 대장균에서 전사 조절

㉑은 야생형 대장균(A), ㉒은 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 돌연변이(C), ㉓은 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 돌연변이(B)이다.

✕. 포도당과 젓당이 없는 배지에서 ㉒에서만 젓당 오페론의 프로모터와 RNA 중합 효소가 결합한 것은 ㉒에서 억제 단백질이 생성되지 않았기 때문이다. ㉒은 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 돌연변이이다. 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 ㉒만 젓당 분해 효소를 생성하지 않는 것은 ㉒에서 젓당 오페론의 구조 유전자가 전사되지 않았기 때문이다. ㉒은 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 돌연변이이고, RNA 중합 효소가 프로모터에 결합하지 못하여 구조 유전자의 전사가 일어나지 않은 것이다. 나머지 ㉑은 야생형 대장균이다. B는 젓당을 이용하지 못하여 대장균 수가 증가하지 않으므로 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 돌연변이(㉒)이다. A와 B 중 하나는 야생형 대장균이므로 A는 야생형 대장균(㉑)이고, 나머지 C는 ㉒이다.

✕. 야생형 대장균(A)은 배지에 있는 젓당을 분해하여 증식하고 있으며, 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 돌연변이(B)는 배지에 있는 젓당을 분해하지 못한다. 젓당의 농도는 t_2 일 때 야생형 대장균(A)이 있는 배지에서가 t_1 일 때 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 돌연변이(B)가 있는 배지에서보다 낮다.

㉑. 구간 I에서 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 돌연변이(㉒)은 젓당 오페론의 구조 유전자로부터 전사가 일어나며, 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 돌연변이(㉒)은 젓당 오페론의 구조 유전자로부터 전사가 일어나지 않는다. 구간 I에서 젓당 오페론의 구조 유전자로부터 전사되는 mRNA 양은 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 돌연변이(㉒)에서가 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 돌연변이(㉒)에서보다 많다.

02 발생과 유전자 발현 조절

(가)의 다리에서 a 가 발현되어 발현 산물인 A가 생성되었으나, A가 전사 인자 결합 부위에 결합하지 못해 b 의 발현이 억제되지 않아 (가)에서 다리에 물갈퀴가 형성되지 않은 돌연변이가 나타난 것이다.

㉑. 돌연변이가 일어나지 않은 개체에서 a 가 발현되면 (나)와 같이 다리에 물갈퀴가 형성되고, a 가 발현되지 않으면 (다)와 같이 다리에 물갈퀴가 형성되지 않는다. ㉒은 '×'이다.

✕. (나)의 간세포에는 *b*가 있으나 발현되지 않은 것이다. (나)의 모든 세포에는 *b*가 있으며, 선택적으로 발현된다.

✕. (나)는 돌연변이가 없으며, (나)의 다리에서 *a*가 발현되었을 때 다리에 물갈퀴가 형성되었다. *a*의 발현 산물(A)은 다리에서 물갈퀴의 형성을 억제하지 않는다.

03 젓당 오페론에서 유전자 발현 조절

ⓐ는 젓당 오페론의 작동 부위, ⓑ는 젓당 오페론의 프로모터, ⓒ는 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자이고, ㉠은 포도당, ㉡은 젓당이다.

㉠. 젓당 분해 효소를 암호화하는 mRNA 농도가 ㉠을 공급할 때는 증가하지 않고, ㉡을 공급할 때 증가하였으므로 ㉠은 포도당, ㉡은 젓당이다.

㉢. ⓒ는 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자이고 항상 발현된다. 구간 I에서 야생형 대장균에는 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자(ⓒ)가 발현되어 생성된 억제 단백질이 있다.

✕. 구간 II에서는 젓당(㉡)이 공급되어 젓당 유도체와 억제 단백질이 결합하므로 구조 유전자의 전사가 일어난다. RNA 중합 효소는 젓당 오페론의 작동 부위(ⓐ)에 결합하지 않으며, 젓당 오페론의 프로모터(ⓑ)에 결합하여 ㉡ 방향으로 이동하면서 구조 유전자가 전사되도록 한다.

04 세포 분화와 유전자 발현의 조절

㉠은 B, ㉡은 C, ㉢은 A, ㉣은 D이다. 표 (나)를 정리하면 다음과 같다.

구분	간세포	근육 세포	뇌세포	심장 세포
야생형	○	○	○	○
I	?(○)	?(○)	?(×)	×
II	×	?(×)	×	×
III	×	○	?(×)	×
IV	○	×	×	○

(○: 형성됨, ×: 형성안 됨)

㉠. *a*와 *d*가 결실된 III에서 근육 세포가 형성되었으므로 A와 D는 각각 ㉢과 ㉣ 중 하나이고, *d*가 결실된 I에서 심장 세포가 형성되지 않았으므로 D는 ㉣이다. A는 ㉢이다. *b*와 *d*가 결실된 II에서 간세포가 형성되지 않았으므로 B는 ㉠이다. 나머지 C는 ㉡이다.

㉢. *d*가 결실된 I에서 D(㉣)가 없으므로 I에서는 뇌세포와 심장 세포가 형성되지 않고, 간세포와 근육 세포가 형성된다.

㉣. IV에서는 간세포와 심장 세포가 형성되고, 근육 세포와 뇌세포가 형성되지 않았으므로 ㉢(C)을 암호화하는 *c*가 결실된 돌연변이이다. 야생형에서는 *a*~*d*가 모두 있고, IV는 *c*만 결실된 돌연변이이므로 야생형의 근육 세포와 IV의 뇌세포에는 모두 *b*가 있다.

05 돌연변이 대장균에서 유전자 발현 조절

(가)는 포도당과 젓당이 없는 배지, (나)는 포도당은 없고 젓당이 있는 배지이고, A는 ㉢, B는 ㉣, C는 ㉠이다.

㉠. (가)에서 II는 젓당 오페론을 조절하는 억제 단백질을 생성하며, II에서 억제 단백질과 작동 부위의 결합이 일어났으므로 억제 단백질과 젓당 유도체의 결합이 일어나지 않은 것이다. (가)는 포도당과 젓당이 없는 배지이고, (나)는 포도당은 없고 젓당이 있는 배지이다. (나)에서 C가 결실된 VII은 젓당 분해 효소를 생성하였으므로 VII은 ㉠~㉣ 중 ㉠(젓당 오페론의 작동 부위)이 결실된 것이며, C는 ㉠이다. (나)에서 B가 결실된 V에서는 젓당 오페론의 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합이 일어났으므로 V는 ㉡과 ㉢ 중 ㉣(젓당 오페론의 구조 유전자)이 결실된 것이며, B는 ㉣이다. 나머지 A는 ㉢이다.

㉢. I에서 젓당 오페론의 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합이 일어났으므로 I은 젓당 오페론의 프로모터(㉢)가 결실되지 않았고, 젓당 오페론의 작동 부위(㉠)와 젓당 오페론의 구조 유전자(㉣)가 결실되었다. II에서 억제 단백질과 작동 부위의 결합이 일어났으므로 II는 젓당 오페론의 작동 부위(㉠)가 결실되지 않았고, 젓당 오페론의 구조 유전자(㉣)와 젓당 오페론의 프로모터(㉢)가 결실되었다. 나머지 III은 ㉠과 ㉡이 결실되었다. I과 III은 모두 C(㉠)가 결실되었다.

✕. IV는 젓당 오페론의 프로모터(A, ㉢)가 결실되었고, 포도당과 젓당이 없는 배지(가)에서 억제 단백질과 작동 부위의 결합이 일어난다. V는 젓당 오페론의 구조 유전자(B, ㉣)가 결실되었고, 포도당은 없고 젓당이 있는 배지(나)에서 억제 단백질과 젓당 유도체가 결합하므로 억제 단백질과 작동 부위의 결합이 일어나지 않는다.

06 세포 분화와 유전자 발현 조절

✕. 야생형의 미분화 조직 II와 III에는 유전자 *a*가 모두 있으나, *a*가 발현되지 않은 것이다.

✕. *b*가 결실된 돌연변이 개체(㉣)의 미분화 조직 II에서 C와 D가 합성되므로 II는 (다)로 분화된다. *c*가 결실된 돌연변이 개체(㉢)의 미분화 조직 II에서 A와 B가 합성되므로 II는 (가)로 분화된다.

㉢. *a*가 결실된 돌연변이 개체(㉠)의 미분화 조직 IV에서 C와 D가 합성되므로 IV는 (다)로 분화된다. *b*가 결실된 돌연변이 개체(㉣)의 미분화 조직 IV에서 A와 D가 합성되므로 IV는 (라)로 분화된다. *c*가 결실된 돌연변이 개체(㉢)의 미분화 조직 IV에서 A와 D가 합성되므로 IV는 (라)로 분화된다. *d*가 결실된 돌연변이 개체(㉡)의 미분화 조직 IV에서 A와 B가 합성되므로 IV는 (가)로 분화된다. ㉠~㉣ 중에서 IV가 (라)로 분화되는 개체는 ㉣과 ㉢이다.

07 젖당 오페론의 발현 조절

㉠. 젖당을 공급하여 대장균 수가 증가하는 구간 I에서 젖당 유도제와 억제 단백질이 결합하며, 젖당 오페론의 프로모터에 RNA 중합 효소가 결합하여 구조 유전자를 전사시킨다.

㉡. 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자는 항상 발현되므로 구간 II에서 젖당 오페론을 조절하는 억제 단백질이 생성된다.

㉢. 젖당이 고갈된 후 포도당을 공급한 구간 III에서는 젖당이 없으므로 억제 단백질이 작동 부위에 결합하고 젖당 오페론의 프로모터에 RNA 중합 효소가 결합하지 못해 젖당 오페론의 작동이 억제된다.

08 전사 조절

A는 (다)에, B는 (가)에, C는 (나)에 결합한다. ㉠은 C, ㉡은 A, ㉢은 B이다.

㉠. (가)가 결실된 돌연변이 세포에서 $a \sim c$ 발현을 억제하지 않았을 때 x 만 전사되었으므로 (가)는 x 의 전사를 촉진하는 전사 인자가 결합하는 부위가 아니고, y 의 전사를 촉진하는 전사 인자가 결합하는 부위이다. (가)가 결실된 돌연변이 세포에서 a 의 발현을 억제했을 때 x 와 y 모두 전사가 되지 않았으므로 A는 (나)와 (다) 중 하나에 결합한다. (나)가 결실된 돌연변이 세포에서 a 의 발현을 억제했을 때 x 와 y 모두 전사가 되지 않았으므로 A는 (가)와 (다) 중 하나에 결합한다. 두 조건을 모두 고려하면, A는 (다)에 결합한다. (가)가 결실된 돌연변이 세포에서 b 의 발현을 억제했을 때 x 만 전사되었으므로 B는 (나)와 (다)에 결합하지 않으며, B는 (가)에 결합한다. 나머지 C는 (나)에 결합한다.

㉡. (가)가 결실된 돌연변이 세포에서 a 의 발현을 억제했을 때 x 가 전사되지 않았으므로 x 의 전사에 A가 필요하다. (나)가 결실된 돌연변이 세포에서 a 의 발현을 억제했을 때 y 가 전사되지 않았으므로 y 의 전사에 A가 필요하다. (나)가 결실된 돌연변이 세포에서 $a \sim c$ 발현을 억제하지 않았을 때 x 가 전사되지 않았으므로 x 의 전사에 C가 필요하다. (나)가 결실된 돌연변이 세포에서 b 의 발현을 억제했을 때 y 가 전사되지 않았으므로 y 의 전사에 B가 필요하다. x 의 전사에는 A(㉠)와 C(㉢)가, y 의 전사에는 A(㉡)와 B(㉢)가 필요하다. (다)가 결실된 돌연변이 세포에는 A가 (다)에 결합할 수 없으므로 x 와 y 의 전사는 모두 일어나지 않는다. ㉠과 ㉢은 모두 '×'이다.

㉢. 정상 세포에서 b 의 발현을 억제하면 B가 합성되지 못하고 y 의 전사가 일어나지 않는다. B는 x 의 전사에 필요하지 않으므로 x 의 전사는 일어난다.

09 발생과 유전자 발현의 조절

간세포에는 ㉠, 심장 세포에는 ㉡, 이자 세포에는 ㉢이 있다. 표를

정리하면 다음과 같다.

생쥐	결실된 부위	x 의 전사		
		간세포	심장 세포	이자 세포
I	없음	○	○	○
II	A	○	×	?(○)
III	B, C	×	○	?(×)
IV	A, B	×	?(×)	?(○)
V	?(B)	?(×)	?(○)	○

(○: 전사됨, ×: 전사 안 됨)

㉠. A가 결실된 II의 심장 세포에서 x 가 전사되지 않았으므로 심장 세포에는 ㉠이 있다. A와 B가 결실된 IV의 간세포에서 x 가 전사되지 않았으므로 간세포에는 ㉠이 있다. 나머지 이자 세포에는 ㉠이 있다.

㉡. II와 IV의 이자 세포에서 모두 ㉢은 C에 결합하므로 x 가 전사되었고, V의 이자 세포에서도 x 가 전사되었다. 이자 세포에서 x 가 전사되는 경우는 결실된 부위 없음, A 결실, A와 B 결실, B 결실 중 하나이다. I~V의 결실된 부위가 서로 다르므로 V의 결실된 부위는 B이다.

㉢. II의 심장 세포에는 ㉠이 있고, ㉡과 ㉢이 모두 없다. II의 심장 세포에는 ㉡과 ㉢을 암호화하는 부위가 있지만 전사되지 않은 것이다. I~V의 모든 세포에 ㉠~㉢을 암호화하는 부위가 있다.

10 초파리 흑스 유전자의 유전자 발현 조절

㉠. (가)는 L과 N만 발현되고 배 5~6번 체절이 검은색이므로 N이 발현되어 합성된 ㉢의 결합 부위인 C는 있고, L이 발현되어 합성된 ㉠의 결합 부위인 A는 없으며, 나머지 B가 있다. (가)의 배 세포에는 B와 C가 있다.

㉢. (나)는 M과 N만 발현되고 배 2~5번 체절이 검은색이므로 M이 발현되어 합성된 ㉡의 결합 부위인 B는 있고, N이 발현되어 합성된 ㉢의 결합 부위인 C는 없으며, 나머지 A가 있다. (나)의 배 세포에는 A와 B가 있다. (나)에서 L과 N만 발현시키면 각각 ㉠과 ㉢이 합성되고, (나)에는 A와 B가 있으므로 L 발현 부위에서 ㉠이 A에 결합한다. (나)에서 L과 N만 발현시키면 배 1번 체절이 검은색이다.

㉡. (다)는 L과 M만 발현되고 배 1~5번 체절이 검은색이므로 L이 발현되어 합성된 ㉠의 결합 부위인 A가 있고, M이 발현되어 합성된 ㉡의 결합 부위인 B가 있다. (다)의 배 세포에는 A와 B가 있다. M만 발현되면 ㉡만 합성되고, ㉢은 B에 결합한다. (가)~(다)에 모두 B가 있으므로 M 발현 부위에서 x 의 전사가 촉진되고 (가)~(다)는 모두 배 2~5번 체절이 검은색이다. M만 발현시키면 (가)~(다) 중 배 5번 체절이 검은색인 종의 수는 3이다.

09 생명의 기원

2점 수능 테스트

본문 153~155쪽

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

01 밀러와 유리의 실험

✕. 밀러와 유리는 원시 지구에 풍부하였을 것이라고 생각되는 수소(H_2), 메테인(CH_4), 암모니아(NH_3), 수증기(H_2O)를 이용해 혼합 기체를 만들었으며, 산소(O_2)는 넣지 않았다.

㉠. 전기 방전은 원시 지구에서 빈번하게 일어난 공중 방전 현상을 재현한 것이며, 이외에도 다양한 에너지원이 물질 합성에 필요한 에너지를 공급하였을 것으로 추정된다.

㉡. 실험 결과 U자관에서 간단한 유기물인 아미노산이 발견되었다.

02 폭스의 실험

✕. ㉠은 간단한 유기물이며, 복잡한 유기물에는 단백질, 핵산 등이 있다.

㉡. ㉠은 아미노산 중합체가 막을 형성하는 마이크로스피어이다.

✕. 마이크로스피어는 간단한 막 구조로 효소 기능과 유전 정보 저장 및 전달 기능을 하는 리보자임은 갖지 않는다.

03 화학적 진화

✕. 오파린과 홀데인은 원시 지구의 무기물이 원시 지구의 에너지원에 의해 간단한 유기물로 합성되고 간단한 유기물이 복잡한 유기물로 합성된 후 유기물 복합체를 형성하였다고 설명하였다. 이렇게 만들어진 유기물 복합체가 막 구조와 물질대사 체계, 유전 체계를 갖추면서 최초의 생물이 되었을 것이라고 제안하였다. 따라서 (가)는 간단한 유기물이다.

✕. 아미노산은 간단한 유기물이므로 (나)의 예가 아닌 (가)의 예이다.

㉢. (다)는 유기물 복합체이다. 유기물 복합체의 예로 코아세르베이트, 마이크로스피어, 리포솜 등이 있다.

04 유기물 복합체

㉠. (가)는 유기물 혼합체가 액상의 막으로 둘러싸여 있는 코아세르베이트이다.

✕. (나)는 단백질층의 막으로 이루어진 마이크로스피어이다. 오

파린은 마이크로스피어가 아닌 코아세르베이트를 원시 세포의 기원이라고 생각하였다.

㉡. 리포솜의 막은 인지질 2중층으로 이루어져 있다.

05 원시 지구와 생물의 탄생

㉠. 원시 지구의 대기는 주로 환원성 기체로 이루어져 있었으며, 현재보다 산소(O_2)의 농도가 낮았다.

㉡. 심해 열수구는 원시 지구의 대기보다 더 효율적으로 화학적 진화가 일어날 수 있는 조건을 갖추고 있다.

✕. 밀러와 유리는 실험을 통해 무기물로부터 간단한 유기물이 합성될 수 있음을 밝혔다.

06 최초의 유전 물질

㉠. DNA는 유전 정보 저장 기능이 있다.

✕. ㉠은 유전 정보 저장이 가능한 물질이므로 ㉠은 리보자임, ㉡은 단백질이다. 그러므로 ㉢은 아미노산이다.

✕. 단백질(㉡)과 리보자임(㉠) 중 최초의 유전 물질로 추정되는 물질은 리보자임(㉠)이다.

07 유전 정보 체계의 변화

㉠. ㉠은 유전 정보 저장 및 전달과 효소 기능을 모두 갖는 RNA이다.

✕. ㉠의 기본 단위는 리보뉴클레오타이드이다.

㉡. RNA 기반 생물이 가장 먼저 출현하였고, 이후 RNA와 단백질 기반 생물이 출현하였으며, 이후 DNA 기반 생물이 출현하였다.

08 생물의 출현과 대기 조성의 변화

✕. ㉠은 최초의 광합성 세균이다. 광합성 세균이 대기 중으로 방출한 O_2 에 의해 오존층이 형성되었으므로 오존층은 ㉠이 출현한 이후에 형성되었다.

✕. ㉡은 최초의 진핵생물로 단세포 생물이다.

㉢. ㉢은 3가지 생물 중 가장 늦게 출현한 최초의 육상 생물이다.

09 여러 가지 생물의 출현

✕. ㉠은 3가지 생물 중 가장 먼저 출현한 원핵생물이다. 효모는 단세포 진핵생물이므로 ㉠에 속하지 않는다.

✕. 미토콘드리아는 세포내 공생 과정을 거쳐 나타난 세포 소기관이다. 따라서 미토콘드리아가 ㉠의 출현 이전에 출현하지는 않았다.

㉡. 최초의 유전 물질로 추정되는 RNA를 ㉠~㉢이 모두 갖는다.

10 단세포 진핵생물의 출현

- ㉠ ㉠은 단세포 진핵생물이므로 핵막이 있다.
 ㉡ (가)에서 균체를 이루는 세포들 중 일부는 이동성 세포로, 일부는 영양 세포로 기능 분화가 일어났다.
 ㉢ ㉡은 운동을 담당하는 편모를 갖고 있으므로 운동을 담당하는 이동성 세포이다.

11 원시 생물의 진화

- ㉠ 광합성 세균과 산소 호흡 세균 모두 유전 물질을 가지며, 광합성 세균은 독립 영양을, 산소 호흡 세균은 종속 영양을 하므로 ㉠은 '독립 영양을 한다.'이고, ㉡은 '유전 물질을 갖는다.'이다. A는 종속 영양을 하는 산소 호흡 세균이고, B는 독립 영양을 하는 광합성 세균이다.
 ㉢ A는 산소를 이용해 에너지를 얻는 산소 호흡 세균이다.
 ㉣ 산소를 발생시키는 광합성 세균이 먼저 출현한 후 산소를 이용해 에너지를 얻는 산소 호흡 세균이 출현하였다.

12 세포내 공생

- ㉠ 미토콘드리아의 기원인 ㉡와 엽록체의 기원인 ㉢은 모두 세균이다.
 ✕ ㉡는 미토콘드리아의 기원인 산소 호흡 세균이다. 산소 호흡 세균은 종속 영양을 한다.
 ㉣ ㉡와 ㉢은 원핵생물이므로 모두 DNA를 갖는다.

3점 수능 테스트

본문 156~159쪽

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

01 밀러와 유리의 실험

- ㉠ 혼합 기체에는 환원성 기체가 포함되어 있으며 이 중에 메테인(CH_4)이 있다.
 ✕ A는 암모니아(NH_3)이므로 탄소 화합물이 아니다.
 ✕ 폭스는 아미노산을 가열하여 아미노산 중합체를 얻고 이를 물에 넣어 마이크로스피어를 만든 과학자이다.

02 세포내 공생설

- ㉠ 세균이 숙주 세포 내부에서 공생하여 미토콘드리아나 엽록체와 같은 세포 소기관이 만들어졌다고 설명하는 X는 세포내 공생설이다.
 ㉡ ㉠과 ㉢의 막은 내막과 외막으로 이루어진 2중막이다.
 ㉣ ㉠과 ㉢이 과거 독립 생활을 하던 생물이었음을 보여주는 증거로는 ㉠과 ㉢이 갖는 자체 DNA가 있다.

03 지구 대기의 변화와 생물의 출현

- ✕ 세포내 공생 과정을 거쳐 출현한 것은 원시 진핵생물이다. A는 무산소 호흡 종속 영양 생물이므로 세포내 공생 과정은 A가 출현한 이후에 일어났다.
 ㉡ B는 독립 영양을 하는 광합성 세균이다.
 ㉣ C는 산소(O_2)를 세포 호흡에 이용하는 산소 호흡 세균이다.

04 원시 생물의 진화와 세포내 공생

- ✕ 구간 I은 진핵생물이 출현하기 이전이므로 이 시기에는 세포내 공생이 일어나지 않았다.
 ㉡ ㉡는 미토콘드리아의 기원인 산소 호흡 세균이다. 산소 호흡 세균은 산소 호흡을 한다.
 ㉣ ㉠은 단세포 진핵생물이다. 단세포 진핵생물 중에 엽록체를 갖는 생물이 있다.

05 리보자임

- ㉠ 리보자임은 화학 반응의 활성화 에너지를 낮추는 효소 기능이 있다.
 ㉡ 리보자임은 유전 정보를 저장하고 전달하는 기능을 한다.
 ㉣ 리보자임(RNA)은 최초의 유전 물질이었을 것으로 추정된다. 따라서 RNA에 기반을 둔 생명체가 먼저 출현한 후 DNA에

기반을 둔 생명체가 출현하였다.

06 유기물 복합체

- Ⓒ. X는 유기물 혼합체가 액상의 막으로 둘러싸인 코아세르베이트이다.
- ✗. 코아세르베이트를 원시 생물의 기원으로 제안한 과학자는 폭스가 아닌 오파린이다.
- ✗. 인지질 2중층의 막으로 이루어진 유기물 복합체는 리포솜이며, X의 막은 액상의 막이다.

07 원시 생물의 출현

- A는 산소 호흡 세균, B는 광합성 세균, C는 무산소 호흡 종속 영양 생물이다.
- Ⓒ. A~C 모두 RNA를 가지므로 ㉠은 'RNA를 갖는다.'이고, 광합성 세균을 제외한 두 생물은 모두 종속 영양을 하므로 ㉠은 '미토콘드리아의 기원이 속한다.'이다.
 - Ⓓ. 엽록체의 기원은 B(광합성 세균)에 속한다.
 - ✗. 무산소 호흡 종속 영양 생물이 가장 먼저 출현한 후 광합성 세균이 출현하고, 산소 호흡 세균이 출현하였다. 그러므로 출현 순서는 C → B → A이다.

08 대기 중 산소 농도 변화

- Ⓒ. 최초의 광합성 세균이 최초의 진핵생물보다 먼저 출현하였으므로 ㉠은 최초의 광합성 세균이다.
- Ⓓ. ㉠은 최초의 진핵생물이므로 막으로 둘러싸인 세포 소기관을 갖는다.
- ✗. 대기 중 오존 농도는 광합성 세균이 출현하기 전보다 광합성 세균이 출현한 이후에 높다.

10 생물의 분류와 다양성

2점 수능 테스트

본문 167~170쪽

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

01 종의 개념

- 생물학적 종은 서로 교배하여 생식 능력이 있는 자손을 낳을 수 있는 무리로 다른 종과 생식적으로 격리되어 있다.
- Ⓒ. A와 B는 서로 교배했을 때 자손이 태어나지 않으므로 생식적으로 격리되어 있다.
 - ✗. A와 C는 서로 교배했을 때 자손이 태어나지만, 이 자손은 생식 능력이 없으므로 같은 종이 아니다. 따라서 A와 C는 학명이 다르다.
 - Ⓓ. C와 D는 서로 교배했을 때 생식 능력이 있는 자손이 태어나므로 같은 생물학적 종이다.

02 학명

- 학명은 국제적으로 통용되는 생물의 이름이다. 이명법은 속명과 종소명으로 구성되며, 속명과 종소명은 이탤릭체로 표기한다. 속명의 첫 글자는 대문자로, 종소명의 첫 글자는 소문자로 표기하며, 종소명 뒤에 명명자의 이름을 쓰고, 명명자는 생략할 수 있다.
- Ⓒ. A와 B는 속명이 같으므로 같은 속에 속한다.
 - Ⓓ. A~D는 같은 목에 속한다. 강은 목보다 상위 분류 단계이므로 A~D는 모두 같은 강에 속한다.
 - Ⓓ. A~D의 학명은 속명과 종소명으로 구성되므로 모두 이명법을 사용하였다.

03 분류 단계

- 두 식물 종의 하위 분류 단계가 같으면 그 분류 단계보다 상위 분류 단계도 같고, 두 식물 종의 상위 분류 단계가 다르면 그 분류 단계보다 하위 분류 단계도 다르다.
- ✗. B와 C의 속명이 같으므로 C는 참나무과에 속한다. 식물 A~E는 3개의 과로 분류된다고 하였으므로 A와 E는 서로 다른 과에 속한다.
 - Ⓒ. B와 D는 모두 참나무과에 속하므로 같은 목에 속한다.
 - ✗. C와 D는 모두 참나무과로 서로 같은 과에 속하며 E와는 다른 과에 속하므로 C와 D의 유연관계는 C와 E의 유연관계보다

가깝다.

04 분류 단계

두 동물 종의 하위 분류 단계가 같으면 그 분류 단계보다 상위 분류 단계도 같고, 두 동물 종의 상위 분류 단계가 다르면 그 분류 단계보다 하위 분류 단계도 다르다. 만약 (가)가 속이고, (나)가 목 이라면 A는 I에 속하고, E는 II에 속하는데 A~E는 3개의 과로 분류된다고 하였으므로 (가)는 목이고, (나)는 속이다.

㉠. C는 ㉡에 속하고 D는 ㉢에 속하므로 A~E는 ㉡와 ㉢에 해당하는 2개의 목으로 분류된다.

㉣. C와 E는 같은 속(㉣)에 속하므로 같은 과(II)에 속한다.

✕. B와 A의 유연관계는 B와 D의 유연관계보다 멀다.

05 분류 단계

식물 중 A~D는 2개의 목으로 분류된다고 하였으므로 A~C는 모두 같은 목(㉢)에 속한다. A~D는 3개의 과로 분류된다고 하였으므로 A와 C는 각각 (나)와 (다) 중 하나이며, B는 (가)이다.

㉠. 같은 과(II)에 속하는 A와 C가 서로 다른 속에 속하므로 A~D는 4개의 속으로 분류된다.

㉣. A~D는 3개의 과로 분류되고, A와 C는 같은 과(II)에 속하므로 (가)는 B이다.

✕. A와 C는 같은 과(II)에 속하고, B는 다른 과에 속하므로 A와 C의 유연관계는 A와 B의 유연관계보다 가깝다.

06 계통수

B와 D는 모두 특징 ㉡을 가지므로 ㉡와 ㉢는 각각 B와 D 중 하나이며, B는 특징 ㉣(X)을 가지므로 ㉡는 D이고, ㉢는 B이다. ㉣와 ㉡는 각각 A와 C 중 하나이다. A와 C는 모두 특징 ㉣을 가지므로 Z는 ㉣이며, C가 특징 ㉠을 가지므로 Y는 ㉠이다. 따라서 ㉣는 C이고 ㉡는 A이다.

㉠. ㉡는 A이다.

✕. X는 ㉣이다.

✕. ㉣와 ㉡는 모두 Z를 가지므로 Z에 의해 ㉣와 ㉡가 서로 구분되지 않는다.

07 분류 체계

㉡와 ㉢의 유연관계는 ㉡와 ㉣의 유연관계보다 가깝다고 하였으므로 ㉡는 원생생물계, ㉢는 고세균계, ㉣는 균계, ㉣는 진정세균계이다.

㉠. ㉡는 원생생물계이다.

㉣. 효모는 단세포 진핵생물로 ㉣(균계)에 속한다.

㉣. ㉣(진정세균계)는 히스톤 단백질을 감은 DNA가 없다.

08 분류 체계

A는 세균역, B는 고세균역, C는 진핵생물역이고, ㉠은 식물계, ㉡와 ㉢은 각각 균계와 동물계 중 하나이다.

㉠. A(세균역)와 B(고세균역)의 생물은 모두 핵막과 막성 세포 소기관이 없는 원핵생물이다.

㉣. C(진핵생물역)의 생물은 모두 핵막과 막성 세포 소기관이 있는 진핵세포로 이루어져 있다.

✕. ㉡(균계 또는 동물계)와 ㉢(균계 또는 동물계)의 유연관계는 ㉣(균계 또는 동물계)과 ㉠(식물계)의 유연관계보다 가깝다.

09 생물의 분류

대장균은 진정세균계에, 아메바는 원생생물계에, 붉은빵곰팡이는 균계에, 메테인 생성균은 고세균계에 속한다.

✕. 붉은빵곰팡이는 균계에 속하므로 중독 영양 생물이다.

㉣. 아메바는 원생생물계에 속하며 원생생물계는 진핵생물역에 속하므로 아메바는 히스톤 단백질을 감은 DNA를 갖는다.

✕. 대장균은 진정세균계에 속하므로 펩티도글리칸 성분의 세포벽을 갖지만 메테인 생성균은 고세균계에 속하므로 세포벽에 펩티도글리칸 성분이 없다.

10 생물의 분류

버섯은 균계에, 개구리는 동물계에, 고사리는 식물계에, 다시마는 원생생물계에, 젖산균은 진정세균계에 속한다. 개구리는 척삭동물문에 속하며 발생 과정 중 일정 시기에 척삭을 갖는다. 따라서 A는 젖산균, B는 다시마, C는 고사리, D는 버섯, E는 개구리이다.

㉠. 아메바는 원생생물계에 속하므로 B(다시마)는 아메바와 같은 계에 속한다.

㉣. A(젖산균)는 진정세균계에 속하므로 펩티도글리칸 성분의 세포벽을, C(고사리)는 식물계에 속하므로 셀룰로스 성분의 세포벽을 갖는다. 따라서 A(젖산균)와 C(고사리)는 모두 세포벽을 갖는다.

㉣. C(고사리)는 비종자 관다발 식물에 속하고, D(버섯)는 균계에 속하므로 C(고사리)와 D(버섯)는 모두 포자로 번식한다.

11 생물의 분류

A는 남세균, B는 유글레나, C는 플라나리아, D는 국화이다.

㉠. A(남세균)는 진정세균계에 속하므로 분열법으로 증식하고 세대 짧다.

✕. C(플라나리아)는 편형동물에 속하므로 원구는 입으로 발달하지만 항문이 없다.

㉣. D(국화)는 식물계에 속하므로 셀룰로스 성분의 세포벽을 갖

는다.

12 식물의 분류

식물은 관다발의 유무, 종자의 유무, 씨방의 유무에 따라 비관다발 식물, 비종자 관다발 식물, 겉씨식물, 속씨식물로 분류된다. A는 솔이끼, B는 석송, C는 은행나무, D는 보리이다.

- ㉠. 솔이끼(A)는 관다발이 없으며, 석송(B), 은행나무(C), 보리(D)는 관다발이 있으므로 '관다발이 있음'은 ㉠에 해당한다.
- ㉡. 석송(B)은 종자가 없으며, 은행나무(C)와 보리(D)는 종자가 있으므로 '종자로 번식함'은 ㉡에 해당한다.
- ㉢. C(은행나무)는 겉씨식물에 속하므로 꽃잎과 꽃받침이 발달하지 않는다.

13 식물의 분류

A는 소철, B는 벼, C는 장미, D는 쇠뜨기이다.

- ㉠. B(벼)와 C(장미)는 모두 속씨식물에 속하므로 '씨방을 갖는다.'는 ㉠에 해당한다.
- ㉡. D(쇠뜨기)는 비종자 관다발 식물에 속하므로 뿌리, 줄기, 잎의 구별이 뚜렷하다.
- ㉢. A(소철)는 겉씨식물에, B(벼)와 C(장미)는 모두 속씨식물에 속하므로 B(벼)와 C(장미)의 유연관계는 B(벼)와 A(소철)의 유연관계보다 가깝다.

14 동물의 분류

해면은 해면동물에, 해파리는 자포동물에, 오징어는 연체동물에, 창고기는 척삭동물에 속한다.

- ㉠. 해면은 배엽을 형성하지 않으며, 해파리는 2배엽성이고, 오징어와 창고기는 3배엽성이므로 '배엽을 형성한다.'는 ㉠에 해당한다.
- ㉡. 해면은 무대칭성이고, 해파리는 몸이 방사 대칭이며, 오징어와 창고기는 몸이 좌우 대칭이므로 '몸이 좌우 대칭이다.'는 ㉡에 해당한다.
- ㉢. 오징어는 선구동물에, 창고기는 후구동물에 속하므로 '원구가 항문이 된다.'는 ㉢에 해당한다.

15 동물의 분류

A는 회충, B는 촌충, C는 불가사리이다.

- ㉠. 회충은 선형동물, 촌충은 편형동물, 불가사리는 극피동물에 속하므로 '3배엽성 동물이다.'는 ㉠에 해당한다.
- ㉢. A(회충)는 선형동물에 속하므로 몸의 길이 큐티클층으로 덮여 있다.
- ㉡. C(불가사리)는 극피동물에 속하므로 C(불가사리)의 성체는 방사 대칭의 몸 구조를 갖는다.

16 동물의 분류

A는 달팽이, B는 예쁜꼬마선충, C는 성게, D는 우렁쟁이이다.

- ㉠. A(달팽이)는 연체동물에 속하므로 몸이 부드러운 외투막으로 둘러싸여 있다.
- ㉢. B(예쁜꼬마선충)는 선형동물에 속하므로 몸에 체절이 없다.
- ㉡. D(우렁쟁이)는 미사동물에 속하므로 척추를 갖지 않는다.

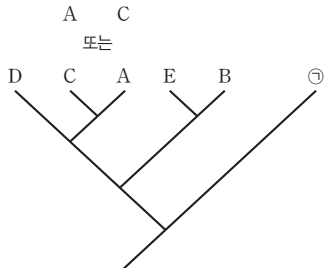
3점 수능 테스트

분문 171~175쪽

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

01 학명과 분류 단계

계통수의 동물 6종은 모두 포유강에 속하며, 3개의 목과 5개의 과로 분류된다. A와 C의 과명(청솔모과)이 같으므로 C는 쥐목에 속한다. A, C, D는 쥐목, B와 E는 캥거루목에 속하므로 ㉠은 A~E 이외의 동물 종이며, 쥐목과 캥거루목에 속하지 않는다. A와 C가 같은 과에 속하므로 B와 E는 다른 과에 속한다. 따라서 계통수에 동물 6종의 위치를 표시하면 다음과 같다.



✗. 계통수의 동물 6종은 5개의 과로 분류되므로 이 6종을 과로 분류하면 [D], [A, C], [E], [B], [㉠]이다. 따라서 A와 D는 다른 과에 속한다.

○. 계통수의 동물 6종은 모두 포유강에 속하므로 같은 문에 속한다. 따라서 ㉠과 C는 같은 문에 속한다.

✗. B와 E는 다른 과에 속하므로 다른 속에 속한다. 따라서 B의 학명에서 속명은 *Macropus*가 아니다.

02 계통수

계통수에서 I만 ㉠을 갖지 않으므로 I은 E이고, ㉠은 (마)이다. I (E)만 ㉠을 가지므로 ㉠은 (라)이며, ⑥는 'x'이다. IV~VI이 ㉠을 가지므로 ㉠은 (가)이며, ㉠은 'O'이다. IV~VI 중 IV와 V만 ㉠을 갖고, IV만 ㉠을 가지므로 IV는 B, V는 F, VI는 D이고, ㉠은 (바), ㉠은 (다)이며, ㉠은 'O'이다. II와 III 중 II만 ㉠을 가지므로 II는 C, III는 A이고, ㉠은 (나)이다.

✗. ㉠과 ㉠은 'O'이고, ⑥는 'x'이므로 ㉠~㉠ 중 'O'인 것은 2개이다.

○. ㉠은 (바)이다.

○. 생물종 A~F는 3개의 속으로 분류되므로 B(IV)와 D(VI)는 같은 속에 속한다.

03 계통수

공통 조상과 비교했을 때 ㉠~㉠ 중 ㉠에서만 염기 치환이 일어난 I은 (마)이고, ㉠은 ㉠에서 일어난 A에서 G으로의 치환이다. ㉠, ㉠, ㉠에서만 염기 치환이 일어난 II는 (가), ㉠, ㉠, ㉠에서만 염기 치환이 일어난 III는 (라), ㉠과 ㉠에서만 염기 치환이 일어난 IV는 (나)이고, ㉠은 ㉠에서 일어난 G에서 T으로의, ㉠은 ㉠에서 일어난 A에서 C으로의, ㉠은 ㉠에서 일어난 T에서 A으로의 치환이다. ㉠과 ㉠에서만 염기 치환이 일어난 V는 (다)이고, ㉠은 ㉠에서 일어난 C에서 G으로의 치환이다.

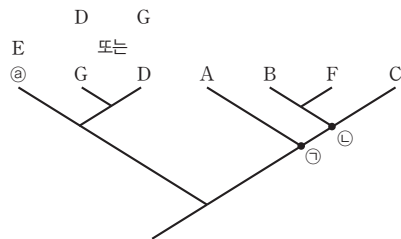
○. IV는 (나)이다.

○. ㉠은 ㉠에서 일어난 A에서 C으로의 치환이다.

○. II는 IV에 비해 III과 최근의 공통 조상을 공유하므로 (가)와 (라)의 유연관계는 (가)와 (나)의 유연관계보다 가깝다.

04 분류 단계

계통수에서 아래쪽 분기점이 위쪽 분기점보다 상위 분류 단계의 구분 지점에 해당하므로 ㉠은 과가 분기되는 지점이고 ㉠은 속이 분기되는 지점이다. A~G는 3개의 과와 5개의 속으로 분류되고 B와 F, D와 G는 각각 같은 속에, C와 F, D와 E는 각각 같은 과에 속하므로 계통수의 생물 7종을 과로 분류하면 [D, E, G], [A], [B, C, F]이고, 속으로 분류하면 [E], [D, G], [A], [B, F], [C]이다. 따라서 계통수에 생물 7종의 위치를 표시하면 다음과 같다.



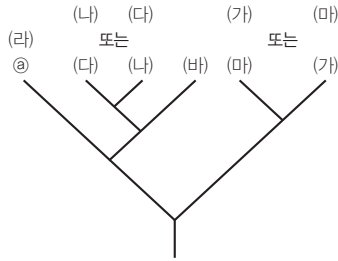
✗. ㉠은 E이다.

○. D와 E는 다른 속에 속한다.

○. B와 C의 유연관계는 B와 A의 유연관계보다 가깝다.

05 학명과 분류 단계

두 식물 종의 하위 분류 단계가 같으면 그 분류 단계보다 상위 분류 단계도 같고, 두 식물 종의 상위 분류 단계가 다르면 그 분류 단계보다 하위 분류 단계도 다르다. (나)와 (라)에서 ㉠이 같은데 ㉠이 다르므로 ㉠은 '과'이고, ㉠은 '목'이다. (다)와 (바)의 학명에서 속명이 같으므로 (다)의 ㉠은 B, ㉠은 I이다. (나), (다), (바)의 과가 같으므로 ㉠은 (라)이다. 따라서 계통수에 식물 6종의 위치를 표시하면 다음과 같다.



㉓. ㉓는 (라)이다.

✖. 계통수의 식물 6종은 3개의 과로 분류되므로 이 6종을 과로 분류하면 [(라)], [(나), (다), (바)], [(가), (마)]이다. 따라서 (가)와 (마)는 같은 과에 속한다.

㉔. (다)와 (바)의 속명(*Ipomoea*)이 같으므로 (나)의 속명은 *Ipomoea*이다.

06 생물의 분류

고사리, 대장균, 우산이끼, 검은빵곰팡이 중 다세포 생물인 것은 고사리, 우산이끼, 검은빵곰팡이, 관다발을 갖는 것은 고사리, 중속 영양 생물인 것은 대장균, 검은빵곰팡이, 키틴 성분의 세포벽을 갖는 것은 검은빵곰팡이이다. 따라서 A는 고사리, B는 우산이끼, C는 검은빵곰팡이, D는 대장균이고, ㉑은 '다세포 생물이다.', ㉒은 '키틴 성분의 세포벽을 갖는다.', ㉓은 '중속 영양 생물이다.', ㉔은 '관다발을 갖는다.'이다.

✖. ㉑~㉔은 모두 '○'이므로 ㉑~㉔ 중 '○'인 것은 3개이다.

㉒. ㉒은 '키틴 성분의 세포벽을 갖는다.'이다.

✖. 극호열균은 고세균역에, D(대장균)는 세균역에 속하므로 극호열균은 D(대장균)와 다른 역에 속한다.

07 식물의 분류

빨이끼, 고사리, 석송, 소나무, 민들레 중 밑씨가 있는 것은 소나무, 민들레, 관다발이 있는 것은 고사리, 석송, 소나무, 민들레, 엽록소 a를 갖는 것은 빨이끼, 고사리, 석송, 소나무, 민들레, 꽃잎과 꽃받침이 발달한 것은 민들레이다. 따라서 B는 소나무이고, A는 석송, C는 민들레이다.

㉑. ㉑는 1, ㉒는 2, ㉓는 4이므로 ㉑+㉒+㉓=7이다.

✖. A~C는 모두 뿌리, 줄기, 잎의 구분이 뚜렷하므로 '뿌리, 줄기, 잎의 구분이 뚜렷하다.'는 ㉑에 해당하지 않는다.

㉔. C(민들레)는 씨방이 있다.

08 동물의 분류

A는 산호, B와 C는 각각 오징어와 지네 중 한 동물, D는 도마뱀이다.

㉑. A(산호)는 자포동물에 속하므로 2배엽성 동물이다.

✖. 오징어(B 또는 C)는 연체동물에 속하므로 몸이 부드러운 외투막으로 둘러싸여 있고, 지네(B 또는 C)는 절지동물에 속하므로 몸이 단단한 외골격으로 덮여 있다. 따라서 B와 C 중 한 동물만 몸이 외골격으로 덮여 있다.

✖. (나)는 원구가 항문이 되는 후구동물의 발생 과정이며, D(도마뱀)만 후구동물에 속하므로 (나)에 나타난 원구의 발생 과정은 특징 ㉑에 해당하지 않는다.

09 동물의 분류

게, 말미잘, 갯지렁이 중 체절이 있는 것은 게와 갯지렁이, 몸이 방사 대칭인 것은 말미잘, 발생 과정에서 내배엽을 형성하는 것은 게, 말미잘, 갯지렁이, 담륜자(트로코포라) 유생 시기를 갖는 것은 갯지렁이이다. 따라서 A는 말미잘, B는 갯지렁이, C는 게이고, ㉑은 '담륜자(트로코포라) 유생 시기를 갖는다.', ㉒은 '체절이 있다.', ㉓은 '몸이 방사 대칭이다.', ㉔은 '발생 과정에서 내배엽을 형성한다.'이다.

㉑. ㉑은 B(갯지렁이)와 C(게)가 모두 가지는 특징이므로 '체절이 있다.'이다.

✖. A(말미잘)는 자포동물로 2배엽성 동물이므로 포배 단계에서 발생이 끝나지 않는다.

㉒. B(갯지렁이)와 C(게)는 모두 선구동물에 속하므로 원구가 입이 된다.

10 동물의 분류

해삼, 거머리, 노래기, 히드라, 칠성장어 중 자포를 갖는 것은 히드라, 척추를 갖는 것은 칠성장어, 원구가 항문이 되는 것은 해삼과 칠성장어, 발생 과정에서 중배엽을 형성하는 것은 해삼, 거머리, 노래기, 칠성장어이다. 따라서 A는 히드라, B와 C는 각각 거머리와 노래기 중 하나, D는 해삼, E는 칠성장어이며, ㉑은 '자포를 갖는다.', ㉒은 '발생 과정에서 중배엽을 형성한다.', ㉓은 '원구가 항문이 된다.', ㉔은 '척추를 갖는다.'이다.

㉑. A(히드라)는 자포동물에 속하므로 2배엽성 동물이다.

✖. B와 C는 각각 거머리와 노래기 중 하나이고, 거머리는 환형동물에 속하며 탈피를 하지 않고, 노래기는 절지동물에 속하며 탈피를 한다. 따라서 B와 C 중 한 동물만 탈피를 한다.

✖. D(해삼)는 극피동물에 속하며, 극피동물의 유생은 좌우 대칭이지만 성체는 방사 대칭의 몸 구조를 갖는다. 따라서 D(해삼)의 유생은 좌우 대칭의 몸 구조를 갖는다.

11 진화의 원리

2점 수능 테스트

본문 183~186쪽

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

01 화석상의 증거

- ㉠ 현생 고래는 뒷다리가 흔적으로만 남아 있지만 고래 조상종의 화석에서는 온전한 뒷다리가 발견된다. 따라서 (가)는 (나)보다 오래된 지층에서 발견되었다.
 ㉡ 현재에는 과거의 기능을 더 이상 수행하지 않고 흔적으로만 남은 기관을 흔적 기관이라고 한다.
 ✕ 현생 고래의 가슴지느러미와 사자의 앞다리는 생김새와 기능은 다르지만, 해부학적 구조와 발생 기원이 같은 상동 형질(상동 기관)의 예이다.

02 생물지리학적 증거

- ✕ 갈라파고스 군도의 섬마다 핀치의 부리 모양이 다른 것은 생물 진화의 증거 중 생물지리학적 증거에 해당한다.
 ㉢ A와 B의 속명이 서로 다르므로 A와 B는 서로 다른 속에 속하며, 서로 다른 생물학적 종이다.
 ✕ A와 B는 서로 다른 속에 속하고, A와 C는 서로 같은 속에 속하므로 A와 B의 유연관계는 A와 C의 유연관계보다 멀다.

03 분자진화학적 증거

- ㉣ 미토콘드리아 단백질인 사이토크롬 c에 대해 사람과 특정 종의 아미노산 서열에서 차이 나는 아미노산 수를 분석하여 사이토크롬 c의 아미노산 서열을 비교해 보면 사람과 특정 종 사이의 진화적 유연관계를 알 수 있다. 이는 분자진화학적 증거에 해당한다.
 ✕ ‘척추동물의 발생 초기 배아에서 아가미 틈이 관찰되고, 배아의 형태가 유사하다.’는 진화발생학적 증거의 예이다.
 ✕ A~C 중 ㉤가 가장 적은 A가 사람과 가장 최근에 공통 조상으로부터 분화한 종이다.

04 진화발생학적 증거

- ㉥ 후스 유전자는 여러 동물의 발생 단계에서 핵심적인 역할을 담당하고 있으며, 이들 중 일부는 진화적으로 잘 보존되어 있다.

따라서 후스 유전자의 구성과 발생 초기 배아 형태의 유사성은 ‘여러 동물이 공통 조상에서 진화하였다.’라는 주장의 증거에 해당한다.

- ✕ ㉦은 생물 진화의 증거 중 진화발생학적 증거에 해당한다.
 ✕ 생쥐와 사람은 공통 조상에서 진화하여 발생 기원과 해부학적 구조가 같은 상동 형질(상동 기관)을 갖는다.

05 생물 진화의 증거

- ✕ ㉧(잠자리의 날개와 새의 날개)는 발생 기원은 다르지만, 생김새와 기능이 비슷한 상사 형질(상사 기관)의 예이다.
 ✕ (가)는 비교해부학적 증거, (나)는 화석상의 증거이다.
 ㉨ 유연관계가 가까운 일부 생물들은 발생 초기 단계에서 성체에서는 보이지 않는 유사한 특징이 나타난다. 대합과 갯지렁이가 모두 담뱃자(트로코포라) 유생 시기를 갖는 것은 진화발생학적 증거의 예에 해당한다.

06 변이와 자연 선택

- ㉩ 같은 종의 집단에서 개체 간에 특정 유전 형질에 대한 표현형의 차이를 변이라고 하며, ㉩에는 정상 적혈구를 가진 사람과 낫모양 적혈구를 가진 사람이 있으므로 ㉩의 사람 사이에 변이가 존재한다.
 ✕ ㉪과 ㉫은 서로 다른 집단으로 헤모글로빈 대립유전자의 빈도가 서로 다르다. 따라서 유전자풀도 서로 다르다.
 ㉬ 말라리아 발병률이 높은 지역에서 말라리아 저항성 여부는 자연 선택이 일어나게 하는 요인이다. 따라서 ㉬은 아프리카 남부 지역에서 자연 선택의 요인으로 작용하였다.

07 생물 진화의 과정

- ㉭ $t_1 \rightarrow t_2$ 과정 동안 돌연변이에 의해 ㉭을 결정하는 새로운 대립유전자(R)가 나타났다.
 ㉮ P는 t_1 일 때 ㉭의 유전자형이 rr인 개체만 존재하고, t_3 일 때 ㉭의 유전자형이 rr, Rr, RR인 개체가 존재하므로 P의 유전자풀은 t_1 일 때와 t_3 일 때가 다르다.
 ㉯ 살충제가 살포된 환경에서는 ㉭의 유전자형이 RR인 개체와 Rr인 개체의 비율이 증가하였고, rr인 개체의 비율이 감소하였다. 이 환경에서는 R를 가진 개체가 생존에 유리하다. 따라서 살충제가 살포된 환경에서는 ㉭의 유전자형이 Rr인 개체가 rr인 개체보다 생존에 유리하다.

08 생물 진화의 증거

- ㉚ 생물 진화의 증거 중 (가)는 화석상의 증거, (나)는 진화발생학적 증거에 해당한다.

✕. (가)는 깃털 달린 공룡 화석으로 깃털 달린 공룡은 최초의 광합성 생물보다 지구상에 나중에 출현하였다. 따라서 (가)는 최초의 광합성 생물 화석이 포함된 스트로마톨라이트보다 나중에 형성된 지층에서 발견되었다.

✕. (나)는 담류자 유생으로 '대합(연체동물)과 갯지렁이(환형동물)가 공통 조상에서 진화하였다.'라는 주장의 근거(진화발생학적 증거)로 이용된다. 해파리는 자포동물에 속하며, (나)는 '갯지렁이와 해파리가 공통 조상에서 진화하였다.'라는 주장의 근거로 이용되지 않는다.

09 대립유전자 빈도

㉠. S의 빈도 = $0.52 + \frac{0.36}{2} = 0.7$ 이고, A의 빈도 = $0.12 + \frac{0.36}{2} = 0.3$ 이다.

㉡. A를 가진 개체 수는 $360 + 120 = 480$ 이고, 유전자형이 AA인 개체 수는 120이다. 따라서 $\frac{A를 가진 개체 수}{유전자형이 AA인 개체 수} = \frac{480}{120} = 4$ 이다.

✕. S의 빈도를 p , A의 빈도를 q 라고 가정하자. P가 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단일 경우 날개 무늬의 유전자형 SS, SA, AA의 빈도는 각각 p^2 , $2pq$, q^2 이 성립된다. A의 빈도가 0.3이므로 $q^2 = 0.09$ 이다. 이는 주어진 조건 0.12와 다르다. 따라서 P는 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이 아니다.

10 유전자풀의 변화

(가)는 병목 효과, (나)는 창시자 효과이다.

✕. ㉠. 병목 효과와 창시자 효과는 유전적 부동의 한 현상이다. 유전적 부동은 돌연변이 없이 대립유전자가 자손에게 무작위로 전달되는 현상이다.

✕. 병목 효과는 집단의 크기가 크게 감소하여 나타나고, 창시자 효과는 원래 집단에서 일부 개체들이 새로운 집단을 형성할 때 나타난다. 두 현상 모두 집단 내 변이가 감소하여 집단의 유전적 다양성을 감소시키는 원인이 될 수 있다.

11 유전자풀의 변화

✕. 진화는 집단의 유전자풀에 변화를 일으켜 유전적 평형을 깨뜨리면서 일어난다.

✕. 이입과 이출이 없는 경우 집단에 존재하지 않던 새로운 대립유전자를 제공하는 현상은 돌연변이이다.

㉢. 창시자 효과는 원래의 집단에서 적은 수의 개체가 다른 지역으로 이주하여 새로운 집단을 형성할 때 나타나는 현상이다.

12 자연 선택

㉠. P의 부리 크기에 따른 개체 수가 가뭄 전과 가뭄 후에 서로 다르므로 유전자풀도 서로 다르다.

✕. 가뭄 전 P에서 부리 크기는 작은 것부터 큰 것까지 개체 수가 다양하게 분포하므로 개체 사이에서 부리 크기의 변이가 있었다.

✕. 이 지역에서 가뭄 전과 후에 환경이 변화되면서 부리 크기가 L_1 인 개체의 비율은 감소하고 L_2 인 개체의 비율은 증가하였다. 따라서 이 지역에서 가뭄이 일어난 후 부리 크기가 L_2 인 개체가 L_1 인 개체보다 생존에 유리하였다.

13 하디·바인베르크 법칙

A의 빈도를 p , a의 빈도를 q 라고 가정하면, $q^2 = \frac{160}{1000}$ 이므로 $q = 0.4$, $p = 0.6$ 이다. I에서 임의의 검은색 털 암컷의 유전자형은 AA 또는 Aa이고, 임의의 검은색 털 수컷의 유전자형은 AA 또는 Aa이다. 털 색의 유전자형이 Aa인 암컷과 Aa인 수컷 사이에서 태어난 F_1 은 $\frac{1}{4}$ 의 확률로 흰색 털이다.

$\frac{2pq}{p^2 + 2pq} = \frac{2 \times 0.6 \times 0.4}{0.6^2 + 2 \times 0.6 \times 0.4} = \frac{4}{7}$ (임의의 검은색 털 암컷 또는 수컷의 유전자형이 Aa일 확률)이므로 F_1 이 흰색 털일 확률은 $\frac{4}{7} \times \frac{4}{7} \times \frac{1}{4} = \frac{4}{49}$ 이다.

14 종분화

㉠. B와 D가 서로 같은 속에 속하므로 D는 B로부터 가장 최근에 분화된 종이다. 따라서 B는 ㉠, D는 ㉡이다. A와 B(㉠)가 서로 다른 과에 속하므로 A는 ㉠, C는 ㉡이다. 자료의 첫 번째와 두 번째 그림에서 ㉠(B)으로부터 ㉡(A)이 분화되었음을 알 수 있다.

✕. 두 종이 같은 속에 속하면 같은 과에 속하고, 다른 과에 속하면 다른 속에 속한다. 따라서 ㉠(B)과 ㉡(A)은 서로 다른 속에 속한다.

✕. 최근에 분화된 종 사이의 유연관계가 오래전에 분화된 종 사이의 유연관계보다 가깝다. 따라서 B와 C의 유연관계는 B와 D의 유연관계보다 멀다.

15 종분화

㉠. ㉠과 ㉡은 서로 다른 생물학적 종이므로 생식적으로 격리되어 있다.

✕. (다)에서는 ㉡이 서식하는 섬에서 ㉠이 서식하는 섬으로 ㉡의 이주가 일어났다. 따라서 (다)에서 유전자 흐름이 일어났다.

㉢. 육지와 각각의 섬 사이의 지리적 격리에 의해 서로 유전자 교류가 없게 되고, 각 집단은 독자적인 진화 과정을 겪게 되면서 자신만의 유전자풀을 가지게 된다. 결국 집단 사이에 생식적

격리가 일어나 종분화가 일어나게 되므로 지리적 격리는 종분화가 일어나는 요인 중 하나이다.

16 하디·바인베르크 법칙

✕. 각 집단의 개체 수가 12000이므로 각 집단의 ①의 대립유전자 수는 24000이다. I에서 T의 빈도는 $\frac{4500 \times 2 + 3000}{24000} = 0.5$

이고, t의 빈도는 0.5이다. T의 빈도를 p , t의 빈도를 q 라고 가정하자. I이 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이라면 ①의 유전자형 TT, Tt, tt의 빈도는 각각 p^2 , $2pq$, q^2 이 성립한다. 이 경우 t의 빈도가 0.5이므로 $q^2 = 0.25$ 이고, 유전자형이 tt인 개체 수는 3000이어야 한다. 이는 주어진 조건과 다르다. 따라서 I은 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이 아니다.

○. II에서 T의 빈도는 $\frac{3000 \times 2 + 6000}{24000} = 0.5$ 이고, t의 빈도는 0.5이다. 따라서 t의 빈도는 I과 II에서 모두 0.5로 서로 같다.

○. II는 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이다. II에서 임의의 암컷이 임의의 수컷과 교배하여 자손(F_1)을 낳을 때, 이 F_1 의 ①의 유전자형이 tt일 확률은 부모 세대에서와 같이 $\frac{1}{4}$ 이다.

3점 수능 테스트

본문 187~191쪽

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

01 분자진화학적 증거

○. 생물종 간 DNA 염기 서열이나 단백질의 아미노산 서열을 비교하는 것은 진화의 증거 중 분자진화학적 증거에 해당한다.

○. 사람과 유연관계가 가까운 동물일수록 사람과 헤모글로빈 단백질의 아미노산 서열의 유사도가 높다. 따라서 A는 붉은털원숭이, B는 칠성장어이며, I은 B(칠성장어), II는 A(붉은털원숭이)이다.

○. (가)의 동물들 중 사람과 유연관계가 가장 가까운 동물은 A(붉은털원숭이, II)이다.

02 자연 선택

✕. DNA의 염기 서열에 변화가 생겨 새로운 대립유전자가 나타나는 현상을 돌연변이라고 한다. 유전적 부동은 대립유전자가 자손에게 무작위로 전달되기 때문에 세대와 세대 사이에서 대립유전자 빈도가 예측할 수 없는 방향으로 변화하는 현상이다.

○. (가)의 포켓쥐 개체군의 개체들은 모두 갈색 털을 가졌고, (라)의 포켓쥐 개체군은 회색 털을 가진 개체들과 갈색 털을 가진 개체들이 함께 개체군을 형성하고 있다. 따라서 포켓쥐 개체군의 유전자풀은 (가)에서와 (라)에서가 서로 다르다.

✕. 갈색 털을 가진 포켓쥐와 회색 털을 가진 포켓쥐 모두 학명 *Chaetodipus intermedius*로 같고, 한 개체군을 이루므로 생식적으로 격리되어 있지 않다.

03 진화의 증거

○. 갈라파고스 군도의 섬마다 핀치의 먹이에 따른 부리 모양이 다른 것은 생물 진화의 증거 중 생물지리학적 증거에 해당한다.

✕. 박쥐의 날개와 사자의 앞다리는 발생 기원이 서로 같은 상동 형질(상동 기관)의 예이다.

✕. (가)와 (나)는 모두 생물이 서로 다른 환경에 적응하면서 진화한 결과이다.

04 종분화

✕. ①로부터 ②가 분화된 후 ①로부터 ③이 분화되었으므로 ①과 ③은 각각 ②와 ④ 중 하나이고, ④은 ②이다.

✕. ①(① 또는 ②)로부터 ③(③)이 분화되었으므로 ④으로부터 ①이 분화된 것이 아니다.

○. 최근에 분화된 종 사이의 유연관계가 오래전에 분화된 종 사

이의 유연관계보다 가깝다. 따라서 ㉠과 ㉡의 유연관계는 ㉠과 ㉢의 유연관계보다 가깝다.

05 하디·바인베르크 법칙

A의 빈도를 p 라고 하였으므로 A^* 의 빈도를 q 라고 가정한다. A의 빈도(p)가 증가할수록 ㉠을 나타내지 않는 개체의 비율이 증가하고, A의 빈도가 0.5일 때 ㉠을 나타내지 않는 개체의 비율이 0.5보다 크므로 A는 ㉠을 나타내지 않는 대립유전자, A^* 는 ㉠을 나타내는 대립유전자이다. p 에 따른 ㉠을 나타내지 않는 개체의 비율 그래프가 위로 볼록한 그래프이므로 A는 A^* 에 대해 우성이다. P에서 ㉠의 유전자형이 AA^* 인 개체 수 $= \frac{2pq}{q^2} = \frac{2p}{q} = 3$ 이

고, $p=1-q$ 이므로 $p=\frac{3}{5}$, $q=\frac{2}{5}$ 이다. ㉠을 나타내지 않는 암컷의 유전자형은 AA와 AA^* 이고, ㉠을 나타내는 수컷의 유전자형은 A^*A^* 이다. 암컷의 유전자형이 AA일 때는 F_1 이 ㉠을 나타내지 않고, AA^* 일 때는 F_1 이 $\frac{1}{2}$ 의 확률로 ㉠을 나타낸다. 따라서

$$F_1 \text{이 } ㉠ \text{을 나타낼 확률은 } \frac{2pq}{p^2+2pq} \times \frac{1}{2} = \frac{2 \times 0.6 \times 0.4}{0.6^2+2 \times 0.6 \times 0.4} \times \frac{1}{2} = \frac{2}{7} \text{이다.}$$

06 하디·바인베르크 법칙

㉠. a의 빈도를 q , A의 빈도를 p 라고 가정하면 $q^2 = \frac{1600}{10000}$ 이고, q 는 0.4, p 는 0.6이다. A의 빈도는 긴 날개 대립유전자의 빈도의 3배이므로 긴 날개 대립유전자의 빈도는 0.2, 짧은 날개 대립유전자의 빈도는 0.8이다. $\frac{\text{날개 길이의 표현형이 우성인 개체 수}}{\text{몸 색의 유전자형이 AA인 개체 수}} > 1$

이므로 $\frac{\text{날개 길이의 표현형이 우성인 개체 수}}{10000 \times 0.6^2} =$

$\frac{\text{날개 길이의 표현형이 우성인 개체 수}}{3600} > 1$ 이다. 우성 대립유전자

인 B가 긴 날개 대립유전자라고 가정하면 긴 날개 개체 수는 유전자형이 BB인 개체 수와 Bb인 개체 수를 더한 값이다. 따라서 $10000(0.2^2 + 2 \times 0.2 \times 0.8) = 3600$ 이므로 주어진 조건과 다르다. 우성 대립유전자 B가 짧은 날개 대립유전자라고 가정하면 짧은 날개 개체 수는 $10000(0.8^2 + 2 \times 0.2 \times 0.8) = 9600$ 이므로 주어진 조건과 같다. 따라서 B는 짧은 날개 대립유전자, b는 긴 날개 대립유전자이다.

✕. I에서

$$\frac{\text{몸 색의 유전자형이 Aa인 개체 수}}{\text{날개 길이의 유전자형이 Bb인 개체 수}} = \frac{10000 \times 2 \times 0.6 \times 0.4}{10000 \times 2 \times 0.8 \times 0.2} = \frac{4800}{3200} > 1 \text{이다.}$$

㉡. I에서 임의의 흰색 몸 암컷의 유전자형은 aa이고, 임의의 검은색 몸 수컷의 유전자형은 AA와 Aa이다. 수컷의 유전자형이 AA일 때는 F_1 이 흰색 몸이 아니고, Aa일 때는 F_1 이 $\frac{1}{2}$ 의 확률로 흰색 몸이다. I에서 임의의 짧은 날개 암컷의 유전자형은 BB와 Bb이고, 임의의 긴 날개 수컷의 유전자형은 bb이다. 암컷의 유전자형이 BB일 때는 F_1 이 긴 날개가 아니고, Bb일 때는 F_1 이 $\frac{1}{2}$ 의 확률로 긴 날개이다. 따라서 F_1 이 흰색 몸, 긴 날개일 확률은 $\left(\frac{2 \times 0.6 \times 0.4}{0.6^2 + 2 \times 0.6 \times 0.4} \times \frac{1}{2}\right) \times \left(\frac{2 \times 0.8 \times 0.2}{0.8^2 + 2 \times 0.8 \times 0.2} \times \frac{1}{2}\right) = \frac{1}{21}$ 이다.

07 하디·바인베르크 법칙

㉠. II에서 A의 빈도와 a의 빈도는 서로 같으므로 A의 빈도와 a의 빈도는 모두 0.5이고, 털 색의 유전자형이 ㉠인 개체 수와 ㉡인 개체 수는 서로 같으므로 ㉠과 ㉡은 각각 aa와 AA 중 하나이고, ㉠은 Aa이다.

㉡. I에서 털 색의 유전자형이 $\frac{\text{㉠인 개체 수}}{\text{㉡인 개체 수}} = \frac{6}{7}$ 인데, ㉠이 aa라고 가정하면 유전자형이 ㉠(Aa)인 개체 수가 ㉡(aa)인 개체 수보다 적다. 이는 A의 빈도 > a의 빈도인 조건과 다르다. 따라서 ㉠은 AA이고, ㉡은 aa이다. I에서 털 색의 유전자형이 $\frac{\text{AA인 개체 수}}{\text{AA인 개체 수}} = \frac{6}{7}$ 이므로 AA인 개체 수는 4900, Aa인 개체 수는 4200, aa인 개체 수는 900이고, A의 빈도는 0.7, a의 빈도는 0.3이다. II에서 A의 빈도는 0.5, a의 빈도는 0.5이므로 털 색의 유전자형이 AA인 개체 수는 2500, Aa인 개체 수는 5000, aa인 개체 수는 2500이다. 따라서 I과 II에서 유전자형인 Aa인 개체 수의 합은 $4200 + 5000 = 9200$ 이다.

㉢. I에서 털 색의 표현형이 열성인 임의의 암컷의 유전자형은 aa이고, 털 색의 표현형이 우성인 임의의 수컷의 유전자형은 AA와 Aa이다. 수컷의 유전자형이 Aa일 때 F_1 이 $\frac{1}{2}$ 의 확률로 유전자형이 ㉢(aa)이다. 따라서 F_1 의 털 색의 유전자형이 ㉢(aa)일 확률은 $\frac{2pq}{p^2+2pq} \times \frac{1}{2} = \frac{2 \times 0.7 \times 0.3}{0.7^2 + 2 \times 0.7 \times 0.3} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{13}$ 이다.

08 하디·바인베르크 법칙

긴 꼬리 암컷과 긴 꼬리 수컷 사이에서 짧은 꼬리 암컷이 태어났으므로 꼬리 길이의 유전자는 상염색체에 있으며, A는 긴 꼬리 대립유전자, a는 짧은 꼬리 대립유전자이다.

I에서 $\frac{\text{짧은 꼬리 개체 수}}{\text{긴 꼬리 개체 수}} = \frac{4}{21}$ 이므로 $\frac{q^2}{p^2+2pq} = \frac{4}{21}$ 이다.

$21q^2 = 4(p^2 + 2pq)$ 에 $q=1-p$ 를 대입하면 $21(1-2p+p^2) = 4(p^2 + 2p - 2p^2)$, $25p^2 - 50p + 21 = 0$, $(5p-3) \times (5p-7) = 0$ 이

므로 p 는 $\frac{3}{5}$ 또는 $\frac{7}{5}$ 인데 p 는 1보다 작으므로 $p = \frac{3}{5} = 0.6$ 이고, $q = \frac{2}{5} = 0.4$ 이다. I에서 임의의 짧은 꼬리 암컷의 유전자형은 aa 이고, 임의의 수컷의 유전자형은 AA, Aa, aa 이다. 수컷의 유전자형이 AA 인 경우 F_1 이 모두 긴 꼬리이고, Aa 인 경우 $\frac{1}{2}$ 의 확률로 긴 꼬리이며, aa 인 경우 F_1 이 모두 짧은 꼬리이다. 따라서 F_1 이 긴 꼬리를 가질 확률은 $(p^2 \times 1) + (2pq \times \frac{1}{2}) + (q^2 \times 0) = (0.6^2 \times 1) + (2 \times 0.6 \times 0.4 \times \frac{1}{2}) + (0.4^2 \times 0) = \frac{3}{5}$ 이다.

09 종분화

- ✕. I과 II는 지리적 격리로 인해 유전자 교류가 단절되었으므로 I과 II 사이에서는 유전자 흐름이 일어나지 않는다.
- . II → IV가 되는 과정에서 II에는 없는 C가 나타났으므로 새로운 대립유전자가 나타나는 현상인 돌연변이가 일어났다.
- ✕. B와 C는 서로 다른 생물학적 종이므로 지리적 격리가 사라진 V에서 생식적 격리가 사라지지 않았다.

10 종분화

- ✕. A~G는 모두 갈매기속(*Larus*)에 속하므로 모두 같은 과에 속한다.
- . 고리종을 이루는 집단은 지리적 분포가 고리 형태를 띠며, 인접한 두 집단 사이에서는 교배가 일어나지만, 고리의 양쪽 끝 지역에 분포하는 두 집단 사이에서는 교배가 일어나지 않는다. 따라서 인접한 B와 C 사이에서 유전자 흐름이 일어난다.
- . 고리종은 오랜 시간 동안 변이가 축적되면서 종분화를 위한 생식적 격리가 연속적이며 점진적으로 일어나고 있음을 보여주는 사례에 해당한다.

12 생명 공학 기술과 인간 생활

2점 능숙 테스트

본문 199~201쪽

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

01 세포 융합, 조직 배양, PCR

- I은 종합 효소 연쇄 반응(PCR), II는 조직 배양, III은 세포 융합이다.
- . 바이러스와 세균 등의 핵산을 증폭하여 감염성 질병을 진단하거나 치료하는 데 이용하는 생명 공학 기술은 종합 효소 연쇄 반응(I)이다.
- . 조직 배양(II) 기술은 우수한 형질을 가진 식물 종의 대량 번식이나 멸종 위기 식물 종의 보전을 위해 이용된다.
- . 임신 진단 키트에서 임신 여부를 확인하기 위해 사용하는 단일 클론 항체는 세포 융합(III) 기술을 사용하여 만든다.

02 세포 융합 기술과 단일 클론 항체

- 은 골수암 세포, ㉠은 B 림프구, ㉡은 A를 생산하는 잡종 세포이다.
- ✕. 쥐에 위암 세포를 주입하여 생성된 B 림프구(㉠)의 정보를 가지고 있는 잡종 세포(㉡)로부터 생산된 단일 클론 항체 A는 ㉠(골수암 세포)과 항원 항체 반응을 하지 않고, 위암 세포와 항원 항체 반응을 한다.
- ✕. B 림프구(㉠)는 항체를 생산하고, 수명이 짧으며, 계속 분열하지 않는다. 반영구적으로 분열하는 것은 암세포에 해당한다.
- . 골수암 세포(㉠)와 B 림프구(㉠)를 세포 융합하는 과정에서 여러 잡종 세포와 융합되지 않은 세포가 섞여 있으므로 단일 클론 항체 A만 생산하는 잡종 세포(㉡)를 선별하는 과정이 필요하다. 과정 I에서 A를 생산하는 잡종 세포(㉡)만 선별하여 배양하고, 단일 클론 항체 A를 얻는다.

03 배아 줄기세포

- 은 체세포 복제 배아 줄기세포에 해당한다.
- . 핵을 제거한 난자에 체세포 핵을 이식한 뒤 배양해 얻은 줄기세포 ①은 체세포 복제 배아 줄기세포이다.
- . 사람 B의 체세포에서 핵을 꺼내어 사람 A의 핵을 제거한 난자에 이식하는 과정 I에서 핵치환 기술이 사용되었다.
- . ①은 B의 체세포에서 핵을 추출하여 핵치환 기술을 통해 얻은

배아 줄기세포이므로 ㉠의 핵 DNA 염기 서열은 B의 체세포의 핵 DNA 염기 서열과 서로 같다.

04 유전자 재조합 기술과 형질 전환 식물

㉠. 재조합된 플라스미드를 이용하여 형질 전환된 토끼풀 세포 A는 유전자 a 를 가지고 있으며, 형질 전환된 토끼풀 세포 A를 배양하여 만든 토끼풀 ㉠의 세포도 유전자 a 를 가지고 있다.

✕. 과정 I에서는 플라스미드를 절단하기 위해 제한 효소가 이용된다. 과정 II에서는 유전자 a 를 절단된 플라스미드와 연결하는 DNA 연결 효소가 이용된다. 과정 I과 II에서 이용한 효소는 다르다.

㉡. 과정 III에서 형질 전환된 토끼풀 세포 A를 배지에서 배양하여 완전한 개체인 토끼풀 ㉠을 만들었으므로 III에서 조직 배양 기술이 사용되었다.

05 성체 줄기세포

(가)는 B이다.

㉠. 사람 B의 골수에서 줄기세포를 추출한 후 배양 및 분화시킨 연골 세포를 이식하여 만든 기관지를 환자 (가)에게 이식하므로 (가)는 B이다.

✕. B의 골수에서 추출한 줄기세포(㉠)는 성체 줄기세포에 해당한다. 성체 줄기세포는 특정 세포로만 분화가 가능하므로 추출한 줄기세포(㉠)는 모든 종류의 세포로 분화하지 않는다.

✕. 과정 I에서 핵치환 기술은 사용되지 않았으며, 체세포 복제 배아 줄기세포를 얻는 과정에서 핵치환 기술이 사용된다.

06 핵치환

핵치환을 통해 얻은 세포를 2세포기에서 분리하여 배양한 후 각각 자궁에 이식하여 출산한 E와 F는 동일한 유전 정보를 가진다.

✕. 이 과정에서 A의 체세포 핵을 B의 핵을 제거한 난자에 이식하는 핵치환 기술이 사용되었다.

✕. ㉠은 배아 줄기세포에 해당한다.

㉡. A의 체세포 핵을 이식하여 만든 세포에는 A의 핵 DNA가 들어 있다. E와 F는 A의 핵 DNA가 들어 있는 세포가 2세포기가 되었을 때 2개의 세포로 분리한 후 각각 얻은 배아를 대리모 C와 D의 체내에서 발생시켜 태어난 개체이므로 유전 정보는 같다. E와 F의 핵 DNA는 모두 A의 핵 DNA와 같다.

07 유전자 재조합 기술

항생제 ㉠ 저항성 유전자는 C, 물질 ㉡ 분해 효소 유전자는 X이다.

✕. 항생제 ㉠을 첨가한 배지에서 I과 IV는 생존하지 못했고, II

와 III은 생존하였으므로 항생제 ㉠ 저항성 유전자는 C이다.

㉠. 유전자 재조합 과정에는 제한 효소와 DNA 연결 효소가 필요하다. 과정 (가)에서 X를 도입할 때 B의 어느 한 부분을 인식하는 제한 효소와 과정 (나)에서 Y를 도입할 때 C의 어느 한 부분을 인식하는 제한 효소는 서로 다른 제한 효소이다.

✕. ㉠과 ㉡ 첨가 배지에서 생존한 대장균은 II와 III이고, ㉠과 ㉡ 첨가 배지에는 푸른색 군체가 있으므로 물질 ㉡ 분해 효소 유전자는 X이다. ㉠ 첨가 배지에서 I과 II는 모두 흰색 군체를 형성하고, IV는 푸른색 군체를 형성하므로 ㉠ 첨가 배지에서 I, II, IV를 섞어서 배양하면 II는 구별할 수 없고, IV가 구별된다.

08 유전자 치료

㉠은 바이러스, ㉡는 골수 세포이다.

㉠. 유전자 치료 과정에서 정상 유전자 x 를 삽입하여 환자의 세포로 도입할 때 DNA 운반체로 이용하는 것은 바이러스(㉠)이다.

㉡. 정상 유전자 x 를 가지고 있는 골수 세포(㉡)에서는 x 가 발현되어 정상 단백질 X가 합성된다.

✕. 정상 유전자 x 가 바이러스(㉠)의 DNA에 삽입되는 과정 I에서는 핵치환 기술이 사용되지 않는다.

09 유전자 변형 생물체(LMO)

㉠. 사람의 단백질 (가) 유전자를 도입한 바이러스를 염소의 수정란 I에 감염시키는 과정에서 바이러스는 DNA 운반체 역할을 한다.

✕. D의 핵 DNA 염기 서열은 A의 난자와 B의 정자가 수정되어 형성된 수정란 I에 단백질 (가) 유전자가 도입된 수정란의 핵 DNA 염기 서열과 같으며, I의 핵 DNA 염기 서열과 같지 않다.

㉡. D는 사람의 단백질 (가) 유전자가 도입된 수정란으로부터 발생하였으므로 단백질 (가) 유전자가 있다. D는 자손에게 단백질 (가) 유전자를 물려줄 수 있다.

10 유전자 변형 생물체(LMO)

㉠. 변형된 유전자가 옮겨져 원래 자연에 있던 고유 유전자가 발현되지 않아 유전적 다양성이 훼손되는 것은 LMO의 부정적 영향에 대한 예이다.

㉡. 바이오 에탄올(㉡)은 화석 연료를 대체할 수 있는 바이오 연료에 해당하며, 여러 유전자 변형 생물체(LMO)로부터 얻을 수 있다.

㉢. 사람의 성장 호르몬 유전자가 삽입된 돼지(㉢)는 유전자 변형 생물체(LMO)에 해당하며, 유전자 재조합 기술을 사용하여 만들 수 있다.

11 생명 공학 기술의 발달과 이용 사례

✗. 체세포에 존재하는 특정 효소 유전자를 제거하는 과정(㉠)에서 유전자 재조합 기술 등이 사용되고, 체세포의 핵을 핵이 제거된 난자에 주입하는 과정에 핵치환 기술이 사용된다.

㉡. 생명 공학 기술을 사용하여 난자나 배아를 이용하는 과정에서 생명 윤리 관련 법을 준수해야 한다.

㉢. 형질 전환 복제 돼지 A를 대량 생산하여 장기 이식을 통한 난치병 치료가 이루어지면 인간의 수명 연장에 영향을 줄 수 있으며, 이는 생명 공학 기술의 긍정적 사례에 해당한다.

12 생명 공학 기술 이용 사례

(가)는 핵치환 기술을 이용한 사례, (나)는 줄기세포와 유전자 가위를 이용한 사례, (다)는 중합 효소 연쇄 반응(PCR)을 이용한 사례이다.

✗. 마약을 탐지하고 인명을 구조하는 특수견을 복제하는 과정에서 핵치환 기술이 사용된다.

✗. 체세포로부터 얻은 줄기세포(㉠)는 배아 줄기세포에 해당하지 않는다.

㉡. 사망자 신원 확인, 범인의 검거, 혈연 관계를 확인할 때 DNA를 증폭하는 기술은 중합 효소 연쇄 반응(PCR)에 해당하며, 중합 효소 연쇄 반응(PCR)에서 DNA를 복제할 때 프라이머가 필요하다.

3점 수능 테스트

본문 202~207쪽

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

01 유전자 재조합 기술과 제한 효소

α 는 (나)이다.

㉠. 유전자 ④를 포함한 DNA에 제한 효소 α 를 처리한 후 생성된 DNA 조각에서 단일 가닥을 제외하고 첫 번째 염기쌍이 GC이고, 단일 가닥 부분에 연결된 염기가 구아닌(G)이므로 α 는 (나)이다.

㉡. 같은 제한 효소로 처리하여 생성된 DNA 조각의 단일 가닥 부분이므로 ㉠과 ㉡은 상보적으로 결합할 수 있다.

㉢. P와 Q는 모두 앰피실린 저항성 유전자를 가지고 있고, Q에만 유전자 ④가 있다. X와 앰피실린 첨가 배지에서 P가 도입된 대장균은 흰색 균체를 형성하며, Q가 도입된 대장균은 푸른색 균체를 형성한다.

02 유전자 재조합, 조직 배양, 세포 융합 기술

㉠. 제조제 X 저항성 유전자(④)를 갖는 식물 세포로부터 미분화 조직인 캘러스가 되는 과정 ㉠에서 조직 배양 기술이 사용되었다. 잡종 세포를 배양액에서 배양하여 기관 등으로 분화하는 과정 ㉡에서도 조직 배양 기술이 사용되었다.

㉢. I 과 II의 세포에서 각각 세포벽을 제거한 후 두 세포를 융합하는 과정 ㉢에서 사용된 기술은 세포 융합 기술에 해당한다. 단일 클론 항체의 생산 과정에는 세포 융합 기술이 사용되며, 암세포와 B 림프구의 세포 융합을 통해 잡종 세포를 생산한다.

㉣. I 과 III은 모두 제조제 X에 대한 저항성이 있으므로 I 과 III에 모두 제조제 X 저항성 유전자(④)가 있다.

03 유전자 치료와 단일 클론 항체

㉠은 바이러스, ㉡은 X의 골수 세포이다.

㉢. 정상 유전자를 삽입한 바이러스(㉢)를 환자 X로부터 추출한 골수 세포(㉣)에 도입한 후 환자 X에게 주사하여야 하므로 ㉣은 X의 골수 세포이다.

㉣. 과정 I에서 유전자 재조합 기술을 이용하여 바이러스 DNA에 정상 유전자를 삽입한 후, 정상 유전자를 가진 바이러스(㉠)를 만든다.

✗. 항암제를 부착한 단일 클론 항체는 B 림프구를 생산하도록 유도한 암세포 ④에 선택적으로 결합한다. 과정 II에서 항체-항암제 복합체 ㉡와 암세포 ⑥가 결합하지 않는다.

04 제한 효소와 유전자 재조합

플라스미드 P의 염기 수는 I에서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수의 합이므로 1000이고, 플라스미드 Q의 염기 수는 III에서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수의 합이므로 1800이다.

㉠. II는 P와 Q에 제한 효소 A만 처리한 경우이다. P에는 A의 절단 위치가 한 군데 있으므로 P에 A를 처리한 경우 생성된 DNA 조각의 염기 수는 1000이다. Q에는 A의 절단 위치가 두 군데 있으므로 Q에 A를 처리한 경우 생성된 DNA 조각의 염기 수는 600과 1200이다. II에서 생성된 DNA 조각 중 염기 수가 1000과 1200인 DNA 조각이 모두 있다.

㉡. I에서 생성된 DNA 조각 중 염기 수가 750(㉡)인 DNA 조각의 단일 가닥 부분에서 A가 작용한 부위는 5'-AATT-3'이고, B가 작용한 부위는 5'-CTAG-3'이므로

$$\frac{\text{퓨린 계열 염기의 개수}}{\text{피리미딘 계열 염기의 개수}} = \frac{4}{4} = 1 \text{이다.}$$

㉢. I에서 생성된 DNA 조각 중 염기 수가 250인 DNA 조각의 단일 가닥 부분에서 A가 작용한 부위는 5'-AATT-3'이고, B가 작용한 부위는 5'-CTAG-3'이다. III에서 생성된 DNA 조각 중 염기 수가 300인 DNA 조각의 단일 가닥 부분에서 A가 작용한 부위는 5'-AATT-3'이고, C가 작용한 부위는 5'-CTAG-3'이다. 이 두 DNA 조각의 단일 가닥 부분이 서로 상보적인 결합이 가능하므로 DNA 연결 효소를 처리하면 염기 수가 550인 재조합 플라스미드가 만들어진다.

05 줄기세포

A(II)는 유도 만능(역분화) 줄기세포, B(III)는 배아 줄기세포, C(I)는 성체 줄기세포이고, ㉠은 '초기 배아에서 얻는다.', ㉡은 '모든 세포로 분화할 수 있다.'이다.

㉢. '모든 세포로 분화할 수 있다.'는 배아 줄기세포와 유도 만능(역분화) 줄기세포에 해당하고, '초기 배아에서 얻는다.'는 배아 줄기세포에 해당한다. 2가지 특징을 모두 가지는 B는 배아 줄기세포이고, 1가지 특징(㉡)만 가지는 A는 유도 만능(역분화) 줄기세포이며, 나머지 C는 성체 줄기세포이다. 그림에서 I은 체세포인 골수 세포를 배양하여 얻은 줄기세포이므로 성체 줄기세포이고, II는 체세포인 피부 세포에 역분화 유전자를 삽입한 뒤 배양하여 얻은 줄기세포이므로 유도 만능(역분화) 줄기세포이며, III은 체세포인 피부 세포의 핵을 이식한 배아를 배양하여 얻은 줄기세포이므로 배아 줄기세포이다. 성체 줄기세포(C)는 I이다.

㉣. 배아 줄기세포(B)를 얻는 과정에서 난자의 핵을 제거하고 체세포인 피부 세포의 핵을 추출하여 이식한다. 이 과정에서 사용한 생명 공학 기술은 핵치환 기술이다.

㉤. 유도 만능(역분화) 줄기세포(A)는 난자 또는 배아를 이용하지 않고 자신의 체세포를 이용하여 얻으므로 난자를 이용하여 줄기

세포를 얻는 배아 줄기세포(III)보다 생명 윤리 문제가 적다.

06 유전자 재조합 기술

I은 P가 도입된 대장균, II는 Q가 도입된 대장균, III은 P와 Q가 모두 도입되지 않은 대장균이고, A는 카나마이신, B는 앰피실린이다.

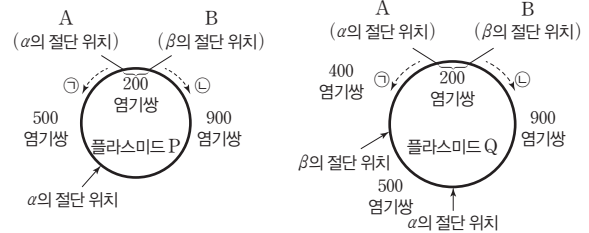
㉠. I은 3종류의 배지에서 모두 군체를 형성하였으므로 항생제 A와 B 저항성 유전자가 모두 있는 P가 도입된 대장균이다. II는 항생제 A 첨가 배지에서만 군체를 형성하지 못하였으므로 항생제 B 저항성 유전자를 가지고 있으며, Q가 도입된 대장균이다. III은 항생제를 첨가하지 않은 배지에서만 군체를 형성하였으므로 P와 Q가 모두 도입되지 않은 대장균이다. II는 Q가 도입된 대장균이므로 II에는 사람의 인슐린 유전자가 있다.

㉡. P에 α 를 처리하여 플라스미드를 절단하였으므로, α 는 제한 효소이다. 절단된 플라스미드와 사람의 인슐린 유전자를 연결하는 과정에서 β 를 처리하였으므로 β 는 DNA 연결 효소이다.

㉢. 항생제 A와 B를 모두 첨가한 배지에서는 카나마이신 저항성 유전자와 앰피실린 저항성 유전자가 모두 있는 P가 도입된 대장균(I)만 군체를 형성할 수 있다.

07 유전자 재조합 기술

P에 α 를 처리하였을 때 생성된 DNA 조각이 2조각이므로 P에 α 의 절단 위치는 2군데이고, P에 β 를 처리하였을 때 생성된 DNA 조각이 1조각이므로 P에 β 의 절단 위치는 1군데이다. Q에 α 를 처리하였을 때 생성된 DNA 조각이 2조각이므로 Q에 α 의 절단 위치는 2군데이고, Q에 β 를 처리하였을 때 생성된 DNA 조각이 2조각이므로 Q에 β 의 절단 위치는 2군데이다. P와 Q에서 각각 α 와 β 의 절단 위치는 그림과 같다.



㉣. P에 α 를 처리하였을 때 생성된 각 DNA 조각의 염기쌍 수가 500과 1100이므로 P의 염기쌍 수는 1600이다. Q에 α 를 처리하였을 때 생성된 각 DNA 조각의 염기쌍 수가 900과 1100이므로 Q의 염기쌍 수는 2000이다. P에 X를 삽입하여 Q를 만들었으므로 X의 염기쌍 수는 400이다.

㉤. P에 X가 삽입된 후 Q에서 β 의 절단 위치가 2군데로 증가하였으므로 X에는 β 의 절단 위치가 있다. Q에서 X에 있는 β 의 절단 위치는 A로부터 ㉠ 방향으로 400 염기쌍 떨어진 위치에 있

다. 따라서 P에서 γ 의 절단 위치는 P를 α 로 처리하였을 생성된 DNA 조각 중 500 염기쌍으로 구성된 DNA 조각(㉓)에 있다.
 ㉑ P의 B에서 ㉑ 방향으로 900 염기쌍 떨어진 위치에는 α 의 절단 위치가 있고, Q의 A에서 ㉑ 방향으로 400 염기쌍 떨어진 위치에는 β 의 절단 위치가 있다. 제시된 위치에는 모두 제한 효소의 절단 위치가 있다.

08 유전자 변형 생물체와 생명 공학 기술의 영향

- ✕. 돼지 세포 표면의 당 분자를 제거하도록 관련 유전자를 변형시키는 ㉑ 과정에는 세포 융합 기술이 사용되지 않는다.
- ㉑ 유전자 변형 생물체(LMO)인 (가)에 대한 안전성 문제와 생명 윤리 문제에 대해 다양한 사회 구성원들의 검토를 통한 합의가 필요하다.
- ㉑ 생명 공학 기술을 이용하여 (가)를 대량 생산하는 것을 통해 식량 문제 해결에 기여할 수 있다.

09 제한 효소 반응

- ㉓의 오른쪽 끝에는 ㉑의 절단 위치가, 중간에는 ㉑의 절단 위치가 있고, ㉒의 왼쪽 끝에는 ㉑의 절단 위치가, 중간에는 ㉑의 절단 위치가 있다. ㉑의 왼쪽 끝에는 ㉑의 절단 위치가, 오른쪽 끝에는 ㉑의 절단 위치가, 중간에는 ㉑의 절단 위치가 있다. ㉓의 왼쪽 끝에는 ㉑의 절단 위치가, 오른쪽 끝에는 ㉑의 절단 위치가, 중간에는 ㉑의 절단 위치가 있고, ㉑의 왼쪽 끝과 오른쪽 끝에는 ㉑의 절단 위치가, 중간에는 ㉑의 절단 위치가 있다. x 에서 ㉑~㉑의 절단 위치를 표시하면 다음과 같다(하단에 있음).
- ✕. ㉑을 첨가한 I에서 생성된 DNA 조각 수는 3이므로 ㉑의 절단 위치는 모두 2곳이고, ㉑을 첨가한 II에서 생성된 DNA 조각 수도 3이므로 ㉑의 절단 위치는 모두 2곳이다. ㉑과 ㉑을 첨가한 IV에서 생성된 DNA 조각 수는 4이므로 ㉑의 절단 위치는 1곳이며, ㉑과 ㉑를 첨가한 V에서 생성된 DNA 조각 수는 4이므로 ㉑의 절단 위치는 1곳이다. x 에서 ㉑를 제외한 부분에는 ㉑~㉑의 절단 위치는 없으므로 ㉑에는 ㉑~㉑의 절단 위치가 모두 6곳이 있다.
- ㉑. ㉑과 ㉑을 첨가한 VI에서 생성된 DNA 조각은 염기 수가 각각 16, 18, 44, 62이다. VI에서 염기 수가 18인 DNA 조각이 생성된다.
- ✕. ㉑~㉑ 중 중간에 ㉑, ㉑, ㉑의 절단 위치가 없는 것은 ㉑만 해당한다. ㉑, ㉑, ㉑을 첨가한 VII에서 생성된 DNA 조각의 종류에는 ㉑~㉑ 중 ㉑만 있다.

10 유전자 재조합 기술

- X의 유전자 산물은 Z를 분해하여 대장균 군체를 흰색에서 푸른색으로 변화시키고, Y는 항생제 C 저항성 유전자이다. α 의 절단 위치는 X에 있다.
- ㉑. 물질 Z 첨가 배지에서만 군체를 형성한 대장균은 I이고, 군체의 수는 2이다. 항생제 B 저항성 유전자를 가지고 있는 대장균은 II만 해당하므로 B 첨가 배지에서 군체를 형성한 대장균은 II이고, 군체의 수는 3이다. X가 항생제 C 저항성 유전자이면 C 첨가 배지에서 군체를 형성한 대장균은 III이고, 군체의 수는 5이다. 나머지 A 첨가 배지에서만 군체를 형성한 대장균은 IV이고, 군체의 수는 3이다. 제시된 조건과 모순이므로 Y는 항생제 C 저항성 유전자이다.
- ✕. Y가 항생제 C 저항성 유전자이므로 Y를 포함한 플라스미드를 가진 IV만 C 첨가 배지에서 군체를 형성한다. A 첨가 배지에서 군체를 형성하였으나 B와 C 첨가 배지에서 각각 군체를 형성하지 못한 대장균은 III이다. ㉑은 II의 군체이고 X를 가지고 있지 않으므로 흰색 군체이다. ㉑은 III의 군체이고 X를 가지고 있으므로 푸른색 군체이다.
- ㉑. IV가 A 첨가 배지에서 군체를 형성하였으므로 α 의 절단 위치는 X에 있다. IV는 항생제 A 저항성 유전자와 Y를 가지고 있고, III은 항생제 A 저항성 유전자와 X를 가지고 있다. Z와 A 첨가 배지에서 III은 푸른색 군체를 형성하고 IV는 흰색 군체를 형성하므로 III과 IV를 구별할 수 있다.



01 생명 과학의 역사

2점 수능 테스트 본문 10쪽

01 ③ 02 ② 03 ④ 04 ⑤

3점 수능 테스트 본문 11쪽

01 ② 02 ⑤

04 세포 호흡과 발효

2점 수능 테스트 본문 60~63쪽

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

3점 수능 테스트 본문 64~69쪽

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

02 세포의 특성

2점 수능 테스트 본문 22~24쪽

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

3점 수능 테스트 본문 25~29쪽

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

05 광합성

2점 수능 테스트 본문 80~83쪽

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

3점 수능 테스트 본문 84~89쪽

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

03 세포막과 효소

2점 수능 테스트 본문 39~42쪽

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

3점 수능 테스트 본문 43~47쪽

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

06 유전 물질

2점 수능 테스트 본문 98~102쪽

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

3점 수능 테스트 본문 103~107쪽

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

07 유전자 발현

2점 수능 테스트 본문 117~120쪽

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

3점 수능 테스트 본문 121~125쪽

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

10 생물의 분류와 다양성

2점 수능 테스트 본문 167~170쪽

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

3점 수능 테스트 본문 171~175쪽

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

08 유전자 발현의 조절

2점 수능 테스트 본문 135~138쪽

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

3점 수능 테스트 본문 139~143쪽

- 01 ② 02 ① 03 ③ 04 ⑤ 05 ③ 06 ② 07 ③
- 08 ⑤ 09 ⑤ 10 ①

11 진화의 원리

2점 수능 테스트 본문 183~186쪽

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

3점 수능 테스트 본문 187~191쪽

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

09 생명의 기원

2점 수능 테스트 본문 153~155쪽

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

3점 수능 테스트 본문 156~159쪽

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

12 생명 공학 기술과 인간 생활

2점 수능 테스트 본문 199~201쪽

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

3점 수능 테스트 본문 202~207쪽

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

고2~N수 수능 집중 로드맵

과목	수능 입문	기출 / 연습	연계+연계 보완	고난도	모의고사
국어	수능 감(感)잡기		수능연계교재의 국어 어휘	수능연계완성 3/4주 특강 고난도 · 신유형	FINAL 실전모의고사
영어		수능 기출의 미래	수능연계교재의 VOCA 1800 수능연계 기출 Vaccine VOCA		만점마무리 봉투모의고사
수학	수능특강 Light	강의노트 수능개념	연계 수능특강	수능의 7대 함정	만점마무리 봉투모의고사 RED EDITION
한국사 사회		수능특강Q 미니모의고사	수능완성	박봄의 사회 · 문화 표 분석의 패턴	고난도 시크릿X 봉투모의고사
과학					

구분	시리즈명	특징	수준	영역
수능 입문	수능 감(感) 잡기	동일 소재 · 유형의 내신과 수능 문항 비교로 수능 입문	●	국/수/영
	수능특강 Light	수능 연계교재 학습 전 연계교재 입문서	●	국/영
	수능개념	EBSi 대표 강사들과 함께하는 수능 개념 다지기	●	전영역
기출/연습	수능 기출의 미래	올해 수능에 딱 필요한 문제만 선별한 기출문제집	●	전영역
	수능특강Q 미니모의고사	매일 15분으로 연습하는 고퀄리티 미니모의고사	●	전영역
연계 + 연계 보완	수능특강	최신 수능 경향과 기출 유형을 분석한 종합 개념서	●	전영역
	수능특강 사용설명서	수능 연계교재 수능특강의 지문 · 자료 · 문항 분석	●	전영역
	수능특강 연계 기출	수능특강 수록 작품 · 지문과 연결된 기출문제 학습	●	국/영
	수능완성	유형 분석과 실전모의고사로 단련하는 문항 연습	●	전영역
	수능완성 사용설명서	수능 연계교재 수능완성의 국어 · 영어 지문 분석	●	국/영
	수능연계교재의 국어 어휘	수능 지문과 문항 이해에 필요한 어휘 학습서	●	국어
	수능연계교재의 VOCA 1800	수능특강과 수능완성의 필수 중요 어휘 1800개 수록	●	영어
고난도	수능연계완성 3/4주 특강	단기간에 끝내는 수능 킬러 문항 대비서	●	국/수/영/과
	수능의 7대 함정	아깝게 틀리기 쉬운 영역별 수능 함정 문제 유형 분석	●	국/수/영/사/과
	박봄의 사회 · 문화 표 분석의 패턴	박봄 선생님과 사회 · 문화 표 분석 문항의 패턴 연습	●	사회탐구
모의고사	FINAL 실전모의고사	수능 동일 난도의 최다 분량, 최다 과목 모의고사	●	전영역
	만점마무리 봉투모의고사	실제 시험지 형태와 OMR 카드로 실제 훈련 모의고사	●	전영역
	만점마무리 봉투모의고사 RED EDITION	신규 문항 2회분으로 국어 · 수학 · 영어 논스톱 모의고사	●	국/수/영
	고난도 시크릿X 봉투모의고사	제대로 어려운 고퀄리티 최고난도 모의고사	●	국/수/영