

과학탐구영역

생명과학 II



답은 끝 문제로 유형 익히기

본문 005쪽

정답 ③

해설 | I은 'C는 자신이 만든 ㉠으로 코르크를 관찰하여 수많은 벌집 구조를 발견하고 세포(cell)라고 명명함', II는 'A는 생물 속생설을 입증함', III은 'B는 유전자가 염색체의 일정한 위치에 존재한다는 것을 밝혀냄'이고, A는 파스퇴르, B는 모건, C는 훅이다.

㉠. 생물 속생설을 입증한 A는 파스퇴르이다.

✗. 코르크를 관찰하여 세포(cell)라고 명명한 사람은 훅이다. 혹은 자신이 만든 현미경으로 코르크를 관찰하였고, 전자 현미경은 훅의 코르크 관찰 이후에 발명되었다.

㉡. III은 'B는 유전자가 염색체의 일정한 위치에 존재한다는 것을 밝혀냄'이다.

수능 2점 테스트

본문 006쪽

01 ③

02 ⑤

03 ④

04 ②

01 생명 과학의 주요 성과

해설 | ㉠은 캘빈, ㉡은 다윈이다.

㉠. 파스퇴르는 백조목 플라스크를 이용한 실험을 통해 자연 발생설을 부정하고, 생물 속생설을 입증하였다.

㉡. 광합성의 탄소 고정 반응을 밝힌 ㉠은 캘빈, 자연 선택설을 주장한 ㉡은 다윈이다.

✗. (다)에서 ㉡(다윈)에 의한 자연 선택설 주장은 1800년대에 이루어졌고, (나)에서 ㉠(캘빈)에 의한 캘빈 회로 규명은 1900년대에 이루어졌다. 따라서 (나)는 (다)보다 나중에 이론 성과이다.

02 생명 과학의 주요 성과

해설 | 레이우엔훅은 미생물을 처음 발견하였고, 제너는 천연두를 예방할 수 있는 종두법을 개발하였으며, 플레밍은 푸른곰팡이에서 항생 물질인 페니실린을 발견하였다.

㉠. 레이우엔훅은 단안 현미경을 이용하여 미생물을 발견하였다. (나)에 현미경이 사용되었다.

㉡. 플레밍은 푸른곰팡이에서 항생 물질인 페니실린을 발견하였다. ㉠은 푸른곰팡이이다.

㉢. (가)~(다)를 시대 순으로 배열하면 (나)(1673년) → (가)(1796년) → (다)(1928년)이다.

03 생명 과학의 주요 성과

해설 | 비들과 테이텀은 붉은빵곰팡이 실험을 통해 1유전자 1효소설을 주장했다.

㉠. 멘델은 완두의 교배 실험 결과를 분석하여 유전의 기본 원리를

발견하였다.

✗. 비들과 테이텀은 1유전자 1효소설을 주장했다. 슈반은 동물체가 세포로 이루어져 있다는 동물 세포설을 주장했다.

㉡. 왓슨과 크릭은 DNA 염기 조성의 특징과 X선 회절 사진 등을 종합하여 DNA의 구조를 규명하였다.

04 생명 과학의 주요 성과

해설 | 라마르크는 용불용설을 주장했고, 다윈은 자연 선택설을 주장했다.

✗. 라마르크는 용불용설을 주장하였으므로 ㉠은 용불용설이다. 자연 선택설은 다윈의 주장이다.

㉡. 라마르크의 용불용설인 (가)는 1809년에 이론 성과이고, 다윈의 자연 선택설인 (나)는 1859년에 이론 성과이다.

✗. 린네의 이명법 고안은 1753년 이론 성과로 (나)보다 먼저 이론 성과이다.

수능 3점 테스트

본문 007쪽

01 ③

02 ②

01 생명 과학의 주요 성과

해설 | ㉠은 유전자 재조합, ㉡은 DNA 증폭이다.

㉠. 니런버그는 1960년대 유전부호 해독(㉢)에 기여하였다.

㉡. 코헨과 보이어는 유전자 재조합 기술을 개발(1973년)하였다. ㉠은 유전자 재조합, ㉡은 DNA 증폭이다.

✗. 왓슨과 크릭의 DNA 구조 규명은 ㉢(DNA 증폭) 기술 개발 이전인 1953년에 이론 성과이다.

02 생명 과학의 주요 성과

해설 | (가)는 훅의 세포 발견(1665년), (나)는 린네의 생물 분류 체계 정리(1753년), (다)는 에이버리의 유전 물질의 본체 규명(1944년), (라)는 코흐의 병원균 연구(1876년)이다.

✗. A는 세포를 처음으로 명명한 훅이다. 훅은 자신이 만든 현미경으로 코르크를 관찰했는데, 훅이 만든 현미경은 형광 현미경이 아니다.

㉡. C는 에이버리이다. 에이버리는 폐렴 쌍구균의 형질 전환 실험을 통해 DNA가 유전 물질임을 규명하였다.

✗. (가)~(라)를 시대 순으로 배열하면 (가) → (나) → (라) → (다)이다.

THEME

02

세포의 특성

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 009쪽

정답 ③

예설 | 식물의 구성 단계는 세포 → 조직 → 조직계 → 기관 → 개체, 동물의 구성 단계는 세포 → 조직 → 기관 → 기관계 → 개체이다. 구성 단계 중 조직은 동물과 식물에 모두 있고, 기관계는 동물에만 있으므로 식물인 장미와 동물인 토끼에 모두 있는 (나)는 조직이며, 토끼에만 있는 (가)는 기관계이다.

㉠. @는 'O'이다.

㉡. (가)는 기관계이다.

㉢. 장미에서 체관은 구성 단계 중 조직에 해당한다.

수능 2점 테스트

본문 010~012쪽

01 ㉡	02 ㉣	03 ㉤	04 ㉢	05 ㉣
06 ㉢	07 ㉢	08 ㉣	09 ㉡	10 ㉣
11 ㉡	12 ㉤			

01 생물의 구성 단계

예설 | (가)는 식물의 구성 단계를 나타낸 것이며, 식물의 구성 단계는 세포 → 조직 → 조직계 → 기관 → 개체이므로 A는 관다발 조직계, B는 잎이다. (나)는 동물의 구성 단계를 나타낸 것이며, 동물의 구성 단계는 세포 → 조직 → 기관 → 기관계 → 개체이므로 C는 근육 조직이다.

㉡. 해면 조직은 유조직(기본 조직)으로 기본 조직계에 속한다. 따라서 해면 조직은 A(관다발 조직계)에 속하지 않는다.

㉢. B는 잎이다.

㉣. C는 근육 조직으로 조직 단계에 해당하며, 심장은 기관 단계에 해당하므로 같은 구성 단계에 해당하지 않는다.

02 세포의 연구 방법

예설 | (가)는 현미경을 이용한 방법, (나)는 세포 분획법, (다)는 자기 방사법이다.

㉡. (가)는 현미경을 이용한 방법 중 주사 전자 현미경을 이용한 현미경 관찰법으로, 주사 전자 현미경(㉠)은 전자선을 시료 표면에 주사하여 굴곡에 따라 반사되는 전자를 감지하여 상을 얻으며 시료의 표면을 자세히 연구하는 데 효율적이다. 그러나 시료를 준비하는 과정에서 세포가 죽으므로 ㉠을 이용해 살아 있는 세포의 움직임을 관찰할 수 없다.

㉢. (나)는 균질기로 파쇄한 세포를 단계적으로 원심 분리하여 밀도에 따라 세포 소기관을 분리하는 방법으로 식물 세포로부터 미토콘드리아를 분리할 수 있다.

㉣. 허시와 체이스는 ³²P로 DNA를, ³⁵S로 단백질을 표지한 박테리오파지를 각각 대장균에 감염시키고, 일정 시간이 지난 후 원심

분리하여 얻은 침전물과 상층액에서 방사선의 검출 여부를 조사하였으며, 생물의 유전 물질이 DNA임을 증명하였다.

03 세포의 연구 방법

예설 | ㉠은 핵, ㉡은 미토콘드리아, ㉢은 소포체이다.

㉠. 이 과정은 세포를 파쇄한 후 원심 분리기에 넣고 속도와 시간을 다르게 하여 회전시키면서 세포 소기관을 크기와 밀도 차이에 따라 분리하여 얻은 세포 분획법이다.

㉡. 핵을 분리하고 난 후의 상층액 ㉣과 미토콘드리아를 분리하고 난 후의 상층액 ㉤에는 모두 소포체가 있다.

㉢. ㉡(미토콘드리아)은 2중막을 갖는다.

04 생명체를 구성하는 물질

예설 | 염색체의 구성 성분이며 세포막의 주성분인 ㉠은 단백질이다. 염색체의 구성 성분인 ㉡은 DNA이고, 세포막의 주성분인 ㉢은 인지질이다.

㉠. 뉴클레오솜은 ㉡(DNA)과 히스톤 단백질로 이루어져 있다.

㉡. ㉠(단백질)의 기본 단위는 아미노산이다.

㉢. ㉢(인지질)은 인산 등을 포함하고 있어 친수성을 띠는 머리 부분과 지방산으로 구성되어 소수성을 띠는 꼬리 부분으로 되어 있다.

05 생명체를 구성하는 물질

예설 | I은 글리코젠, II는 스테로이드, III은 단백질이다.

㉠. I(글리코젠)은 동물의 저장성 다당류로 단당류(포도당) 여러 분자가 결합하여 이루어진 고분자의 탄수화물이다. I의 기본 단위는 포도당이다.

㉡. II(스테로이드)는 척추동물의 부신 겉질 호르몬, 성호르몬 등의 주성분이며, 항체의 주성분은 단백질(III)이다.

㉢. III(단백질)의 구성 원소는 C, H, O, N이다.

06 식물 세포의 구조

예설 | A는 엽록체, B는 리보솜, C는 미토콘드리아, D는 핵이다.

㉠. A(엽록체)와 D(핵)에는 모두 유전 물질인 DNA가 있다.

㉡. B(리보솜)에서는 mRNA의 정보에 따라 단백질 합성이 일어나며, 대장균은 B(리보솜)를 가진다.

㉢. 광인산화는 빛에너지를 이용하여 H⁺의 농도 기울기를 만들어 ATP를 합성하는 과정으로 엽록체에서 일어난다. C(미토콘드리아)에서는 유기물의 산화를 통해 ATP를 합성하는 산화적 인산화가 일어난다.

07 원핵생물과 진핵생물의 비교

예설 | 남세균은 원핵생물, 시금치와 아메바는 진핵생물이다.

㉠. 시금치와 아메바는 모두 진핵생물이므로 핵막을 가진다.

㉡. 남세균과 시금치의 공변세포는 모두 엽록소를 가지고 있어 광합성을 할 수 있다.

㉢. 원핵생물인 남세균은 핵막(2중막)이 없으므로 전사와 번역이 모

두 세포질에서 일어나며, 진핵생물인 아메바는 전사와 번역이 일어나는 장소가 각각 핵과 세포질로 분리되어 있다.

08 세포 소기관의 구조와 기능

예설 | A는 인, B는 리보솜, C는 핵공이다.

- ✗ A(인)는 인지질 2중층으로 된 막을 갖지 않는다.
- ㉠ 거친면 소포체에 붙어 있는 B(리보솜)에서 단백질이 합성된다.
- ㉡ C(핵공)는 여러 개의 단백질로 구성된 복합체이며 RNA, 단백질과 같은 비교적 큰 분자도 통과시킬 수 있다. 핵공은 핵과 세포질 사이의 물질 이동 통로로 핵공을 통해 핵에서 전사된 mRNA가 세포질로 이동한다.

09 원핵세포와 식물 세포의 비교

예설 | (가)는 대장균, (나)는 식물 세포이다. 대장균은 핵막이 없어 DNA가 세포질에 퍼져 있으며, 세포막 바깥에 펩티도글리칸으로 된 세포벽이 있다. 식물 세포는 핵막이 있으며 세포막 바깥에 셀룰로스로 된 세포벽이 있다.

- ✗ 대장균(가)은 인지질 2중층으로 된 세포막이 있다.
- ㉠ 대장균(가)은 펩티도글리칸으로 된 세포벽을, 식물 세포(나)는 셀룰로스로 된 세포벽을 갖는다.
- ✗ 식물 세포(나)는 유전체 DNA가 히스톤 단백질과 결합되어 뉴클레오솜 구조를 형성하고 있으나, 대장균(가)은 유전체 DNA가 히스톤 단백질과 결합되어 있지 않다.

10 단백질의 합성과 분비 과정

예설 | 방사성 동위 원소 ¹⁴C로 표지된 아미노산을 이용하여 세포 내에서 단백질이 합성된 후의 이동 경로를 알아낼 수 있다. 리보솜에서 합성된 단백질은 거친면 소포체(A)를 거쳐 골지체(B)로 이동하며, 골지체는 단백질을 가공한 후 분비 소낭(C)에 담아 세포막 쪽으로 보낸다.

- ✗ A는 거친면 소포체이다.
- ㉠ 이 실험에서는 자기 방사법을 이용하여 합성된 단백질의 이동 경로를 추적하였다.
- ㉡ 합성된 단백질의 이동 경로는 A → B → C이다.

11 세포 소기관의 구조와 기능

예설 | (가)는 미토콘드리아, (나)는 엽록체이다. ㉠은 미토콘드리아 내막, ㉡은 미토콘드리아 기질, ㉢은 엽록체 내막, ㉣은 스트로마이다.

- ✗ ㉠(미토콘드리아 내막)은 안쪽으로 돌출하여 크리스타라는 주름진 구조를 형성한다. 단일막으로 된 납작한 주머니 모양의 구조물인 시스터나가 층층이 쌓인 형태는 골지체에서 관찰할 수 있다.
- ✗ ㉠(미토콘드리아 내막)에는 전자 전달과 ATP 합성에 관여하는 단백질(ATP 합성 효소)이 존재하지만, ㉢(엽록체의 내막)에는 없다. 엽록체에서는 틸라코이드 막에 ATP 합성 효소가 존재한다.
- ㉤ ㉠(미토콘드리아 기질)과 ㉢(엽록체 스트로마)에는 모두 DNA가 존재한다.

12 세포 골격

예설 | A는 중간 섬유, B는 미세 소관, C는 미세 섬유이다.

- ✗ A는 중간 섬유로 여러 가닥의 단백질이 꼬여 형성된다.
- ㉠ B(미세 소관)는 염색체의 이동과 세포 소기관의 이동에 관여한다.
- ㉡ C(미세 섬유)는 구형의 액틴 단백질이 결합하여 만들어진 액틴 필라멘트 두 가닥이 서로 꼬인 모양이며, 근육 원섬유 마디를 구성하는 성분으로 근수축에 관여한다.

수능 3점 테스트

본문 013~015쪽

- 01 ㉣ 02 ㉡ 03 ㉢ 04 ㉤ 05 ㉣
- 06 ㉠

01 식물의 구성 단계

예설 | (가)는 세포, (나)는 조직계, (다)는 기관이다. 뿌리는 기관에 해당하므로 A는 (다)이고, 표피 조직계는 조직계에 해당하므로 C는 (나)이다. 나머지 B(세포)는 (가)이다.

- ✗ A는 기관(다)이다.
- ㉠ 유세포는 B(세포)의 예에 해당한다.
- ㉡ ㉠(표피 조직계)은 식물체의 바깥 표면을 덮어 식물을 보호한다.

02 현미경 관찰법

예설 | (가)는 투과 전자 현미경, (나)는 광학 현미경, (다)는 주사 전자 현미경이다.

- ✗ (가)는 투과 전자 현미경으로 전자선을 시료의 단면에 투과시켜 스크린에 흑백의 평면 이미지를 만들어낸다. 광학 현미경(나)은 광원으로 가시광선을 이용하며, 시료를 통과한 빛을 렌즈를 통해 눈으로 관찰하므로 시료의 색을 관찰할 수 있다.
- ㉠ 광학 기계로 구별할 수 있는 두 점 사이의 최소 거리는 해상력이며, 현미경의 해상력을 좌우하는 것은 광원의 파장이다. 파장이 짧을수록 해상력이 극대화되므로 가시광선을 이용하는 (나)보다 전자선을 이용하는 (가), (다)의 해상력이 뛰어나다. 따라서 광학 현미경(나)이 해상력이 가장 낮으므로, 구별할 수 있는 두 점 사이의 최소 거리는 광학 현미경이 가장 길다.
- ✗ 투과 전자 현미경(가)은 전자선이 매우 얇게 잘려진 시료를 통과하여 상을 만들어내는 것으로 세포의 미세 구조 단면 관찰에 적합하며, 주사 전자 현미경(다)은 전자선을 시료의 표면에 주사하여 화면에 시료 표면의 입체 영상을 형성하므로 세포의 표면이나 외부 형태를 관찰하는 데 적합하다.

03 생명체를 구성하는 물질

예설 | ‘탄소 화합물이다.’는 단백질, 셀룰로스, 스테로이드가 가지는 특징이고, ‘호르몬의 구성 성분이다.’는 단백질과 스테로이드가 가지는 특징이다. ‘펩타이드 결합이 존재한다.’는 단백질만 가지는 특징이

다. 세 가지 특징을 모두 가지는 단백질은 A이고, 세 가지 물질이 모두 가지는 특징 ㉔은 '탄소 화합물이다.'이다. 단백질(A)만 가지는 특징 ㉕은 '펩타이드 결합이 존재한다.'이고, 나머지 ㉖은 '호르몬의 구성 성분이다.'이다. 특징 ㉗만 가지는 B는 셀룰로스이고, 남은 C는 스테로이드이다.

✗. ㉕은 '펩타이드 결합이 존재한다.'이므로 B(셀룰로스)가 가지지 않는 특징이다. 따라서 ㉔은 '×'이다.

✗. C(스테로이드)는 지질의 한 종류로 구성 성분에 당을 포함하지 않는다.

㉔. ㉕은 '호르몬의 구성 성분이다.'이다.

04 세포 소기관의 특징

예설 | 진핵생물에 있는 중심체, 세포벽, 섬모 중 주성분이 단백질인 것은 중심체와 섬모이다. 따라서 (가)는 세포벽, (나)는 중심체이다.

㉔. (가)는 세포벽이다.

✗. 섬모와 중심체는 모두 단백질의 한 종류인 미세 소관(튜블린 중합체)으로 구성되어 있다. 따라서 '미세 섬유로 구성되어 있는가?'는 섬모와 중심체를 구분하는 기준이 될 수 없다.

㉔. 중심체(나)는 직각으로 배열된 한 쌍의 중심립으로 구성되며, 세포 분열 시 중심립에서 방추사가 나와 염색체를 끌어당긴다.

05 단백질의 합성과 분비 과정

예설 | A는 거친면 소포체, B는 분비 소낭, C는 리소좀이다.

㉔. A는 리보솜이 많이 붙어 있어 표면이 울퉁불퉁해 보이는 거친면 소포체로 단일막으로 된 납작한 주머니와 관이 복잡하게 연결된 형태를 갖는다.

✗. B는 골지체에서 가공된 단백질을 골지체 막으로 둘러싸 만들어진 분비 소낭으로 단백질을 세포 밖으로 운반한다.

㉔. C는 리소좀으로 다양한 가수 분해 효소가 들어 있어 세포내 소화를 담당한다.

06 세포 소기관의 특징

예설 | '크리스타 구조를 가진다.'는 미토콘드리아만 가지는 특징이고, 'rRNA와 단백질을 가진다.'는 리보솜, 미토콘드리아, 엽록체가 가지는 특징이며, '화학 삼투에 의한 ATP 합성이 일어난다.'는 미토콘드리아와 엽록체가 가지는 특징이다. 미토콘드리아는 특징 3개를, 엽록체는 특징 2개를, 리보솜은 특징 1개를 가진다. 따라서 특징 2개를 가지는 I은 엽록체이다. 핵은 'rRNA와 단백질을 가진다.'의 1개의 특징을 가지므로 ㉕은 1이며, Ⅲ은 1개의 특징을 가지는 리보솜이다. 나머지 Ⅱ는 미토콘드리아로 3개의 특징을 가지므로 ㉕은 3이다.

㉔. Ⅱ는 미토콘드리아이며, 3개의 특징을 가지므로 ㉕은 3이다.

✗. 원핵세포에는 막성 세포 소기관이 존재하지 않으므로 I(엽록체)은 대장균에 없다.

✗. Ⅲ(리보솜)은 rRNA와 단백질로 구성된 세포 소기관으로 막으로 싸여 있지 않다.

THEME 03

세포막과 효소

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 018쪽

정답 ③

예설 | Ⅱ는 I에 비해 A(기질)의 농도가 2배이므로, 생성물의 농도도 2배이다. 따라서 ㉕은 Ⅱ에서의 측정 결과이고, ㉔은 I에서의 측정 결과이다.

㉔. ㉕은 Ⅱ에서의 측정 결과이다.

㉔. 시간에 따른 생성물의 농도 그래프에서 E에 의한 반응 속도는 그래프의 기울기에 비례한다. 따라서 t_1 일 때 E에 의한 반응 속도는 I에서 I에서보다 빠르다.

✗. 활성화 에너지의 크기는 기질(A)과 생성물(B)의 농도에 영향을 받지 않으므로 I에서 E에 의한 반응의 활성화 에너지는 t_1 일 때와 t_2 일 때가 같다.

수능 2점 테스트

본문 019~021쪽

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

01 세포막을 통한 물질의 이동 방식

예설 | 'ATP를 사용한다.'는 1가지 이동 방식(능동 수송)에만 해당하는 특징이므로 ㉔이고, ㉕을 갖는 Ⅱ가 능동 수송이다. 따라서 ㉕은 '막단백질을 이용한다.'이므로 ㉕을 갖는 I은 촉진 확산, Ⅲ은 단순 확산이다.

㉔. I은 촉진 확산이다.

㉔. ㉕은 'ATP를 사용한다.'이다.

㉔. $Na^+ - K^+$ 펌프를 통한 Na^+ 의 이동 방식은 능동 수송으로 Ⅱ에 해당한다.

02 세포막을 통한 물질의 이동 방식

예설 | (가)는 세포의 배출, (나)는 능동 수송, (다)는 촉진 확산이다.

✗. 세포의 배출(가)이 일어나면 세포막의 표면적이 일시적으로 증가한다.

㉔. 능동 수송(나)은 물질의 농도가 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 에너지를 사용하여 물질을 이동시킬 수 있다.

㉔. (다)는 막단백질을 통과하여 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 물질이 이동하는 현상으로 촉진 확산이다.

03 능동 수송과 단순 확산

예설 | 폐포에서 O_2 는 단순 확산을 통해 모세 혈관으로 이동하므로 Ⅱ는 단순 확산이고, I은 능동 수송이다.

㉔. I은 능동 수송이다.

✗. 그림에서 시간이 지날수록 ㉕의 세포 안 농도는 C(㉕의 세포 안

과 밖의 농도가 같아졌을 때 ㉠의 세포 밖 농도)와 차이가 더 커지므로 ㉠의 이동 방식은 I(능동 수송)이다.

✗. I(능동 수송)은 막단백질을 이용하며, II(단순 확산)는 막단백질을 이용하지 않는다.

04 식물 세포에서의 삼투

예설 | A가 삼투압, B가 흡수력이다.

✗. A는 삼투압이다.

㉠. 흡수력=삼투압-팽압이며, V_2 일 때 흡수력이 0보다 크므로 삼투압은 팽압보다 크다.

㉡. V_1 일 때 X는 세포의 상대적 부피가 1보다 작은 상태이므로 원형질 분리가 일어난 상태이다.

05 식물 세포에서의 삼투

✗. 감자 조각을 고장액에 담으면 감자 세포에서 유출되는 물의 양이 더 많아 감자 조각의 질량이 감소하고, 저장액에 담으면 감자 세포로 유입되는 물의 양이 더 많아 감자 조각의 질량이 증가한다. (다)에서 감자 조각의 질량 변화로 미루어 볼 때 설탕 용액의 농도는 ㉠<㉡<㉢이다.

㉠. (다)의 A에서는 감자 세포로 유입되는 물의 양이 D에서보다 많으므로 A에서 감자 세포의 용질 농도가 D에서보다 낮다. 따라서 감자 세포의 삼투압은 A에서가 D에서보다 작다.

✗. 삼투는 반투과성 막을 사이에 두고 농도 기울기에 따라 물이 확산하는 현상이다. 따라서 감자 세포막을 통한 물의 이동에 ATP가 사용되지 않는다.

06 효소의 작용과 반응 속도

예설 | (가)에서 ㉠은 생성물, ㉡은 효소, ㉢은 효소·기질 복합체이다. (나)에서 A는 생성물, B는 효소·기질 복합체, C는 효소이다.

㉠. ㉠은 생성물(A)이다.

㉡. X는 ATP의 인산기를 기질에 전이시키는 전이 효소이다.

✗. X에 의한 반응 속도는 t_1 과 t_2 일 때 A의 농도 그래프의 접선의 기울기와 같으므로 기울기가 큰 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 빠르다.

07 리포솜을 이용한 물질 이동

✗. (가)에서 물질 X는 표적 세포의 수송 단백질을 통해 표적 세포로 이동하므로 (가)의 결과 세포막의 표면적은 감소하지 않는다.

㉠. ㉠은 표면 항원이 있는 표적 세포이므로 리포솜에 삽입한 항체와 표면 항원 사이에 특이적 결합으로 인해 X가 방출된다.

✗. (나)에서 표면 항원이 없는 세포(㉡)에서도 세포 수가 증가함에 따라 X가 약간 방출되는 현상이 나타났으므로, 표면 항원과 결합 없이도 X의 자연적인 방출이 일어남을 알 수 있다.

08 효소의 작용과 활성화 에너지

㉠. (가)에서 효소 X에 의해 촉매되는 반응은 물이 첨가되어 기질이 분해되고 있으므로 X는 가수 분해 효소이다.

✗. 효소(X)는 활성화 에너지를 낮추어 반응 속도를 높여주므로 (가)

에서 활성화 에너지는 E_3 이다.

✗. 활성화 에너지의 크기는 효소 농도에 영향을 받지 않는다. 따라서 (가)에서 효소(X)의 농도가 증가하더라도 활성화 에너지의 크기는 변화 없다.

09 효소의 작용

예설 | (가)에서 X는 주효소이고 ㉠은 주효소에 결합하며 반응 후에도 변화가 없는 보조 인자, ㉡은 효소 반응 결과 만들어진 생성물이다. 보조 인자가 X에 결합해야만 반응이 진행되므로 (나)에서 A는 시간이 지남에 따라 ㉡(생성물)의 농도가 증가하는 것으로 보아 ㉠이 있을 때, B는 ㉠이 없을 때이다.

㉠. X는 주효소이다.

㉡. B는 ㉠(보조 인자)이 없을 때이다.

㉢. ㉠이 있을 때(A) t_1 일 때가 t_2 일 때보다 반응 속도(접선의 기울기)가 크므로 기질과 결합한 X의 양은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 많다.

10 효소의 활성화에 영향을 미치는 요인

㉠. (나)의 t_2 에서 Y를 추가했을 때 생성물의 총량이 증가했으므로 Y는 기질이다.

✗. (가)의 S_2 일 때 초기 반응 속도가 최대이며, 이때는 모든 효소가 기질과 결합하여 반응하고 있으므로 Y(기질)를 추가하더라도 초기 반응 속도는 증가하지 않는다.

✗. (나)에서 X에 의한 반응 속도는 그래프의 기울기에 비례하므로 t_1 일 때가 t_3 일 때보다 빠르다.

11 효소의 농도와 저해제의 작용

예설 | 효소 E의 농도가 동일한 B와 C에서 초기 반응 속도가 B가 C보다 빠르므로 ㉠은 '없음', ㉡은 '있음'이다. 기질 농도가 높아져도 저해제의 효과가 감소하지 않으므로 X는 비경쟁적 저해제이다.

✗. ㉠은 '없음'이다.

㉠. X는 비경쟁적 저해제로 E(효소)의 활성 부위가 아닌 다른 부위에 결합한다.

㉡. 효소에 의한 반응에서 효소는 재사용되므로 E의 총 수는 변하지 않는다. 초기 반응 속도는 효소·기질 복합체의 농도에 비례하므로 기질과 결합하지 않은 E의 수는 S_1 일 때가 S_2 일 때보다 크다. 따라서 $\frac{\text{기질과 결합하지 않은 E의 수}}{\text{E의 총 수}}$ 는 S_1 일 때가 S_2 일 때보다 크다.

12 효소와 저해제

예설 | 표에서 A는 기질 농도가 높아져도 저해제의 효과가 감소하지 않으며, B는 기질 농도가 S_2, S_3 일 때 저해 효과가 없으므로 A는 비경쟁적 저해제, B는 경쟁적 저해제이다. 그림에서 반응의 속도가 빨라수록 시간에 따른 생성물의 농도는 빨리 증가하므로, 기질의 농도가 S_1 일 때 초기 반응 속도를 고려하면 I은 저해제가 없을 때, II는 B(경쟁적 저해제)가 있을 때, III은 A(비경쟁적 저해제)가 있을 때이다.

㉠. II는 B(경쟁적 저해제)가 있을 때이다.

㉡. 효소·기질 복합체의 농도는 초기 반응 속도에 비례하므로, III에

서 효소·기질 복합체의 농도는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 높다.

✗ 기질과 결합한 X의 수는 초기 반응 속도에 비례한다. 초기 반응 속도가 클수록 기질과 결합한 X의 수가 많아지고 기질과 결합하지 않은 X의 수는 적어지므로 $\frac{\text{기질과 결합한 X의 수}}{\text{기질과 결합하지 않은 X의 수}}$ 는 저해제가 없을 때가 A가 있을 때보다 크다.

수능 3점 테스트

본문 022~025쪽

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

01 리포솜을 이용한 물질 이동

예설 | 온도를 42 °C 이상으로 올리면 리포솜 막의 구조가 변해 리포솜 내부에 포집된 물질이 밖으로 방출되는 효과를 얻을 수 있다. 따라서 초기에 시간에 따른 약물 방출량 증가가 빠른 (다)가 42 °C, (나)가 37 °C이다. 콜레스테롤은 세포막의 안정성을 증가시키므로 콜레스테롤 함량이 낮을수록 리포솜 막의 안정성이 낮아져서 약물의 방출량이 증가한다. 따라서 ㉠이 콜레스테롤 함량 10 %, ㉡이 30 %, ㉢이 50 %이다.

✗ (다)의 구간 I에서 콜레스테롤 함량이 높을수록 리포솜 막의 안정성이 높아지므로 약물 방출량이 적다.

㉠ 리포솜을 체내에 투입한 후 표적 부위를 체온보다 높은 온도(42 °C)에 일정 시간 노출시키면 리포솜 막의 안정성이 낮아져서 약물의 방출량을 증가시킬 수 있다.

㉡ t에서 콜레스테롤 농도가 10 % (㉠)일 때와 30 % (㉡)일 때의 약물 방출량의 차이는 42 °C(다)에서가 37 °C(나)에서보다 크다.

02 식물 세포에서의 삼투

예설 | (가)에서 고장액에 있던 X를 저장액에 넣었을 때 점점 감소하는 A는 흡수력, 세포의 부피가 1.0일 때부터 시작해 점점 증가하는 B는 팽압이다.

㉠ B는 팽압이다.

㉡ 흡수력 = 삼투압 - 팽압이므로 삼투압은 흡수력과 팽압을 더한 값이다. V_2 일 때 흡수력이 0보다 크므로 삼투압은 팽압보다 크다. V_3 일 때는 흡수력이 0이므로 삼투압이 팽압과 같다. 따라서 X의 $\frac{\text{팽압}}{\text{삼투압}}$ 은 V_2 일 때가 V_3 일 때보다 작다.

✗ ㉠은 물을 많이 흡수해 세포가 커진 것으로 V_2 일 때의 상태이고, ㉡은 원형질 분리가 일어난 것으로 V_1 일 때의 상태이다.

03 세포막을 통한 물질 출입

예설 | (가)에서 저농도에서 고농도로 물질이 이동하는 I은 능동 수송, 막단백질을 이용해서 고농도에서 저농도로 물질이 이동하는 II은 촉진 확산이며, III은 단순 확산이다. (나)에서 세포 안과 밖의 농도 차

가 클수록 이동 속도가 비례하여 증가하는 ㉢의 이동 방식은 단순 확산, 세포 안과 밖의 농도 차가 클수록 이동 속도가 증가하다가 일정 수준이 되면 더는 증가하지 않고 일정해지는 ㉠의 이동 방식은 촉진 확산이다.

㉠ ㉠의 이동 방식은 촉진 확산(II)이다.

✗ ㉢의 이동 방식은 단순 확산이므로 ㉢의 이동에 막단백질이 이용되지 않는다.

✗ '백혈구의 식세포 작용에서 세포 안으로의 세균 이동'은 세포내 섭취의 예이므로 III(단순 확산)에 해당하지 않는다.

04 세포막을 통한 물질 출입

예설 | ㉠은 세포 안과 밖의 농도가 같아졌을 때인 C_1 에서 시작해서 시간이 지남에 따라 세포 밖 농도보다 세포 안 농도가 점점 증가하므로 ㉠의 이동 방식은 능동 수송이다. ㉡은 세포 안 농도가 낮은 상태에서 시작해 시간이 지남에 따라 세포 안 농도가 점점 높아져 세포 안과 밖의 농도가 같아졌을 때인 C_2 에 수렴하므로 ㉡의 이동 방식은 촉진 확산이다.

㉠ ㉠(능동 수송)의 이동에는 에너지가 사용된다.

✗ 인슐린이 세포 밖으로 이동하는 방식은 촉진 확산(㉡)이 아니라 세포외 배출이다.

✗ ㉡의 세포 안과 세포 밖의 농도 차는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 크다.

05 효소의 작용에 영향을 미치는 요인

예설 | 감자즙에는 과산화 수소(H_2O_2)를 물(H_2O)과 산소(O_2)로 분해하는 효소인 카탈레이스가 들어 있으며, 이때 발생한 O_2 가 거름종이 조각에 달라붙어 거름종이 조각을 떠오르게 한다. 효소 반응의 속도가 빠를수록 O_2 발생이 빠르게 증가해 거름종이가 떠오를 때까지 걸리는 시간이 짧다. 따라서 비커의 바닥에서 수면까지의 높이(h)를 거름종이가 떠오를 때까지 걸린 시간으로 나눈 값(㉠)은 효소의 반응 속도(v)를 대변하는 값이다.

㉠ A에서 감자즙에 들어 있는 카탈레이스에 의해 과산화 수소가 분해되어 O_2 가 생성되었다.

✗ 과산화 수소 분해 효소 반응의 활성화 에너지는 B와 C에서 같다.

✗ 과산화 수소 분해 효소의 활성은 A, D, E 중 A에서가 가장 크다.

06 세포막의 특성

㉠ (다)에서 구역 ㉠과 ㉢에서 제거된 형광의 세기가 시간이 지남에 따라 회복되는 것으로 보아 틸라코이드 막은 유동성이 있다.

✗ ㉡의 막단백질은 인지질 2층중의 특정 위치에 고정되어 있지 않다.

✗ 형광을 제거한 후 30초 이내에 형광의 세기가 회복되는 정도는 ㉠에서가 ㉢에서보다 크다.

07 효소와 저해제

예설 | 아밀레이스의 활성을 저해하는 효율이 높은 시료가 들어 있는 시험관일수록 녹말의 분해가 억제되어 엿당이 적게 생성된다. 엿당이 적게 생성되면 엿당과 결합하여 발색 반응이 나타나는 정도가 약하

로 아밀레이스의 활성을 저해하는 효율이 높은 시료가 들어 있는 시험관의 경우, 아밀레이스 활성을 저해하는 효율이 낮은 시료가 들어 있는 시험관에 비해 흡광도가 낮게 측정되어 큰 X값이 도출된다. 따라서 X는 아밀레이스의 저해율이다.

- ㉠. X는 아밀레이스의 저해율이다.
- ㉡. 아밀레이스의 저해율이 낮을수록 아밀레이스의 활성이 크다. X가 ㉠ > ㉡이므로 아밀레이스의 활성은 ㉡에서가 ㉠에서보다 크다.
- ㉢. 아밀레이스에 대한 저해 효과는 꽃 추출물에 있는 물질이 잎 추출물에 있는 물질보다 크다.

08 효소의 활성에 영향을 미치는 요인

예설 | 효소의 농도가 높을수록 반응 속도가 빨라진다. S₄에서 초기 반응 속도(상댓값)가 100인 I과 III 중에서 S₂에서 초기 반응 속도가 50인 I이 저해제가 없는 C이다. III은 기질 농도가 높아졌을 때 초기 반응 속도가 I과 같아지므로 효소 농도가 2이면서 경쟁적 저해제가 있는 D이다. 따라서 II와 IV는 각각 비경쟁적 저해제가 있는 A 또는 B 중의 하나이다. S₃에서 II는 초기 반응 속도가 25, IV는 50이므로 II가 A, IV가 B이다.

✗. II(A)는 비경쟁적 저해제가 있으므로 S₄에서 ㉠은 100이 될 수 없다.

㉡. IV는 B이다.

✗. S₂일 때 초기 반응 속도는 C(I)에서가 D(III)에서보다 빠르다. 그러므로 기질과 결합하지 않은 X의 수는 D에서가 C에서보다 크고, 기질과 결합한 X의 수는 C에서가 D에서보다 크다. 따라서

기질과 결합하지 않은 X의 수는 C에서가 D에서보다 작다.
기질과 결합한 X의 수

THEME

04

세포 호흡과 발효

많은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 028쪽

정답 ⑤

예설 | 피루브산이 젖산으로 전환되는 과정에서 CO₂는 생성되지 않고, NAD⁺가 생성되므로 A는 젖산이다. 피루브산이 아세틸 CoA로 될 때 NADH가 생성되므로 B는 아세틸 CoA이고, 나머지 C는 에탄올이다.

㉠. A는 젖산, B는 아세틸 CoA, C는 에탄올이다.

㉡. ㉠은 1, ㉢은 0, ㉣은 1이므로 ㉠+㉡+㉣=1+0+1=2이다.

㉤. III은 피루브산이 에탄올로 전환되는 알코올 발효 과정의 일부로 세포질에서 일어난다.

수능 2점 테스트

본문 029~031쪽

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

01 미토콘드리아

예설 | ㉠은 막 사이 공간, ㉡은 미토콘드리아 기질이다.

㉠. ㉠은 미토콘드리아 외막과 내막 사이의 막 사이 공간이다.

㉡. ㉡은 미토콘드리아 기질로 TCA 회로가 일어나고, TCA 회로에서는 기질 수준 인산화에 의해 ATP가 생성된다.

✗. 산화적 인산화가 일어날 때 H⁺은 ㉠(막 사이 공간)에서 ㉡(미토콘드리아 기질)으로 촉진 확산되면서 ADP와 P_i으로부터 ATP가 합성된다.

02 해당 과정

예설 | 해당 과정은 세포질에서 일어나고, ATP 소모 단계와 ATP 합성 단계가 있다.

㉠. 과정 I은 1분자의 포도당으로부터 2분자의 ATP가 소모되면서 1분자의 과당 2인산이 생성되는 과정이다.

㉡. 과정 II는 과당 2인산이 인산기가 2개 붙어 있는 3탄소 화합물로 전환되는 과정이다. 이때, NAD⁺는 환원되어 NADH가 생성된다.

㉢. 과정 III은 해당 과정의 일부로 세포질에서 일어난다.

03 TCA 회로

예설 | ㉠은 옥살아세트산, ㉡은 시트르산, ㉢은 5탄소 화합물, ㉣은 4탄소 화합물이다.

✗. 4탄소 화합물이 옥살아세트산으로 전환되는 과정에서 FADH₂가 생성되므로 ㉣은 4탄소 화합물, ㉠은 옥살아세트산이다. 시트르산이 5탄소 화합물로 전환되는 과정에서 CO₂가 생성되므로 ㉡은 시트

르산, ㉔은 5탄소 화합물이다.

✗ 1분자당 탄소 수는 ㉑(옥살아세트산)이 4, ㉒(시트르산)이 6이므로 1분자당 탄소 수는 ㉑(옥살아세트산)이 ㉒(시트르산)보다 작다.

㉑. ㉔(5탄소 화합물)이 ㉑(4탄소 화합물)로 전환되는 과정에서 CO_2 가 생성된다.

04 세포 호흡

예설 | ㉑는 미토콘드리아 내막, ㉒는 미토콘드리아 외막이다.

㉑. TCA 회로는 미토콘드리아 기질에서 일어나므로 I은 미토콘드리아 기질이고, ㉑는 미토콘드리아 내막, ㉒는 미토콘드리아 외막이다. ㉑(미토콘드리아 내막)에 전자 전달계가 있다.

㉑. I은 미토콘드리아 기질, II는 막 사이 공간, III은 세포질이다. 산소 호흡이 일어날 때 I(미토콘드리아 기질)에서 II(막 사이 공간)로 전자 전달계를 통한 H^+ 의 능동 수송이 일어난다.

㉑. III(세포질)에서 해당 과정이 일어나고, 해당 과정에서는 기질 수준 인산화에 의해 ATP가 생성된다.

05 세포 호흡

예설 | ㉑은 NADH, ㉒은 ATP, ㉓은 FADH_2 이다.

✗ 피루브산이 아세틸 CoA로 될 때 ATP, FADH_2 , NADH 중 NADH만 생성되므로 ㉑은 NADH이고, 포도당으로부터 피루브산이 생성되는 해당 과정에서 NADH(㉑)과 ATP가 생성되므로 ㉒은 ATP이며, 나머지 ㉓은 FADH_2 이다. 해당 과정과 TCA 회로에서 ㉑(ATP)은 모두 기질 수준 인산화에 의해 생성된다.

㉑. ㉑(NADH)과 ㉓(FADH_2)의 생성에 모두 탈수소 효소가 작용한다.

㉑. 1분자당 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 포도당이 $\frac{12}{6}$, 피루브산이 $\frac{4}{3}$ 로 포도당보다 크다.

06 세포 호흡

예설 | 피루브산이 아세틸 CoA가 될 때 CO_2 와 NADH가 생성된다. 아세틸 CoA는 옥살아세트산과 반응하여 시트르산이 된다.

㉑. 피루브산이 아세틸 CoA로 될 때 NAD^+ 로부터 NADH가 생성되므로 ㉑은 NAD^+ , ㉒은 NADH이고, 나머지 ㉓은 CO_2 이다.

㉑는 아세틸 CoA, ㉒는 옥살아세트산, ㉓는 시트르산이다.

㉑. ㉑(시트르산)가 ㉒(옥살아세트산)로 전환되는 과정 I에서 ㉑(NAD^+)이 ㉒(NADH)으로 전환된다.

✗ 1분자당 ㉑(아세틸 CoA)의 탄소 수는 2, 1분자당 ㉒(옥살아세트산)의 탄소 수는 4이므로 ㉑와 ㉒의 1분자당 탄소 수의 합은 6이다.

07 TCA 회로

예설 | 피루브산의 산화 및 TCA 회로는 O_2 가 있을 때 피루브산이 미토콘드리아 기질로 이동하여 산화되는 과정이다.

㉑. (가)는 시트르산, (나)는 5탄소 화합물, (다)는 4탄소 화합물, (라)는 옥살아세트산이다.

㉑. (가)(시트르산)가 (나)(5탄소 화합물)로 전환되는 과정 I과 (나)(5

탄소 화합물)가 (다)(4탄소 화합물)로 전환되는 과정 II에서 모두 CO_2 와 NADH가 생성된다.

✗ (다)(4탄소 화합물)가 (라)(옥살아세트산)로 전환되는 과정 III에서 탈탄산 반응은 일어나지 않는다.

08 미토콘드리아의 전자 전달계

예설 | 미토콘드리아의 전자 전달계에서 H^+ 은 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 능동 수송되어 미토콘드리아 내막을 경계로 H^+ 의 농도 기울기를 형성한다.

㉑. ㉑에서 방출된 전자가 미토콘드리아 내막의 전자 전달계를 따라 이동하는 동안 H^+ 이 세 곳에서 능동 수송되었으므로 ㉑은 NADH이다.

㉑. 전자 전달계를 통해 H^+ 은 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 이동하므로 (가)는 막 사이 공간, (나)는 미토콘드리아 기질이다. (나)(미토콘드리아 기질)에는 미토콘드리아 자체 DNA와 리보솜이 있다.

✗ ㉑를 통한 H^+ 의 이동 방식은 고에너지 전자의 에너지를 이용한 능동 수송이다.

09 알코올 발효

예설 | 효모는 산소가 있을 때는 산소 호흡을 하고, 산소가 없을 때는 포도당을 분해하여 에탄올을 만드는 알코올 발효를 한다.

㉑. 효모는 산소가 있을 때 TCA 회로를 통해 CO_2 기체를 방출하고, 산소가 없을 때 알코올 발효를 통해 CO_2 기체를 방출한다. 따라서 (가)에서 발생한 기체에는 CO_2 가 있다.

✗ 구간 I에서는 알코올 발효 과정이 일어나고 있고, 알코올 발효 과정에서 포도당이 피루브산으로 분해되는 해당 과정이 일어난다.

✗ ㉑은 포도당, ㉒은 에탄올이다. 1분자당 ㉑(포도당)의 탄소 수는 6, ㉒(에탄올)의 수소 수는 6이므로 1분자당 $\frac{\text{㉑의 탄소 수}}{\text{㉒의 수소 수}}=1$ 이다.

10 젖산 발효

예설 | 반응의 진행 방향은 ㉑이고, A는 젖산, B는 피루브산, C는 포도당이다.

✗ 젖산 발효에서 포도당(C)은 피루브산(B)으로 분해되고, 피루브산(B)으로부터 젖산(A)이 생성된다. 1분자당 젖산(A)과 1분자당 피루브산(B)의 탄소 수는 각각 3, 1분자당 포도당(C)의 탄소 수는 6이므로 젖산 발효의 진행 방향은 ㉑이다.

✗ A는 젖산, B는 피루브산, C는 포도당이다.

㉑. 과정 I은 B(피루브산)로부터 A(젖산)가 생성되는 과정으로 NADH가 산화되어 NAD^+ 가 생성된다.

11 세포 호흡과 발효

예설 | ㉑은 NADH, ㉒은 CO_2 이고, (가)는 에탄올, (나)는 아세틸 CoA, (다)는 젖산이다.

✗ 과정 I은 해당 과정으로 세포질에서 일어난다. 해당 과정에서 생성된 물질 ㉑은 NADH이고, 나머지 ㉒은 CO_2 이다.

㉑. 과정 II에서 ㉒(CO_2)이 생성되지 않았으므로 (다)는 젖산, (가)는

에탄올이다. 과정 II에서 ㉠(NADH)은 산화되고, 피루브산은 H⁺과 결합하여 환원된다.

㉡. (가)는 피루브산에서 ㉢(CO₂)이 제거되고 환원되어 생성된 에탄올이다. (나)는 피루브산에서 ㉢(CO₂)이 제거되고 조효소 A(CoA)와 결합하여 생성된 아세틸 CoA이다.

12 발효

예설 | 알코올 발효에서는 1분자의 포도당으로부터 2분자의 에탄올, 2분자의 CO₂, 2분자의 ATP가 생성된다.

㉠. 젖산 발효 과정에서는 NAD⁺가 생성되고, 알코올 발효 과정에서는 NAD⁺와 CO₂가 생성되므로 B는 젖산, C는 에탄올이며, ㉠은 NAD⁺, ㉡은 CO₂이다. 1분자당 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 B(젖산)에서 $\frac{6}{3}$, C(에

탄올)에서 $\frac{6}{2}=3$ 이므로 1분자당 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 B(젖산)가 C(에탄올)보다 작다.

㉢. II에서 탈탄산 효소에 의해 탈탄산 반응이 일어나 ㉢(CO₂)이 생성된다.

㉣. ㉠은 NAD⁺이다.

수능 3점 테스트

분문 032~035쪽

01 ㉢ 02 ㉢ 03 ㉠ 04 ㉡ 05 ㉡
06 ㉤ 07 ㉤ 08 ㉣

01 세포 호흡

예설 | 세포질에서는 해당 과정이 일어나고, 미토콘드리아에서는 피루브산의 산화, TCA 회로, 산화적 인산화가 일어난다.

㉠. (가)는 세포질, (나)는 미토콘드리아 기질, (다)는 막 사이 공간이고, ㉠은 NADH, ㉡은 NAD⁺이다. (가)에서 해당 과정에 의해 ㉢(NAD⁺)이 ㉠(NADH)으로 전환되는 반응이 일어난다.

✕. 막단백질 I은 ATP 합성 효소로 ADP와 P_i로부터 ATP를 합성한다. 이때 ATP 합성 효소를 통한 H⁺의 이동 방식은 촉진 확산이다.

㉣. 미토콘드리아에서 산화적 인산화가 일어날 때 막 사이 공간(다)의 pH는 미토콘드리아 기질(나)의 pH보다 낮다. 따라서

$\frac{\text{(나)(미토콘드리아 기질)의 pH}}{\text{(다)(막 사이 공간)의 pH}} > 1$ 이다.

02 해당 과정

예설 | 해당 과정은 세포질에서 일어나며 O₂가 소비되지 않는다. 1분자의 포도당이 2분자의 피루브산으로 분해되면서 2ATP와 2NADH가 순생성된다.

㉠. ㉠은 포도당, ㉡은 과당 2인산, ㉢은 피루브산이다. 1분자당 포도당(㉠)의 탄소 수는 6, 피루브산(㉢)의 탄소 수는 3이므로

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

✕. 구간 I에서는 ㉠(포도당)으로부터 ㉡(과당 2인산)이 생성되는 과정이 일어나고, O₂는 소비되지 않는다.

㉣. 구간 II에서는 ㉡(과당 2인산)으로부터 2분자의 ㉢(피루브산)이 생성되는 과정이 일어나고, 이때 기질 수준 인산화에 의해 4분자의 ㉣(ATP)가 생성된다.

03 세포 호흡

예설 | ㉤는 미토콘드리아 기질, ㉥는 막 사이 공간, ㉦는 'ADP와 P_i', ㉧는 'ATP 합성 효소를 통한 H⁺의 이동을 차단하는 물질', ㉨는 '미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 H⁺을 새어 나가게 하는 물질'이다.

㉠. (가)의 전자 전달계에서 H⁺은 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 능동 수송되므로 ㉤는 미토콘드리아 기질, ㉥는 막 사이 공간이다. ㉢(미토콘드리아 기질)에서 피루브산의 산화와 TCA 회로가 일어날 때 NAD⁺는 환원되어 NADH로 전환된다.

✕. ㉠ 첨가 후에 O₂ 소비와 ATP 합성이 모두 증가하였으므로 ㉠은 'ADP와 P_i'이고, ㉡ 첨가 후에 O₂ 소비가 감소하고, ATP 합성이 중지되었으므로 ㉡은 'ATP 합성 효소를 통한 H⁺의 이동을 차단하는 물질'이다. ㉢ 첨가 후 O₂ 소비가 증가하였지만 ATP 합성은 증가하지 않았으므로 ㉢은 '미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 H⁺을 새어 나가게 하는 물질'이다. ㉣에 의해 H⁺이 미토콘드리아 내막을 통해 새어 나가면 미토콘드리아는 내막을 경계로 H⁺ 농도 기울기 형성을 위해 전자 전달계를 통한 전자 이동이 더 활발하게 일어나 O₂ 소비가 증가하게 된다.

✕. 구간 I에서는 O₂ 소비와 ATP 합성이 증가하였으므로 ㉢(미토콘드리아 기질)의 pH는 ㉥(막 사이 공간)의 pH보다 높다. 구간 II에서는 H⁺이 미토콘드리아 내막을 통해 새어 나가게 되므로 ㉢(미토콘드리아 기질)과 ㉥(막 사이 공간) 사이에서의 pH 차이는 감소한다.

따라서 $\frac{\text{㉢의 pH}}{\text{㉥의 pH}}$ 는 구간 I에서가 구간 II에서보다 크다.

04 TCA 회로

예설 | TCA 회로에서 1분자의 아세틸 CoA로부터 1ATP, 2CO₂, 1FADH₂, 3NADH가 생성된다.

✕. ㉠과 아세틸 CoA에 의해 ㉡이 생성되고, ㉡ → ㉢ 과정에서 3분자의 ㉣가 생성되었으므로 ㉣는 NADH, ㉤은 시트르산, ㉥은 옥살아세트산이고, ㉦는 CO₂이다. ㉧은 5탄소 화합물, ㉨는 4탄소 화합물이고, ㉩는 FADH₂, ㉪는 ATP이다.

과정	분자 수의 비
㉤(5탄소 화합물) → ㉥(옥살아세트산)	㉣(NADH) : ㉤(FADH ₂) : ㉪(ATP) = 2 : 1 : 1
㉣(시트르산) → ㉥(옥살아세트산)	㉢(CO ₂) : ㉣(NADH) = 2 : 3

㉠. 해당 과정에서 1분자의 포도당은 2분자의 피루브산으로 분해되면서 ㉢(NADH)과 ㉪(ATP)가 모두 생성된다.

✕. ㉤(5탄소 화합물)이 ㉢(4탄소 화합물)로 전환되는 과정 I에서

생성되는 ㉔(CO₂)의 분자 수와 ㉕(NADH)의 분자 수는 모두 1이므로 $\frac{\text{㉔의 분자 수}}{\text{㉕의 분자 수}}=1$ 이다.

05 호흡 기질과 호흡률

예설 | 지방, 단백질, 탄수화물은 구성 단위나 작은 단위로 분해된 후 세포 호흡에 이용된다.

✗ ㉑은 지방, ㉒은 탄수화물이다. 호흡률은 ㉑(지방)이 ㉒(탄수화물)보다 작다.

✗ ㉓는 글리세롤, ㉔는 아미노산이다. ㉓(글리세롤)는 해당 과정에 이용될 때 아미노기 제거 과정이 없다.

㉕ 피루브산이 아세틸 CoA로 전환되는 과정 (가)에서 탈탄산 반응에 의해 CO₂가 생성되고, 탈수소 반응에 의해 NADH가 생성된다.

06 알코올 발효

예설 | 알코올 발효 과정에서 1분자의 포도당은 2분자의 에탄올로 분해되고, 2분자의 CO₂와 2분자의 ATP를 생성한다.

㉑. 맥관부에 모인 기체의 부피가 가장 빠르게 증가하는 ㉑은 포도당의 양이 가장 많은 B이고, 맥관부에 기체가 모이지 않는 ㉒은 효모가 없는 C이며, 나머지 ㉓은 A이다.

㉔. ㉓(KOH 수용액) 첨가 후 맥관부에 모인 CO₂ 기체가 감소하였으므로 ㉓(KOH 수용액)는 맥관부에 모인 CO₂ 기체를 제거함을 알 수 있다.

㉕. ㉓(A)의 구간 I에서는 알코올 발효가 일어나고 있다. 알코올 발효 과정 중 해당 과정에서는 탈수소 반응에 의해 NADH가 생성된다.

07 젖산 발효

예설 | 사람의 근육 세포에서 O₂ 농도가 충분하면 O₂를 이용한 세포 호흡이 일어나고, O₂ 농도가 부족하면 젖산 발효가 일어난다.

㉑. 젖산 발효는 근육 세포 내 O₂ 농도가 부족할 때 일어난다. 구간 I에서는 시간에 따라 젖산 농도가 증가하므로 해당 과정이 일어난다.

㉒. 젖산 발효 중 해당 과정에서는 (나)가 일어나고, 젖산 발효 중 피루브산으로부터 젖산이 생성되는 과정에서는 (다)가 일어난다.

㉓. 구간 I과 II의 근육 세포에서는 모두 해당 과정이 일어나고 있고, 해당 과정에서는 기질 수준 인산화에 의한 (가)가 일어나 ATP가 생성된다.

08 세포 호흡과 발효

예설 | ㉔는 CO₂, ㉕는 NAD⁺, ㉖는 NADH이고, ㉗은 에탄올, ㉘는 젖산, ㉙는 아세트알데하이드, ㉚는 아세틸 CoA이다.

✗ 피루브산이 젖산으로 될 때 NAD⁺가 생성되고, 피루브산이 에탄올이 될 때 CO₂와 NAD⁺가 생성되며, 피루브산이 아세트알데하이드가 될 때 CO₂가 생성된다. 과정 I에서 ㉔와 ㉕가 생성되었으므로 ㉔와 ㉕는 각각 CO₂와 NAD⁺ 중 하나이고, ㉖는 NADH이며, ㉗은 에탄올이다. IV에서 ㉔와 ㉖만 생성되었으므로 ㉘는 아세틸 CoA이다. 1분자의 포도당으로부터 2분자의 아세틸 CoA(㉘)가 생

성될 때 CO₂와 NADH(㉖)가 생성되므로 ㉔는 CO₂이고, ㉕는 NAD⁺이다. ㉘는 젖산, ㉙는 아세트알데하이드이다. 알코올 발효 과정에서 ㉘(아세틸 CoA)과 ㉙(젖산)은 생성되지 않는다.

㉚. 사람의 근육 세포에서는 O₂ 농도가 높을 때 O₂를 이용한 세포 호흡의 일부인 IV가 일어나고, O₂ 농도가 낮을 때 젖산 발효 과정의 일부인 II가 일어난다.

㉛. 1분자의 피루브산이 피루브산의 산화와 TCA 회로를 거칠 때 생성되는 ㉔(CO₂)의 수는 3이고, ㉖(NADH)의 수는 4이다.

맞은 꼴 문제로 유형 익히기

본문 038쪽

정답 ③

해설 | X는 PGAL, Y는 RuBP, Z는 3PG이다. ㉠은 3이고, ㉡은 6이다.

㉠. RuBP(Y)가 3PG(Z)로 전환되는 과정에서 CO₂ 고정이 일어난다.

✕. 5분자의 PGAL(X)이 3분자의 RuBP(Y)로 전환되는 과정에서 사용되는 ATP의 분자 수는 3(㉠)이고, 6분자의 3PG(Z)가 6분자의 PGAL(X)로 전환되는 과정에서 사용되는 ATP의 분자 수와 NADPH의 분자 수는 모두 6(㉡)이다. 따라서 ㉠+㉡=9이다.

㉡. 1분자당 $\frac{\text{인산기 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 PGAL(X)이 $\frac{1}{3}$ 이고 RuBP(Y)가 $\frac{2}{5}$ 이므로 PGAL(X)이 RuBP(Y)보다 작다.

수능 2점 테스트

본문 039~041쪽

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

01 엽록체와 미토콘드리아의 특징

㉠. '그라나를 갖는다.'는 엽록체의 특징이고, 'ATP 합성 효소가 있다.'는 엽록체와 미토콘드리아가 공통적으로 갖는 특징이다. 따라서 ㉠은 'ATP 합성 효소가 있다.'이고, ㉡은 '그라나를 갖는다.'이며, A는 엽록체, B는 미토콘드리아이다.

㉢. 엽록체(A)에서 광합성을 통해 CO₂의 환원이 일어나 포도당이 합성된다.

✕. 빛에너지가 화학 에너지로 전환되는 것은 엽록체(A)에서 일어나며 미토콘드리아(B)에서는 일어나지 않는다.

02 엽록체의 구조와 명반응

해설 | 명반응에서 틸라코이드 막의 전자 전달계를 통해 H⁺이 스트로마에서 틸라코이드 내부로 이동하므로 I은 틸라코이드 내부, II는 스트로마이다.

✕. 스트로마(II)에 리보솜이 있다.

✕. 물의 광분해는 틸라코이드에서 일어나므로 스트로마(II)에서 일어나지 않는다.

㉢. 전자가 전자 전달계를 거치는 동안 H⁺은 스트로마(II)에서 틸라코이드 내부(I)로 능동 수송된다.

03 광합성 색소 분리

해설 | 원점에서 용매 전선이 있는 방향으로 색소가 이동한 거리가 클

수록 전개율이 크며, ㉠은 엽록소 b, ㉡은 엽록소 a, ㉢은 카로틴이다.

㉠. ㉠은 엽록소 b이다.

✕. 원점에서 색소까지의 거리가 클수록 전개율이 크므로 ㉡이 ㉠보다 크다.

㉢. 카로티노이드인 카로틴은 보조 색소에 속한다.

04 흡수 스펙트럼과 작용 스펙트럼

해설 | ㉠은 엽록소 b의 흡수 스펙트럼, ㉡은 P의 작용 스펙트럼, ㉢은 엽록소 a의 흡수 스펙트럼이다.

✕. ㉠은 엽록소 b의 흡수 스펙트럼이다.

㉢. P의 작용 스펙트럼인 ㉡은 빛의 파장에 따른 P의 광합성 속도를 그래프로 나타낸 것이다.

㉢. 파장이 650 nm인 빛에서가 550 nm인 빛에서보다 P의 광합성 속도가 빠르므로 P에서 단위 시간당 생성되는 O₂의 양은 파장이 650 nm인 빛에서가 550 nm인 빛에서보다 많다.

05 엽겔만의 실험과 루벤의 실험

㉠. 호기성 세균인 X는 (가)에서 O₂의 농도가 높은 곳에 모여들었다.

㉢. (가)의 해감에서 단위 시간당 생성되는 O₂의 양은 X가 많이 모여든 청자색인 빛에서가 황색인 빛에서보다 많다.

✕. ㉠은 H₂¹⁸O이 분해되어 생성된 ¹⁸O₂이다.

06 벤슨의 실험

✕. III에서 광합성을 통한 포도당 생성 속도가 증가하였으므로 ㉠은 CO₂이고, ㉡은 빛이다.

㉢. CO₂만 제공된 III에서 포도당이 생성되었으므로 빛만 제공된 II에서 비순환적 전자 흐름(비순환적 광인산화)이 일어나 명반응 산물이 생성되었다.

✕. II에서 생성된 ATP의 일부가 III에서 캘빈 회로 반응에 사용되었으므로 스트로마에서 ATP의 농도는 t₂일 때가 t₁일 때보다 낮다.

07 광합성

해설 | ㉠은 ATP, ㉡은 NADPH, ㉢은 NADP⁺, ㉣은 ADP+P_i이다. (가)는 H₂O, (나)는 O₂, (다)는 CO₂, (라)는 포도당이다.

㉠. ㉠은 ATP이고, ㉡은 NADP⁺이다.

✕. H₂O(가)의 구성 원소에는 탄소가 없고, 포도당(라)의 구성 원소에는 탄소가 있다.

✕. 명반응의 최종 전자 수용체는 NADP⁺(㉢)이다.

08 엽록체의 구조와 광합성

해설 | ㉠과 ㉡은 스트로마이고, ㉢과 ㉣은 틸라코이드 내부이다.

㉠. 스트로마(㉠)에 DNA가 있다.

✕. ㉠은 ㉠이다.

✕. 스트로마(㉠)에서 CO₂가 고정되어 RuBP가 3PG로 전환되는

반응이 일어난다.

09 명반응

×. (가)는 광계 II이고, (나)는 광계 I이다.

㉠. 광계 I(나)의 반응 중심 색소인 P₇₀₀은 700 nm의 빛에서 고에너지 전자를 방출한다.

㉡. 비순환적 전자 흐름(비순환적 광인산화)인 경로 1에서는 ATP와 NADPH가 모두 생성되고, 순환적 전자 흐름(순환적 광인산화)인 경로 2에서는 ATP가 생성된다.

10 캘빈의 실험

㉠. 세포 추출물을 먼저 얻은 순서는 (가), (나), (다)이다. ¹⁴C가 포함된 생성물 중 먼저 생성된 순서는 ㉠, ㉡, ㉢이다.

×. ㉠은 3PG, ㉡은 PGAL, ㉢은 RuBP이므로

1분자당 $\frac{\text{PGAL(㉡)의 인산기 수}}{\text{RuBP(㉢)의 탄소 수}} = \frac{1}{5}$ 이다.

㉡. (다)에서 시료 원점으로부터 1차 전개 방향으로 ㉠~㉢이 이동하면서 1차적으로 분리되었고, 2차 전개 방향으로 ㉠~㉢이 이동하면서 2차적으로 분리되었다. 따라서 (다)의 1차 전개 과정에서 ㉡과 ㉢이 분리되었다.

11 캘빈 회로

예시 | X는 RuBP, Y는 3PG, Z는 PGAL이고, ㉠은 3, ㉡은 6, ㉢은 5이다.

㉠. ㉠+㉡+㉢=3+6+5=14이다.

×. 1분자당 탄소 수는 PGAL(Z)과 3PG(Y)가 같다.

×. 과정 II에서 6분자의 ATP가 사용되고, 과정 I에서 3분자의 ATP가 사용된다.

12 광인산화와 산화적 인산화

㉠. '최종 전자 수용체가 O₂이다.'는 산화적 인산화의 특징이고, '화학 삼투에 의해 ATP가 생성된다.'는 광인산화와 산화적 인산화의 공통적인 특징이다. 따라서 ㉠은 '화학 삼투에 의해 ATP가 생성된다.'이고, ㉡은 '최종 전자 수용체가 O₂이다.'이다.

㉡. 산화적 인산화인 A는 미토콘드리아에서, 광인산화인 B는 엽록체에서 일어난다.

㉢. 산화적 인산화(A)와 광인산화(B)에서 모두 전자 전달계를 따라 전자가 이동할 때 산화 환원 반응이 일어난다.

01 명반응과 pH 변화

×. I은 스트로마, II는 틸라코이드 내부이다. (나)에서 ㉠의 pH가 빛을 공급했을 때 감소하고, 빛을 차단했을 때 증가하였으므로 ㉠은 틸라코이드 내부이다. 따라서 ㉡은 II이다.

㉡. (가)에서 H⁺이 ATP 합성 효소를 통해 틸라코이드 내부(II)에서 스트로마(I)로 이동하는 방식은 축진 확산이다.

×. 빛을 공급했을 때 비순환적 전자 흐름에 의해 NADP⁺에서 NADPH로의 전환이 일어나고, 생성된 NADPH는 캘빈 회로 반응에 사용되므로 스트로마에서 $\frac{\text{NADPH의 양}}{\text{NADP}^+\text{의 양}}$ 은 t₁일 때가 t₂일 때보다 크다.

02 명반응과 ATP 농도 변화

×. 빛이 있을 때 증가하는 ㉠은 ATP이고 감소하는 ㉡은 ADP이다. 1분자당 인산기 수는 ADP(㉡)가 ATP(㉠)보다 적다.

㉡. I은 틸라코이드 내부이고, 엽록체의 리보솜이 있는 II는 스트로마이다. 빛이 있고 명반응이 일어나는 t₁일 때 H⁺ 농도가 낮은 스트로마(II)의 pH가 H⁺ 농도가 높은 틸라코이드 내부(I)의 pH보다 높다.

㉢. t₂일 때 캘빈 회로 반응이 일어나므로 ATP(㉠)에서 ADP(㉡)로의 전환이 스트로마(II)에서 일어난다.

03 캘빈 회로를 구성하는 물질의 농도 변화

㉠. 빛을 차단하면 명반응 산물이 생성되지 않아 RuBP 재생은 감소하지만 CO₂ 고정은 일어나므로 빛을 차단한 직후 급격히 증가하는 ㉠이 3PG이고, 급격히 감소하는 ㉡이 RuBP이다. CO₂ 농도가 감소하면 CO₂ 고정이 감소하고 RuBP 재생은 일어나므로 CO₂ 농도를 감소시킨 직후 급격히 증가하는 ㉢이 RuBP이고, 급격히 감소하는 ㉣이 3PG이다. 따라서 ㉠과 ㉢은 모두 3PG이다.

㉡. 캘빈 회로에서 3PG(㉠)가 RuBP(㉡)로 전환되는 과정에서 3PG 환원과 RuBP 재생이 일어나므로 NADPH가 사용되어 NADP⁺가 생성된다.

㉢. 캘빈 회로에서 RuBP(㉡)가 3PG(㉠)로 전환되는 CO₂ 고정 과정에서 루비스코가 작용한다.

04 ATP의 전환과 물의 광분해

예시 | 반응 (가)는 캘빈 회로에서 일어나고, 반응 (나)는 명반응의 광인산화에서 일어나며, 반응 (다)는 명반응의 비순환적 전자 흐름(비순환적 광인산화)에서 일어난다.

×. 캘빈 회로 반응에서 ATP가 사용되므로 (가)는 스트로마에서 일어나고, 물의 광분해인 (다)는 틸라코이드에서 일어난다.

㉡. 명반응 과정에서 화학 삼투에 의해 ATP가 합성될 때 (나)가 일어난다.

㉢. 1분자의 H₂O로부터 방출된 전자(2e⁻)가 전자 전달계를 거쳐 최종 전자 수용체인 NADP⁺에 전달될 때 1분자의 NADPH가 생성된다.

수능 3점 테스트

본문 042~045쪽

01 ㉡	02 ㉣	03 ㉤	04 ㉣	05 ㉠
06 ㉢	07 ㉢	08 ㉤		

05 캘빈 회로

예설 | I에서 ATP가 사용되지 않으므로 ㉠과 ㉡은 각각 3PG와 RuBP 중 하나이고, ㉢은 PGAL이다. II에서 NADPH가 사용되지 않으므로 ㉠은 RuBP이고, ㉢은 3PG이다.

㉠. 캘빈 회로 반응은 RuBP(㉠) → 3PG(㉡) → PGAL(㉢) 순으로 일어나므로 회로 반응의 방향은 ㉡이다.

✗. PGAL의 일부가 전환되어 포도당이 합성되므로 CO₂ 고정 과정인 I에서는 포도당이 합성되지 않는다.

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

06 탄소 고정 반응

㉠. 빛이 공급된 A의 구간 I에서 순환적 전자 흐름이 일어났다.

✗. A에 빛을 공급하였을 때 NADPH가 생성되었고, ¹⁴CO₂를 공급하였을 때 캘빈 회로 반응에 NADPH가 사용되었다. 따라서 A에서 NADPH의 농도는 t₁일 때가 t₂일 때보다 높다.

㉢. RuBP가 3PG로 전환되는 과정에서는 명반응 산물이 사용되지 않으므로 빛이 공급되지 않은 B에서도 t₂일 때 CO₂ 고정이 일어나 RuBP가 3PG로 전환되는 과정이 일어났다.

07 화학 삼투

㉠. 미토콘드리아에서는 막 사이 공간의 pH가 미토콘드리아 기질의 pH보다 낮을 때, 엽록체에서는 틸라코이드 내부의 pH가 스트로마의 pH보다 낮을 때 화학 삼투에 의한 인산화를 통해 ATP가 생성된다. (라)의 IV에서 틸라코이드 내부는 pH ㉠이고 스트로마는 pH ㉡인데, ATP가 생성되었으므로 ㉠이 ㉡보다 작다.

✗. (라)의 III에서 TCA 회로 반응의 물질이 고갈되어 ATP가 생성되지 않았으므로 산화적 인산화가 일어나지 않았다.

㉢. (라)의 IV에서 틸라코이드 내부(pH ㉠)가 수용액(pH ㉡)보다 pH가 낮으므로 ATP가 화학 삼투에 의한 인산화를 통해 생성되었다.

08 광합성과 pH 변화

㉠. ㉠은 CO₂이고, ㉡은 O₂이며, 물의 광분해에 의해 O₂(㉡)가 생성된다.

✗. 밤에는 광합성 생물에 의한 광합성은 일어나지 않고 세포 호흡에 의한 CO₂ 방출만 일어나며, 생성된 CO₂는 물에 녹았을 때 H⁺ 농도를 증가시켜 pH를 감소시킨다. 따라서 연못물의 pH가 감소하는 II는 밤이고, I은 낮이다.

㉢. 낮(I)일 때 연못물의 pH가 증가하였으므로 광합성 생물의 광합성에 의한 CO₂ 흡수량이 세포 호흡에 의한 CO₂ 방출량보다 많다.

THEME

06

유전 물질

많은 풀 문제로 유형 익히기

본문 047쪽

정답 ①

예설 | ㉡에서 $\frac{G+C}{A+T}$ 이 $\frac{3}{5}$ 이므로 ㉡의 염기 개수는 8의 배수이고,

㉢에서 $\frac{G+C}{A+T}$ 이 $\frac{5}{7}$ 이므로 ㉢의 염기 개수는 12의 배수이다.

㉠과 ㉢의 염기 개수는 서로 같으므로 ㉡과 ㉢의 염기 개수는 8의 배수와 12의 배수를 동시에 만족하는 24의 배수이다. ㉠과 ㉢의 염기 개수가 24의 배수이면서 54개보다 적은 조건을 만족하려면 24개 또는 48개이어야 한다. 만약 ㉠과 ㉢의 염기 개수가 24개라면 ㉠과 ㉢의 염기 개수는 30개이고, 이것은 (가)와 ㉠ 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수가 14개라는 조건을 만족하지 않는다. 따라서 ㉡과 ㉢의 염기 개수는 각각 48개이고,

㉠과 ㉢의 염기 개수는 각각 6개이다. ㉡에서 $\frac{G+C}{A+T}$ 이 $\frac{1}{3}$ 이고,

㉢의 염기 개수는 6개이므로 ㉢의 유라실(U) 개수는 2개이다.

✗. 프라이머 ㉠이 있는 부분이 5' 말단이고, DNA 합성 방향은 5' → 3'이므로 ㉡은 ㉠보다 (가)에 먼저 결합하였다.

㉣. ㉡에서 $\frac{G+C}{A+T}$ 이 $3\left(\frac{3}{1}\right)$ 이고, 유라실(U)의 개수가 2개

이므로 ㉡에서 (A+T+U)의 개수는 3개이고, (G+C)의 개수는 3개이다. 따라서 (나)와 ㉡ 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수는 3(A=T 결합의 개수) × 2(수소 결합의 개수) + 3(G≡C 결합의 개수) × 3(수소 결합의 개수) = 15개이다.

✗. ㉡과 ㉢을 구성하는 (G+C)의 개수와 (A+T+U)의 개수는 ㉠과 ㉢을 구성하는 (G+C)의 개수와 (A+T+U)의 개수와 서로 같고, 다음 표와 같다.

구분	㉠	㉡	㉢	㉣	㉤	㉥
G+C	2	18	1	20	38	3
A+T+U	4	30	5	28	64	3

㉡에서 $\frac{G+C}{A+T} = \frac{38}{64} = \frac{19}{32}$ 이므로 $\frac{G+C}{A+T} > \frac{1}{2}$ 이다.

수능 2점 테스트

본문 048~050쪽

01 ③ 02 ① 03 ⑤ 04 ③ 05 ③

06 ⑤ 07 ④ 08 ⑤ 09 ① 10 ①

11 ④ 12 ①

01 원핵세포와 진핵세포의 유전체 비교

예설 | 일반적으로 진핵세포의 유전체는 원핵세포의 유전체보다 크기가 크다. 진핵세포의 유전체는 선형 DNA 여러 개로 구성되어 있고, 대부분의 원핵세포의 유전체는 원형 DNA 1개로 구성되어 있다. 따라서 (가)는 사람이고, (나)는 대장균이다.

㉠. (가)는 사람이다.

㉠. 사람(가)의 DNA는 히스톤 단백질과 결합하여 뉴클레오솜을 형성한다.

㉡. 대장균(나)의 유전체는 핵막으로 둘러싸여 있지 않고 세포질에 퍼져 있다.

02 DNA 추출 실험

㉠. 소금-세제액(㉠)에 포함된 세제의 계면 활성 성분은 세포막과 핵막의 인지질을 녹이므로 소금-세제액은 세포막과 핵막을 파괴하여 DNA 추출을 용이하게 한다.

㉡. 차가운 에탄올(㉡)은 DNA에 결합된 단백질을 녹이는 것이 아니라 물과 에탄올의 경계 부분에 DNA가 흰 실 모양의 물질로 잘 엉기게 하기 위해 사용하는 물질이다.

㉢. DNA(㉢)는 퓨린 계열 염기(A, G)와 피리미딘 계열 염기(T, C)가 상보적으로 결합한다.

03 에이버리의 실험

예설 | 살아 있는 ㉠을 쥐에게 주사하면 쥐는 죽는다고 하였으므로 ㉠은 병원성이 있는 S형 균이고, ㉡은 병원성이 없는 R형 균이다. 열처리로 죽은 ㉠(S형 균)의 추출물에 ㉡를 처리한 후 살아 있는 ㉢(R형 균)과 혼합하여 배양하였더니 살아 있는 ㉢(S형 균)이 관찰되었다. 이것은 열처리로 죽은 S형 균의 DNA가 살아 있는 R형 균을 S형 균으로 형질 전환시켰기 때문이다. 열처리로 죽은 ㉠(S형 균)의 추출물에 ㉡를 처리하더라도 S형 균의 DNA는 여전히 존재하였으므로 ㉡는 단백질 분해 효소임을 알 수 있다.

㉠. ㉡은 병원성이 없는 R형 균이다.

㉢. ㉡는 단백질 분해 효소이다.

㉣. I에는 형질 전환을 일으키는 물질인 DNA가 있다.

04 허시와 체이스의 실험

예설 | ^{32}P 은 박테리오파지의 DNA를, ^{35}S 은 박테리오파지의 단백질을 표지한다. 박테리오파지가 대장균을 감염시킬 때 파지의 DNA가 대장균 내로 들어간다. 따라서 시험관 A의 침전물에서 방사선이 검출되고, 시험관 B의 상층액에서 방사선이 검출된다.

㉠. 상층액에서 방사선이 검출된 I이 B이고, 침전물에서 방사선이 검출된 II가 A이다.

㉢. ^{32}P 은 파지의 DNA를 표지하는 데 이용된다.

㉣. ㉠이 대장균을 감염시킬 때 DNA만 대장균 내로 들어가고, 단백질은 들어가지 않으므로 B의 대장균에는 ㉠의 단백질이 존재하지 않는다.

05 DNA의 구조와 염기 조성

예설 | ㉠과 ㉡은 2개의 수소 결합을 하고 있고, ㉢과 ㉣은 3개의 수소 결합을 하고 있으므로 ㉠이 타이민(T), ㉡이 아데닌(A), ㉢이 사이토신(C), ㉣이 구아닌(G)이다.

㉠. 이중 가닥 DNA에서 퓨린 계열 염기와 피리미딘 계열 염기가 상보적으로 결합하므로 퓨린 계열 염기와 피리미딘 계열 염기의 함량은 각각 50%이다.

㉢. I에서 퓨린 계열 염기의 개수가 60개이므로 I을 구성하는 염기의 총개수는 120개이다. I과 II에서 염기쌍의 수가 같으므로 I과 II는 모두 60개의 염기쌍으로 이루어져 있다.

㉣. 같은 수의 염기쌍으로 이루어진 DNA에서 GC 염기쌍의 수가 많을수록 수소 결합의 총개수가 많고, 더 높은 온도에서 단일 가닥으로 완전히 분리된다. II에서는 I에서보다 더 높은 온도에서 단일 가닥으로 분리되므로 II에서가 I에서보다 ㉢과 ㉣의 비율은 높고, ㉠과 ㉡의 비율은 낮음을 알 수 있다. 따라서 ㉢의 염기 비율은 I에서가 II에서보다 높다.

06 DNA의 구성

예설 | X는 240개의 염기쌍으로 구성되어 있고, I에서 T와 C의 개수를 더하면 130개이므로 I에서 A와 G의 개수를 더하면 110개이다. II에서 A와 T의 개수가 같으므로 I에서 A와 T의 개수도 같다. I에서 A와 T의 개수를 각각 x , C의 개수를 y , G의 개수를 z 라 가정하면 $x(\text{T의 개수}) + y(\text{C의 개수}) = 130$, $x(\text{A의 개수}) + z(\text{G의 개수}) = 110$, $\frac{x(\text{T의 개수})}{y(\text{C의 개수}) + z(\text{G의 개수})} = \frac{1}{4}$ 로 식을 세울 수 있다.

이를 계산하면 $x=40$, $y=90$, $z=70$ 이므로 I에서 A와 T의 개수는 각각 40개이고, C의 개수는 90개이고, G의 개수는 70개이다.

㉠. I에서 아데닌(A)의 개수는 40개이다.

㉢. II에서 $\frac{G+C}{A+T} = \frac{90+70}{40+40} = 2$ 이다.

㉣. X에서 $A=T$ 결합의 개수는 80개이고, $G=C$ 결합의 개수는 160개이므로, X에서 염기 간 수소 결합의 총개수는 $80(A=T \text{ 결합의 개수}) \times 2(\text{수소 결합의 개수}) + 160(G=C \text{ 결합의 개수}) \times 3(\text{수소 결합의 개수}) = 640$ 개이다.

07 DNA의 구조

예설 | $\frac{\text{㉢} + \text{㉣}}{\text{㉠} + \text{㉡}}$ 이 1이 아니므로 ㉠은 ㉢과, ㉡은 ㉣과 상보적인 염기이다. X를 만들 때 ㉠과 ㉡은 각각 10개의 부품이 사용되고, ㉢과 ㉣은 각각 15개의 부품이 사용된다. 만약 ㉠과 ㉡이 각각 아데닌(A)과 타이민(T) 중 하나라면 X를 만들 때 필요한 수소 결합 막대 부품의 총개수는 65개이고, ㉠과 ㉡이 각각 구아닌(G)과 사이토신(C) 중 하나라면 X를 만들 때 필요한 수소 결합 막대 부품의 총개수는 60개이다. 표에서 준비한 수소 결합 막대 부품의 개수가 60개이므로 ㉠과 ㉡은 각각 구아닌(G)과 사이토신(C) 중 하나이고, ㉢과 ㉣은 각각 아데닌(A)과 타이민(T) 중 하나이다.

㉣. ㉠은 구아닌(G)과 사이토신(C) 중 하나이다.

㉢. ㉢과 ㉣은 각각 아데닌(A)과 타이민(T) 중 하나이므로 ㉣은 ㉢과 상보적인 염기이다.

㉣. X를 만들 때 구아닌(G)과 사이토신(C) 부품을 각각 10개씩 사용하였으므로 X에서 구아닌(G)과 사이토신(C)을 연결한 수소 결합 막대 부품의 총개수는 30개이다.

08 DNA의 구성

예설 | DNA X의 단일 가닥 I과 II의 염기는 서로 상보적으로 결합하고, I과 II에서 상보적인 염기의 개수는 서로 같다. 따라서 ㉠은 ㉡과 상보적으로 결합하고, ㉢은 ㉡과 상보적으로 결합한다. II에서 ㉢의 함량은 25%이므로 $\frac{\text{㉢}}{15 + \text{㉢} + 35 + 10} \times 100 = 25(\%)$ 이다. ㉢은 20이고, I과 II에서 염기의 총개수는 각각 80개이다. (가)를 완성하면 다음과 같다.

구분	DNA 가닥		
		I	II
염기 조성 (개)	㉠	35	(15)
	㉢	(10)	(20)
	㉡	15	(35)
	㉣	(20)	10

A와 T 사이의 수소 결합의 개수는 2개, G와 C 사이의 수소 결합의 개수는 3개이다. X는 총 80개의 염기쌍으로 구성되고, X에서 염기 간 수소 결합의 총개수는 210개이다. $A=T$ 결합의 수를 x , $G=C$ 결합의 수를 y 라고 하면, $2x+3y=210$ 이다. 만약 ㉠과 ㉢이 $A=T$ 결합을, ㉡과 ㉣이 $G=C$ 결합을 이룬다면 $50(A=T \text{ 결합의 수}) \times 2 + 30(G=C \text{ 결합의 수}) \times 3 = 190$ 이다. 이는 조건에 맞지 않으므로 ㉠과 ㉢은 $G=C$ 결합을, ㉡과 ㉣은 $A=T$ 결합을 이룬다.

퓨린 계열 염기는 A와 G이고, 피리미딘 계열 염기는 C와 T이다. I에서 $\frac{\text{피리미딘 계열 염기의 개수}}{\text{퓨린 계열 염기의 개수}} = \frac{5}{11}$ 이고, I에서 염기의 총개수가 80개이므로 피리미딘 계열 염기의 개수는 25개이고, 퓨린 계열 염기의 개수는 55개이다. 따라서 ㉠은 G, ㉢은 T, ㉡은 C, ㉣은 A이다.

✗. ㉢은 타이민(T)이다.

㉡. II에서 $\frac{G}{C} = \frac{\text{㉠}}{\text{㉢}} = \frac{3}{7}$ 이다.

㉣. X에서 염기의 총개수는 160개이다.

09 메셀슨과 스탈의 실험

예설 | 2세대 대장균(G_2) 또는 3세대 대장균(G_3)의 DNA를 원심 분리한 결과 DNA가 중층과 하층에 존재하는 것으로 보아 ㉠은 ^{14}N , ㉢은 ^{15}N 이다.

㉡. ㉠은 ^{14}N 이다.

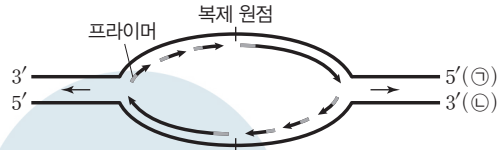
✗. $\frac{^{14}\text{N}-^{15}\text{N DNA 분자 수}}{^{15}\text{N}-^{15}\text{N DNA 분자 수}}$ 는 4세대(G_4)에서 $\frac{1}{7}$ 이고, 5세대(G_5)에서 $\frac{1}{15}$ 로, 4세대(G_4)에서가 5세대(G_5)에서보다 크다. 따라서 ㉢은 5세대(G_5)이고, ㉡은 4세대(G_4)이다.

✗. I에서 $^{14}\text{N}-^{15}\text{N DNA}$ 와 III에서 $^{15}\text{N}-^{15}\text{N DNA}$ 는 같은 DNA를 복제한 것이므로 모든 띠에 있는 DNA 염기 서열은 같다.

따라서 $\frac{A+T}{G+C}$ 의 값은 같다.

10 DNA 복제 과정에서 선도 가닥과 지연 가닥

예설 | 복제 원점에서 양방향으로 DNA 가닥이 풀리면 주형 가닥에 상보적인 염기 서열을 가진 RNA 프라이머가 결합하고, DNA 중합 효소가 프라이머의 3' 말단에 새로운 뉴클레오타이드를 연결하면서 새로운 DNA 가닥이 합성된다.



㉠. 새로 합성되는 가닥은 5' → 3' 방향으로 신장되므로 ㉠은 5' 말단이다.

✗. 이중 나선 DNA에서 두 단일 가닥은 서로 방향이 반대이므로 한쪽은 DNA가 풀어지는 방향으로 연속적으로 합성되고, 다른 한쪽은 불연속적으로 작은 조각의 DNA가 만들어진 다음 연결된다. DNA 복제 시 새로 합성되는 가닥은 5' → 3' 방향으로 길어지므로 ㉢가 ㉡보다 먼저 합성되며, 이후 DNA 연결 효소에 의해 연결된다.

✗. 프라이머는 짧은 RNA 조각이며, RNA는 당으로 리보스를 가진다.

11 DNA의 구성

예설 | 가닥 I과 II는 각각 150개의 염기로 구성되어 있고, 이 DNA에서 $\frac{G+C}{A+T} = \frac{2}{3} = \frac{60}{90}$ 이므로 I에서 A+T의 함량은 60%이고, G+C의 함량은 40%이다. II에서 G의 개수가 45개이므로 I에서 C의 개수는 45개이고, C의 함량은 30%, G의 함량은 10%이다. ㉠은 하나의 고리 구조를 가지므로 C와 T 중 하나이고, ㉢은 두 개의 고리 구조를 가지므로 A와 G 중 하나이다. I에서 $\frac{\text{㉠}}{C} = \frac{2}{3}$ 이므로 ㉠은 A이고, I에서 A의 함량은 20%, T의 함량은 40%이다. 따라서 ㉡은 C이다.

구분	DNA 가닥		
		I	II
염기 조성 (함량)	G	10%	30%
	C(㉢)	30%	10%
	A(㉠)	20%	40%
	T	40%	20%

㉡. ㉠은 사이토신(C)이다.

✗. I에서 ㉠(A)의 함량은 20%이므로 ㉠(A)의 개수는 $150 \times \frac{20}{100} = 30$ (개)이다.

㉣. 퓨린 계열 염기는 A와 G이고, 피리미딘 계열 염기는 C와 T이다. II에서 퓨린 계열 염기의 함량은 70%이다.

12 DNA의 복제

예설 | ㉠과 ㉢은 지연 가닥이고, ㉡은 선도 가닥이다. X와 Z의 염기 서열이 서로 다르므로 X는 유라실(U)이 있는 프라이머임을 알 수 있다. 따라서 복제의 진행 방향은 ㉢ 방향이다.

✗. Y는 프라이머가 아니므로 유라실(U)을 가진 뉴클레오타이드가

없다.

㉠. ㉠은 지연 가닥이고 X가 프라이머이므로 ㉠이 ㉠보다 먼저 합성되었다.

✗. 선도 가닥(㉠)을 합성하는 DNA 중합 효소는 복제의 진행 방향인 ㉠ 방향으로 이동한다.

수능 3점 테스트 본문 051~053쪽

01 ㉠	02 ㉠	03 ㉠	04 ㉠	05 ㉠
06 ㉢				

01 원핵세포와 진핵세포의 비교

예설 | (가)에는 플라스미드가 없고, (나)에는 플라스미드가 있으므로 (가)는 사람이고, (나)는 대장균이다.

- ㉠. 사람(가)에는 히스톤 단백질이 있으므로 ㉠은 'O'이다.
- ㉠. 대장균(나)의 유전체에는 오페론이 있다.
- ㉠. 플라스미드는 대장균(나) 내에 존재하는 원형의 DNA로, 플라스미드를 구성하는 당은 디옥시리보스이다.

02 페렴 쌍구균을 이용한 형질 전환 실험

예설 | (나)에서 효소 활성을 제거한 배양액 I과 III을 살아 있는 ㉠과 함께 생쥐에 주사했을 때 생쥐가 살았으므로 생쥐 A와 C에는 R형 균이 있고, (나)에서 효소 활성을 제거한 배양액 II를 살아 있는 ㉠과 함께 생쥐에 주사했을 때 생쥐가 죽었으므로 생쥐 B에는 S형 균이 있다. 따라서 ㉠은 S형 균, ㉠은 R형 균이고, 생쥐 B에서는 배양액 II에 의해 살아 있는 ㉠(R형 균)이 ㉠(S형 균)으로 형질 전환이 일어나 생쥐 B가 죽은 것이다. 이를 통해 생쥐 B에 주사한 배양액 II에는 DNA 분해 효소가 없음을 알 수 있다.

배양액 II에 첨가한 효소는 ㉠과 ㉠이므로 ㉠과 ㉠은 모두 DNA 분해 효소가 아니다. 배양액 I과 III에 공통적으로 효소 ㉠을 첨가하고 효소 활성을 제거한 후, 살아 있는 ㉠과 함께 생쥐에 주사했을 때 생쥐 A와 C가 생존하였으므로 ㉠이 ㉠(S형 균)의 DNA를 분해시켰음을 알 수 있다. 따라서 ㉠이 DNA 분해 효소이다.

✗. ㉠은 다당류 분해 효소, RNA 분해 효소 중 하나이다. DNA를 분해하는 효소는 ㉠이다.

㉠. S형 균(㉠)과 R형 균(㉠)은 진정세균이며, 진정세균의 세포벽에는 펩티도글리칸이 있다.

㉠. 생쥐 B에는 R형 균에서 S형 균으로 형질이 전환된 페렴 쌍구균이 있다.

03 DNA의 복제

예설 | I은 염기 24개로 이루어져 있고, $\frac{A+G}{T+C} = \frac{3}{8} = \frac{6}{16}$ 이므로

I의 프라이머인 ㉠은 U을 2개 가지고, ㉠의 주형 가닥은 A을 2개 가지고 있다.

만약 제시된 자료의 염기 서열이 X₂의 염기 서열이고, ㉠과 상보적인 염기를 ㉠, ㉠과 상보적인 염기를 ㉠이라고 하면 X₁의 염기 서열은 다음과 같다.



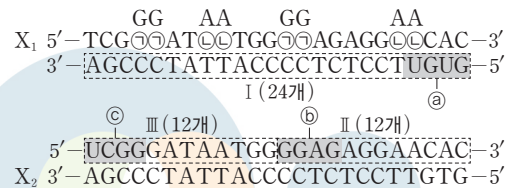
위 그림(X₁의 염기 서열)에서 (나)의 끝에 위치한 연속된 4개의 염기가 A을 2개 가질 수 있지만 ㉠이 A, G, C 3종류의 염기로 구성되므로 모순이 발생한다. 따라서 제시된 자료의 염기 서열은 X₁의 염기 서열이다.

X₁에서 (나)의 끝에 위치한 연속된 4개의 염기가 A을 2개 가질 수 있으므로 ㉠이 A이고, (나)의 끝에서 DNA 복제가 시작되므로 (가)가 5' 말단, (나)가 3' 말단이다.



X₂의 3' 말단에 위치한 연속된 4개의 염기가 3'-AGC㉠-5'이고, 3종류의 염기로 구성된 ㉠의 주형 가닥이므로 ㉠은 A, G, C 중 하나이다. X₂의 3' 말단으로부터 13번째 염기에서 연속된 4개의 염기가 3'-㉠㉠TC-5'이고, 2종류의 염기로 구성된 ㉠의 주형 가닥이므로 ㉠은 T과 C 중 하나이다. ㉠이 C이므로 ㉠은 G이다.

X₁, X₂와 I ~ III의 염기 서열은 그림과 같다.



- ㉠. (가)는 5' 말단이다.
- ㉠. X를 구성하는 염기 중 구아닌(G)은 13개이다.
- ㉠. II와 III은 지연 가닥이므로 II가 III보다 먼저 합성되었다.

04 DNA 복제 가설

예설 | ¹⁵N가 들어 있는 배양액에서 G₀을 배양하였고, 이 대장균을 ¹⁴N가 들어 있는 배양액으로 옮겨 G₁과 G₂를 얻었으며, G₂를 ¹⁵N가 들어 있는 배양액으로 옮겨 G₃~G₅를 얻었다. 각 세대별로 전체 DNA 중 특정 DNA가 차지하는 비율을 나타내면 표와 같다.

구분	¹⁵ N		¹⁴ N		¹⁵ N	
	G ₀	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅
상층(¹⁴ N- ¹⁴ N)	0	0	1	0	0	0
중층(¹⁴ N- ¹⁵ N)	0	1	1	3	3	3
하층(¹⁵ N- ¹⁵ N)	1	0	0	1	5	13

㉠. 보존적 가설이 맞다면 G₁의 DNA를 추출하여 원심 분리하였을 때, 상층과 하층에 DNA가 존재해야 하지만 그렇지 않았으므로 보존적 가설은 폐기되었다. 따라서 ㉠은 보존적 가설이다.

✗. G₂의 전체 DNA 중 하층(¹⁵N-¹⁵N)에 존재하는 DNA의 비율은 0%이다.

✗. G₅에서 DNA를 추출하여 원심 분리하였을 때,

$\frac{\text{중층의 DNA 양}}{\text{하층의 DNA 양}} = \frac{3}{13}$ 이다.

05 DNA의 복제

예설 | 프라이머 X와 주형 가닥 사이의 염기 간 수소 결합의 개수가 16개이고, X는 6개의 염기로 구성된다. X를 구성하는 염기 중 2개의 수소 결합을 하는 염기의 개수를 x , 3개의 수소 결합을 하는 염기의 개수를 y 라고 하면 $x+y=6$ 이고, $2x+3y=16$ 이다. 따라서 x 는 2개, y 는 4개이다. 프라이머(RNA) X와 ⊖(DNA)의 염기 서열이 동일하므로 X와 ⊖은 각각 A 2개와 G(또는 C) 4개로 이루어져 있고, U과 T는 없다. Y는 X와 상보적인 염기 서열을 가지므로 U 2개와 C(또는 G) 4개로 이루어져 있다. Z는 ⊖과 상보적인 염기 서열을 가지므로 U 2개와 C(또는 G) 4개로 이루어져 있다.

I을 구성하는 염기는 4종류이고, ⊕은 2종류의 염기로만 구성되어 있는데, X가 A과 G(또는 C)을 가지므로 ⊕은 T과 C(또는 G)으로 이루어져 있다. II를 구성하는 염기는 4종류인데, Y는 U과 C(또는 G)을 가지고, ⊖은 A과 G(또는 C)을 가지므로 II에는 T이 없다. ⊕에서 $\frac{A+T}{C} = \frac{2}{7}$ 인데, II에는 T이 없으므로 ⊖은 A과 C으로 이루어져 있다.

I에서 $\frac{A+T}{G+C} = \frac{2}{3} = \frac{12}{18}$ 이므로 ⊕은 T 10개와 C(또는 G) 14개

로 이루어져 있다. III에서 $\frac{A+T}{G+C} = \frac{9}{20} = \frac{18}{40}$ 이므로 III에서 ⊖과 상보적인 염기 서열은 T 4개와 G 14개로 이루어져 있다. 따라서 ⊖은 A 4개와 C 14개로 이루어져 있다.

✕. II가 I보다 먼저 합성되었다.

㉠. ⊕과 ⊖은 A=T 염기쌍 4개와 G≡C 염기쌍 14개로 이루어지므로 ⊕과 ⊖ 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수는 50개이다.

✕. I과 II의 염기 서열에서 U을 T으로 바꾸면 ⊕의 염기 서열과 동일하다. I과 II에서 C과 G의 개수를 더하면 40개이고, T은 10개, U은 2개이다. 따라서 ⊕에서 $\frac{T}{C+G} = \frac{12}{40} = \frac{3}{10}$ 이다.

06 DNA의 구조와 전사

예설 | X₁에서 구아닌(G)의 개수가 130개이므로 X₂에서 사이토신(C)의 개수는 130개이다. 만약 ㉑가 T+C이고, ㉒가 A+G라고 한다면 X₂에서 $\frac{㉒}{㉑} = \frac{A+G}{T+C} = \frac{3}{5}$ 이고, 타이민(T)의 개수가 80개이므로 T+C=80+130=210이다. $\frac{㉒}{㉑} = \frac{A+G}{T+C} = \frac{3}{5} = \frac{126}{210}$ 이므로 X₁과 X₂의 염기 개수는 각각 336개이다. Y₁에서 사이토신(C)의 개수가 220개이므로 Y₂에서 구아닌(G)의 개수는 220개이다. Y₂에서 $\frac{㉒}{㉑} = \frac{A+G}{T+C} = \frac{1}{3} = \frac{84}{252}$ 인데, 구아닌(G)의 개수가 220개이므로 조건에 맞지 않는다. 따라서 ㉑가 A+G이고, ㉒가 T+C이다.

X₂에서 $\frac{㉒}{㉑} = \frac{T+C}{A+G} = \frac{3}{5}$ 이고, T+C=210이므로 X₁과 X₂의 염기 개수는 각각 560개이고, Y₁, Y₂, Z의 염기 개수도 각각 560개이다. Y₂에서 아데닌(A)의 개수는 타이민(T)의 개수의 2배이므로 타이민(T)의 개수를 x 개라 하면 아데닌(A)의 개수는 $2x$ 개이다. Y₂에서 $\frac{㉒}{㉑} = \frac{T+C}{A+G} = \frac{1}{3}$ 이고, A+G+T+C=560이므로 $\frac{x+C}{2x+220}$

$= \frac{140}{420}$ 이다. 따라서 $x=100$, C=40이다. 이를 바탕으로 X, Y에서 염기 수를 정리하면 다음과 같다.

구분	DNA		DNA	
	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂
G	130	?	40	220
C	?	130	220	40
A	80	?	100	200
T	?	80	200	100

Z에서 $\frac{G}{U} = \frac{1}{2}$ 이므로 주형 가닥에서 $\frac{C}{A} = \frac{1}{2}$ 이다. 따라서 Y₁과 Y₂는 주형 가닥이 아니다. Z에서 사이토신(C)의 개수는 아데닌(A)의 개수보다 많으므로 주형 가닥에서 구아닌(G)의 개수는 타이민(T)의 개수보다 많아야 한다. X₁이 주형 가닥이라면 X₁에서 아데닌(A)의 개수가 80개이므로 사이토신(C)의 개수는 40개이다. X₁의 염기 개수는 560개이므로 타이민(T)의 개수는 310개이다. X₁에서 구아닌(G)의 개수는 130개이고, 타이민(T)의 개수는 310개이므로 조건에 맞지 않는다. X₂가 주형 가닥이라면 X₂에서 사이토신(C)의 개수가 130개이므로 아데닌(A)의 개수는 260개이다. X₂에서 염기 개수는 560개이므로 구아닌(G)의 개수는 90개이다. X₂에서 구아닌(G)의 개수는 90개이고, 타이민(T)의 개수는 80개이므로 조건에 맞는다. 따라서 Z의 주형 가닥은 X₂이다. 이를 바탕으로 X, Y, Z에서 염기 수를 정리하면 다음과 같다.

구분	DNA		DNA		mRNA
	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂	Z
G	130	90	40	220	130
C	90	130	220	40	90
A	80	260	100	200	80
T	260	80	200	100	0
U	0	0	0	0	260

㉠. Y₂에서 $\frac{A}{C} = \frac{200}{40} = 5$ 이다.

✕. Z가 만들어질 때 주형으로 사용된 DNA 가닥은 X₂이다.

㉠. X₁에서 G+C=220이고, A+T=340이므로 X에서 염기 간 수소 결합의 총개수는 1340개이다.

THEME

07

유전자 발현

많은 꿀 문제로 유형 익히기

본문 055쪽

정답 ③

해설 | mRNA인 y 에서 T의 개수가 0개이므로 T은 ㉠과 ㉡ 중 하나이고, ㉢와 ㉣ 중 하나는 0이다. y 에서 $\frac{㉠}{㉢} = \frac{3}{7}$ 이므로 ㉢와 ㉠은 0이 될 수 없다. 따라서 ㉢는 0, ㉠은 T이다. x 에서 $\frac{㉠+㉡}{㉤+㉥} = \frac{4}{9}$ 이므로 (㉠+㉡)과 (㉤+㉥)은 각각 (A+T)과 (G+C) 중 하나이다. ㉡이 T이므로 ㉠은 A이고, ㉤과 ㉥은 각각 G과 C 중 하나이다. x 에서 염기 간 수소 결합의 총개수가 315개이고, A=T 결합의 수를 a , G=C 결합의 수를 b 라고 하면, $2a+3b=315$ 이다. x_1 과 x_2 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수는 y 의 주형 가닥과 y 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수와 같으므로 a 는 $(21+㉠)$, b 는 $(46+㉢)$ 이다. $2(21+㉠)+3(46+㉢)=315$ 이고, y 에서 $\frac{㉠}{㉢} = \frac{3}{7}$ 이므로 ㉢는 35, ㉠

은 15이다. y 의 전사 주형 가닥에서 피리미딘 계열 염기(C, T)의 개수는 퓨린 계열 염기(A, G)의 개수보다 많으므로 y 에서 피리미딘 계열 염기(U, C)의 개수는 퓨린 계열 염기(A, G)의 개수보다 적다. 따라서 ㉤은 C이고, ㉥은 G이다. 만약 x_1 이 y 의 전사 주형 가닥이라면 x_1 에서 $\frac{C}{T} > \frac{G}{A}$ 이므로 y 에서 $\frac{C}{U} < \frac{G}{A}$ 이다. 이것은 $\frac{35}{15} < \frac{46}{21}$ 이 되어 모순이다. 만약 x_2 가 전사의 주형 가닥이라면 x_1 에서 $\frac{C}{T} > \frac{G}{A}$ 이므로 x_2 에서 $\frac{C}{T} < \frac{G}{A}$ 이고, y 에서 $\frac{C}{U} > \frac{G}{A}$ 이다. 이것은 $\frac{35}{15} > \frac{46}{21}$ 이 되어 조건에 부합한다. 따라서 y 의 전사 주형 가닥은 x_2 이다.

㉠. x 를 구성하는 염기쌍의 개수는 y 의 염기 수를 모두 더한 개수와 같으므로 $21+0(㉢)+35(㉢)+46+15(㉠)=117$ (개)이다.

㉡. ㉢은 구아닌(G)이다.

㉢. y 는 x_2 로부터 전사되었다.

㉣. x_1 이 y 의 전사 주형 가닥이라면 x_1 에서 $\frac{C}{T} > \frac{G}{A}$ 이므로 y 에서 $\frac{C}{U} < \frac{G}{A}$ 이다. 이것은 $\frac{35}{15} < \frac{46}{21}$ 이 되어 모순이다. 만약 x_2 가 전사의 주형 가닥이라면 x_1 에서 $\frac{C}{T} > \frac{G}{A}$ 이므로 x_2 에서 $\frac{C}{T} < \frac{G}{A}$ 이고, y 에서 $\frac{C}{U} > \frac{G}{A}$ 이다. 이것은 $\frac{35}{15} > \frac{46}{21}$ 이 되어 조건에 부합한다. 따라서 y 의 전사 주형 가닥은 x_2 이다.

㉤. x 를 구성하는 염기쌍의 개수는 y 의 염기 수를 모두 더한 개수와 같으므로 $21+0(㉢)+35(㉢)+46+15(㉠)=117$ (개)이다.

㉥. ㉢은 구아닌(G)이다.

㉦. y 는 x_2 로부터 전사되었다.

㉧. x_1 이 y 의 전사 주형 가닥이라면 x_1 에서 $\frac{C}{T} > \frac{G}{A}$ 이므로 y 에서 $\frac{C}{U} < \frac{G}{A}$ 이다. 이것은 $\frac{35}{15} < \frac{46}{21}$ 이 되어 모순이다. 만약 x_2 가 전사의 주형 가닥이라면 x_1 에서 $\frac{C}{T} > \frac{G}{A}$ 이므로 x_2 에서 $\frac{C}{T} < \frac{G}{A}$ 이고, y 에서 $\frac{C}{U} > \frac{G}{A}$ 이다. 이것은 $\frac{35}{15} > \frac{46}{21}$ 이 되어 조건에 부합한다. 따라서 y 의 전사 주형 가닥은 x_2 이다.

㉨. x 를 구성하는 염기쌍의 개수는 y 의 염기 수를 모두 더한 개수와 같으므로 $21+0(㉢)+35(㉢)+46+15(㉠)=117$ (개)이다.

㉩. ㉢은 구아닌(G)이다.

㉪. y 는 x_2 로부터 전사되었다.

01 1유전자 1호소설

해설 | 만약 유전자 a 에 돌연변이가 일어났다면 최소 배지에 오르니틴과 시트룰린을 각각 첨가하는 경우 붉은빵곰팡이는 모두 성장한다. 만약 유전자 b 에 돌연변이가 일어났다면 최소 배지에 오르니틴을 첨가하는 경우에는 붉은빵곰팡이가 성장하지 못하고, 최소 배지에 시트

룰린을 첨가하는 경우에는 붉은빵곰팡이가 성장한다. 만약 유전자 c 에 돌연변이가 일어났다면 최소 배지에 오르니틴과 시트룰린을 각각 첨가하는 경우 붉은빵곰팡이는 모두 성장하지 못한다. 따라서 돌연변이주 I은 유전자 b 에, 돌연변이주 II는 유전자 a 에 돌연변이가 일어난 붉은빵곰팡이이고, ㉠은 오르니틴, ㉡은 시트룰린이다.

㉢. ㉠은 오르니틴이다.

㉣. I은 유전자 b 에 돌연변이가 일어난 붉은빵곰팡이이다.

㉤. II는 유전자 a 에 돌연변이가 일어난 붉은빵곰팡이이므로 최소 배지에서 II를 배양하였을 때 오르니틴(㉠), 시트룰린(㉡), 아르지닌이 모두 합성되지 않는다.

02 유전 정보의 중심 원리

해설 | 유전 물질인 DNA는 복제되며, 형질이 발현될 때 DNA의 유전 정보가 mRNA로 전달되고, 이 mRNA가 세포질에서 폴리펩타이드 합성에 이용된다. (가)는 DNA 복제, (나)는 전사, (다)는 번역이다.

㉠. DNA 복제에는 프로모터가 관여하지 않는다. 프로모터는 전사(나) 과정에서 RNA 중합 효소가 결합하는 DNA의 특정 염기 서열이다.

㉡. 전사(나) 과정은 핵에서 일어난다.

㉢. 번역(다) 과정에 리보솜이 관여한다.

03 전사와 번역

해설 | 만약 DNA의 단일 가닥 중 I이 전사의 주형 가닥이라면 류신을 지정하는 코돈이 A으로 시작해야 하는데, 이는 조건에 맞지 않는다. 따라서 DNA의 단일 가닥 중 II가 전사의 주형 가닥으로 이용되었고, mRNA III의 염기 서열은



㉠. II가 전사의 주형 가닥이므로 ㉡의 코돈은 CAU이다. ㉢는 메싸이오닌이 아니다.

㉣. ㉠은 타이민(T), ㉡은 구아닌(G)이므로 ㉢은 피리미딘 계열, ㉣은 퓨린 계열 염기이다.

㉤. III의 전사 주형 가닥은 II이다.

04 RNA의 종류

해설 | ㉠은 rRNA, ㉡은 mRNA, ㉢은 tRNA이다.

㉣. 리보솜의 소단위체에는 mRNA(㉡)와 결합하는 부위가 있다.

㉤. tRNA(㉢)는 mRNA(㉡)의 코돈과 상보적으로 결합하는 안티 코돈을 가진다.

㉥. rRNA(㉠), mRNA(㉡), tRNA(㉢)는 모두 핵에 있는 DNA로부터 전사되고, 세포질에 위치한 리보솜(rRNA 포함)에 mRNA와 tRNA가 결합하여 번역이 일어나므로 rRNA(㉠), mRNA(㉡), tRNA(㉢)는 각각 핵과 세포질에 모두 존재한다.

05 RNA의 종류

해설 | ㉠은 tRNA, ㉡은 rRNA, ㉢은 mRNA이다.

㉣. ㉡은 리보솜을 구성하는 rRNA로 인에서 합성된다.

수능 2점 테스트 본문 056~058쪽

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

- ㉠ 번역 개시 과정에서 mRNA(㉡)는 리보솜 소단위체(㉢)와 결합한다. 이후 mRNA(㉡)의 개시 코돈(AUG)에 메싸이오닌이 붙어 있는 tRNA(㉣)가 결합한다. 마지막으로 리보솜의 대단위체(㉤)가 결합하면 완전한 리보솜이 형성된다.
- ㉥ mRNA(㉡)의 코돈은 tRNA(㉣)의 안티코돈과 상보적으로 결합한다.

06 염기 조성 비율

예설 | I의 ㉠과 II의 ㉣의 비율이 모두 15로 같고, II의 ㉠과 III의 ㉡의 비율이 모두 26으로 같으므로 ㉠은 ㉡과 상보적인 염기이고, ㉣은 ㉡과 상보적인 염기이다. III는 II와 상보적인 염기 서열을 가지므로 III에서 ㉠은 21, ㉣은 38, ㉥은 15이다. III에서 $\frac{C}{G} = \frac{5}{7}$ 이고, ㉠은 퓨린 계열의 염기이므로 ㉠은 G, ㉣은 A, ㉥은 C, ㉡은 T이다. III에 유라실(U)이 없으므로 II와 III는 DNA X를 구성하는 단일 가닥이고, I은 II로부터 전사된 mRNA이다. 주어진 염기 조성을 토대로 표를 완성하면 다음과 같다.

구분	염기 조성(%)					계
	㉠(G)	㉣(A)	㉥(C)	㉡(T)	U	
I	?(21)	?(38)	15	?(0)	㉡(26)	100
II	15	26	㉥(21)	38	?(0)	100
III	?(21)	?(38)	?(15)	26	0	100

- ㉠ ㉡은 타이민(T)이다.
- ㉣ ㉡는 26이고, ㉥는 21이므로 ㉡+㉥=47이다.
- ㉦ 전사 주형 가닥은 II이다.

07 tRNA의 구조

- ㉦ tRNA는 mRNA의 코돈에 상보적인 안티코돈을 가진다.
- ㉧ 아미노산은 tRNA의 3' 말단에 결합하므로 ㉠은 5' 말단이다.
- ㉨ tRNA의 안티코돈은 5'-CAA-3'이므로 이 안티코돈과 상보적 결합을 하는 mRNA의 코돈은 5'-UUG-3'이다. 따라서 X는 류신이다.

08 RNA 가공

- ㉩ DNA로부터 RNA가 처음 만들어지고, 처음 만들어진 RNA로부터 mRNA가 합성되는 과정은 모두 핵에서 일어나므로, (가)는 핵이다.
- ㉪ 처음 만들어진 RNA에는 번역되는 부분인 엑손과 번역되지 않는 부분인 인트론이 있다. 처음 만들어진 RNA가 mRNA로 합성되는 과정에서 인트론(㉫)이 잘려나가고, 엑손(㉬)만으로 mRNA가 합성된다.
- ㉭ ㉡는 성숙한 mRNA가 만들어지는 과정이다. 전사 인자는 전사 개시 복합체 형성에 필요하다.

09 DNA 복제, 전사, 번역

예설 | (가)는 번역, (나)는 전사, (다)는 DNA 복제이고, X는 RNA

중합 효소, Y는 DNA 중합 효소이다.

- ㉮ (가)는 번역이다.
- ㉯ (나)는 전사이므로 X는 RNA 중합 효소이다.
- ㉺ DNA 복제(다)가 일어날 때 Y(DNA 중합 효소)는 주형 가닥을 따라 3' → 5' 방향으로 이동한다.

10 폴리펩타이드 합성

- ㉻ 번역 과정에서 개시 코돈은 AUG 하나이며, 메싸이오닌을 지정한다. X의 첫 번째 아미노산(㉼)은 메싸이오닌이므로 ㉡는 메싸이오닌이 아니다.
- ㉽ 리보솜이 하나의 코돈만큼 이동하면서 ㉠은 리보솜의 E 자리를 통해 ㉣보다 먼저 방출된다.
- ㉾ 아미노산이 붙어 있는 새로운 tRNA가 (가) 쪽에서 mRNA와 수소 결합을 하고 있으므로 리보솜은 (나) → (가) 방향으로 이동한다.

11 원핵세포에서의 유전자 발현 과정

- 예설 | 세포 X에서는 전사와 번역이 동시에 일어나고 있다. 이처럼 전사와 번역이 동시에 일어날 수 있는 것은 DNA와 RNA가 세포질에 있어 전사와 번역이 같은 장소에서 일어나는 원핵세포인 경우에만 가능하다. 따라서 X는 원핵세포이다.
- ㉿ mRNA는 5' 말단에서 3' 말단 방향으로 합성되므로 (가)는 5' 말단이다.
 - ㊀ 전사가 일어날 때 RNA 중합 효소(㊁)는 DNA의 특정 염기 서열인 프로모터에 결합한다.
 - ㊂ mRNA의 길이가 길다는 것은 그만큼 전사가 많이 진행되었다는 의미이므로 ㉠은 ㉣보다 DNA에 먼저 결합하였다.

12 번역 과정

- 예설 | DNA 주형 가닥 ㉣의 염기 서열이 5'-ATTTAGTCACCTACTCGTCAGCATATA-3'이므로 X가 합성되는 데 사용된 mRNA의 염기 서열은 5'-UAU/AUG/CUG/ACG/AGU/AGG/UGA/CUA/AAU-3'이다. mRNA에서 개시 코돈인 AUG부터 종결 코돈인 UGA까지 6개의 코돈을 갖는다. Y가 합성되는 데 사용된 mRNA의 염기 서열은 5'-UAU/AUG/CUG/ACG/AG□/□UA/GGU/GAC/UAA/AU-3'이다. mRNA에서 개시 코돈인 AUG부터 종결 코돈인 UAA까지 8개의 코돈을 갖는다. 종결 코돈이 지정하는 아미노산은 없으므로 폴리펩타이드를 구성하는 아미노산의 수는 코돈의 수보다 1개 적다.
- ㊃ X는 5개의 아미노산으로 구성되므로, X에는 4개의 펩타이드 결합이 있다.
 - ㊄ x의 번역에 관여하는 종결 코돈은 UGA이고, y의 번역에 관여하는 종결 코돈은 UAA이다.
 - ㊅ X는 5개의 아미노산으로, Y는 7개의 아미노산으로 구성되므로, Y는 X보다 아미노산의 개수가 2개 많다.

수능 3점 테스트

본문 059~063쪽

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

01 1유전자 1호소설

예설 | 최소 배지에 ①이 첨가된 배지에서 Ⅱ와 Ⅲ이 생장하지 못하므로 ①은 아르지닌이 아니다. Ⅲ에서 ②을 합성해도 생장하지 못하므로 ②은 아르지닌이 아니다. 그러므로 ③이 아르지닌이다. 최소 배지에 ①이 첨가된 배지에서 Ⅰ이 생장하므로 c는 정상이어야 한다. 그러므로 Ⅰ은 a와 b에 돌연변이가 일어난 것이다. 만약 ①이 오르니틴이고, ②이 시트룰린이라면 최소 배지에서 Ⅲ이 시트룰린을 합성해야 하므로 a와 b가 정상이어야 한다. 하지만 Ⅲ은 a~c 중 서로 다른 2개에 돌연변이가 일어난 것이므로 모순이다. 그러므로 ①이 시트룰린이고, ②이 오르니틴이다. Ⅲ은 최소 배지에서 오르니틴(②)을 합성하였으므로 a는 정상이어야 한다. 그러므로 Ⅲ은 b와 c에 돌연변이가 일어난 것이고, Ⅱ는 a와 c에 돌연변이가 일어난 것이다.

- ×. ①은 시트룰린이다.
- . Ⅱ는 a와 c에 돌연변이가 일어난 것이므로 최소 배지에서 Ⅱ는 오르니틴(②)을 합성하지 못한다.
- ×. Ⅲ은 b와 c 모두에 돌연변이가 일어난 것이다.

02 전사와 번역

- . mRNA의 합성은 5' 말단에서 3' 말단 방향으로 일어나므로 (가)는 5' 말단이다.
- . ①은 DNA의 프로모터에 결합하는 RNA 중합 효소이다.
- . 리보솜이 오른쪽에서 왼쪽으로 이동하면서 번역이 일어나고 있으므로 ②는 ①을 구성하는 모든 아미노산을 가지고 있다. 따라서 ②는 ①보다 많은 수의 아미노산으로 구성되어 있다.

03 유전부호 해독

예설 | 인공 mRNA Ⅰ의 염기 서열은 5'-㉠㉡㉢㉣...-3'이므로 이 mRNA에서 나올 수 있는 유전부호는 ㉠㉡, ㉡㉢이다. 따라서 ㉠㉡과 ㉡㉢은 각각 아미노산 a, b 중 하나를 지정한다. 인공 mRNA Ⅱ의 염기 서열은 5'-㉠㉡㉢㉣...-3'이므로 이 mRNA에서 나올 수 있는 유전부호는 ㉠㉡, ㉡㉢, ㉢㉣이다. 따라서 ㉠㉡, ㉡㉢, ㉢㉣은 각각 아미노산 a, b, c 중 하나를 지정한다. 인공 mRNA Ⅲ의 염기 서열은 5'-㉠㉡㉢㉣...-3'이므로 이 mRNA에서 나올 수 있는 유전부호는 ㉠㉡, ㉡㉢, ㉢㉣이다. 따라서 ㉠㉡, ㉡㉢, ㉢㉣은 각각 아미노산 a, d, e 중 하나를 지정한다. 따라서 Ⅰ과 Ⅲ에서 공통으로 나온 유전부호 ㉡㉢은 a를 지정하고, Ⅰ과 Ⅱ에서 공통으로 나온 유전부호 ㉠㉡은 b를 지정한다. ×. 단백질 합성계에는 단백질 합성에 필요한 물질이 들어있으므로 ③에는 tRNA가 있다. ○. Ⅱ에서 유전부호 ㉠㉡㉢은 b를 지정하므로, 유전부호 ㉡㉢㉣과 ㉢㉣㉠은 각각 a와 c를 지정한다. Ⅰ에서 a를 지정하는 유전부호 ㉠

㉡이 지정하는 아미노산은 Ⅱ에서의 유전부호 ㉠㉡㉢이 지정하는 아미노산과 다르다고 하였으므로 ㉠㉡㉢은 c를 지정한다. 따라서 Ⅱ에서 a를 지정하는 유전부호는 ㉡㉢㉣이다. ×. 반복되는 염기 서열이 ㉠㉡㉢㉣인 인공 mRNA의 염기 서열은 5'-㉠㉡㉢㉣㉠㉡㉢...-3'이므로 이 mRNA에서 나올 수 있는 유전부호는 ㉠㉡, ㉡㉢, ㉢㉣, ㉣㉠, ㉠㉡이다. ㉠㉡과 ㉡㉢은 각각 d와 e 중 하나를, ㉡㉢㉣은 a를, ㉢㉣㉠은 c를 지정한다. 따라서 이 인공 mRNA로부터 번역된 폴리펩타이드의 아미노산 종류는 4종류이다.

04 DNA와 RNA

- . 뉴클레오타이드는 인산, 당, 염기로 구성되므로 (가)는 뉴클레오타이드이다.
- . Ⅲ을 구성하는 염기 중 퓨린 계열에 속하는 염기(A, G)의 개수는 Ⅲ과 상보적인 가닥을 구성하는 염기 중 피리미딘 계열에 속하는 염기(C, U)의 개수와 같으므로 Ⅲ은 Ⅰ과 상보적이다. Ⅰ은 Ⅲ과 상보적인 결합을 형성할 때 양 말단의 방향이 서로 반대인 역평행 구조를 이루므로 Ⅲ의 ②는 Ⅰ의 ①과 상보적으로 결합한다. Ⅲ에서 $\frac{A}{U} = \frac{1}{2}$ 이므로 Ⅲ에는 A가 1개, U가 2개이다. Ⅲ과 상보적인 가닥인 Ⅰ에는 T가 1개, A가 2개이므로 ①은 T, ②은 A이다. 따라서 ②는 아데닌(A)이다.
- . A와 T 사이에는 2개의 수소 결합이, G와 C 사이에는 3개의 수소 결합이 형성된다. X에 2개의 수소 결합을 가진 염기쌍이 3개이므로 X에서 타이민(T)의 비율은 30%이다.

05 RNA 가공

예설 | x로부터 처음 만들어진 RNA의 염기 서열은 5'-GAUGCUAGAAUCUAGUCGCUACAGUGCUGAGA-3'이고, ①이 제거되고 성숙한 mRNA의 염기 서열은 5'-G/AUG/CUA/GAA/UCU/A(GUCGCUAC)AG/UGC/UGA/GA-3'이다. ○. ②가 전사 비주형 가닥이라면 폴리펩타이드 X가 합성되지 않으므로, ②는 전사 주형 가닥이다. ○. ①의 염기 서열은 5'-GUCGCUAC-3'이므로 ①은 8개의 뉴클레오타이드로 이루어진다. ×. X는 6개의 아미노산으로 구성되므로 X에는 5개의 펩타이드 결합이 있다.

06 번역 과정

예설 | 리보솜에는 새로운 아미노산-tRNA가 결합하는 A 자리, 폴리펩타이드-tRNA가 결합하는 P 자리, tRNA가 빠져나가기 전에 잠시 머무르는 E 자리가 있다. ①~④ 중 하나는 트레오닌이고, 트레오닌을 지정하는 코돈은 AC□이다. mRNA에서 트레오닌을 지정하는 코돈이 가능한 경우는 X에 위치한 코돈밖에 없으므로 트레오닌을 지정하는 코돈은 ACU이다. 따라서 ②는 트레오닌이고, (가)는 3' 말단, (나)는 5' 말단이다.

× 리보솜은 (나) → (가) 방향으로 이동하므로 새로운 아미노산 -tRNA는 X에 결합한다. 따라서 X는 A 자리, Y는 E 자리이다.

× ⑥를 지정하는 코돈은 C□G이고, 알라닌을 지정하는 코돈은 GC□이므로 ⑥는 알라닌이 될 수 없다.

㉔. ④(트레오닌)를 지정하는 코돈은 ACU이므로 ④(트레오닌)를 운반하는 tRNA의 안티코돈의 3' 말단의 염기는 유라실(U)이다.

07 유전자의 발현

해설 | 제시된 w 의 DNA 이중 가닥 중 한 가닥이 전사 주형 가닥이라면 W 는 라이신을 갖고, 전사 비주형 가닥이라면 W 는 라이신을 갖지 않는다. 따라서 제시된 w 의 DNA 이중 가닥 중 한 가닥은 전사 주형 가닥이다.

w 로부터 전사된 mRNA의 염기 서열은

5'-G/AUG/CUA/UGU/AGC/GUC/AAA/GCG/AGC/UUG/ACA/UAG/CAUUG-3'이고, W 의 아미노산 배열 순서는 메싸이오닌-류신-시스테인-세린-발린-라이신-알라닌-세린-류신-트레오닌이다.

x 로부터 전사된 mRNA의 염기 서열은

5'-G/AUG/CUA/UGU/AGC/GUC/UAA/GCGAGCUUGACAUAGCAUUG-3'이고, X 의 아미노산 배열 순서는 메싸이오닌-류신-시스테인-세린-발린이다. 따라서 ㉑은 아데닌(A)이다.

y 로부터 전사된 mRNA의 염기 서열은

5'-G/AUG/CAA/UAU/GUA/GCG/UCA/AAG/CGA/GCU/UGA/CAUAGCAUUG-3'이고, Y 의 아미노산 배열 순서는 메싸이오닌-글루타민-타이로신-발린-알라닌-세린-라이신-아르지닌-알라닌이다. 따라서 ③는 류신이다.

㉒. ㉑은 아데닌(A)이다.

× ③는 류신이다.

㉔. W 는 10개의 아미노산으로, X 는 5개의 아미노산으로, Y 는 9개의 아미노산으로 구성되므로 아미노산의 개수는 $X < Y < W$ 이다.

08 전사와 번역

해설 | 퓨린 계열 염기에는 A과 G이 있으며, 피리미딘 계열 염기에는 C, T, U이 있다. 주어진 조건에서 6개의 아미노산이 모두 같은 종류 이면서 코돈이 서로 다르다고 했으므로 아미노산은 류신, 세린, 아르지닌 중 하나이다. 퓨린과 피리미딘 계열 염기의 배열이 주어진 염기 서열과 같은 경우는 (가)가 3' 말단, (나)가 5' 말단이고, 번역되는 아미노산 ㉑이 세린이나 경우이다. x 의 주형 가닥에서 전사된 mRNA의 염기 서열은 5'-UC□/AG□/UC□/UC□/AG□/UC□-3'이다.

y 는 x 의 (나)에 x 가 1개 반복되어 연결된 후, 연속된 9개의 염기가 떨어진 후 염기의 배열 순서가 거꾸로 되어 원래의 자리에 다시 붙는 돌연변이가 일어난 것이다. y 로부터 번역된 폴리펩타이드 Y 는 9개의 아미노산으로 구성되어 있으므로 돌연변이가 일어났을 때 10번째 코돈이 종결 코돈이어야 하고, Y 의 마지막 아미노산 ㉑이 세린이 아니어야 한다. 그러므로 x 의 2번째 코돈이 AGU, 5번째 코돈이 AGC이고, y 에서 반복된 x 의 2번째 코돈은 UCU, 3번째 코돈은

CCU이며, 종결 코돈은 UGA이다. 따라서 반복된 x 의 2번째 코돈에서 4번째 코돈까지 연속된 9개의 염기에 돌연변이가 일어나야 한다. y 로부터 전사된 mRNA의 염기 서열은

5'-UC□/AGU/UCU/UCU/AGC/UC□/UC□/

UCU/CCU/UGA/AGCUC□-3'이다.

돌연변이가 일어난 위치

z 는 x 의 주형 가닥에서 연속된 2개의 타이민(T)이 결실된 것이므로 z 로부터 전사된 mRNA는 x 로부터 전사된 mRNA에서 연속된 2개의 아데닌(A)이 결실된 것이다. 주어진 조건을 만족하기 위해서는 x 의 1번째 코돈이 UCA이어야 하므로 6번째 코돈은 UCG이다.

x 의 주형 가닥에서 전사된 mRNA의 염기 서열은

5'-UC[A/A]GU/UCU/AGC/UCG-3'이므로

결실이 일어나는 위치

z 로부터 전사된 mRNA의 염기 서열은

5'-UCG/UUC/CUC/UAG/CUCG-3'이다.

㉒. ㉑은 세린이다.

㉔. ③를 지정하는 코돈은 UCA이므로 ③를 지정하는 코돈의 5' 말단 염기는 유라실(U)이다.

× y 의 mRNA에서 종결 코돈은 UGA이고, z 의 mRNA에서 종결 코돈은 UAG이다.

THEME

08

유전자 발현의 조절

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 065쪽

정답 ③

예설 | 제거된 유전자가 없는 I에서와, x 또는 z 를 제거한 I에서 (가)의 전사 여부가 다르므로 제거된 유전자가 없는 I에서 발현된 전사 인자 2가지는 X와 Z이며, y 가 제거된 I에서는 (가)와 (나)가 모두 전사된다. 제거된 유전자가 없는 II에서와 y 또는 z 를 제거한 II에서 (가) 또는 (나)의 전사 여부가 다르므로 제거된 유전자가 없는 II에서 발현된 전사 인자 2가지는 Y와 Z이며, x 가 제거된 II에서는 (가)와 (나)가 모두 전사된다. (가)가 전사되려면 반드시 전사 인자가 A에 결합해야 하므로 제거된 유전자가 없는 I과 II에서 공통적으로 발현된 Z의 결합 부위는 A이다. z 가 제거된 II에서 Y가 발현되는데 (나)가 전사되지 않았으므로 Y의 결합 부위는 C가 아니다. 따라서 Y의 결합 부위는 B이고, X의 결합 부위는 C이다. 표는 I과 II에서 (가)와 (나)의 전사 여부를 모두 나타낸 것이다.

제거된 유전자	I		II	
	(가)	(나)	(가)	(나)
없음	○	○	○	○
x	×	㉠(○)	○	?(○)
y	?(○)	○	×	○
z	×	○	㉡(×)	×

(○: 전사됨, ×: 전사안됨)

- ㉠. 제거된 유전자가 없는 II에서는 X가 발현되지 않고, Y와 Z가 발현된다.
- ✗. ㉠은 '○'이고, ㉡는 '×'이다.
- ㉡. X의 결합 부위는 C이고, Y의 결합 부위는 B이며, Z의 결합 부위는 A이다.

수능 2점 테스트

본문 066~068쪽

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

01 젓당 오페론의 구조

예설 | ㉠은 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자, ㉡은 젓당 오페론의 프로모터, ㉢은 젓당 오페론의 작동 부위이다.

- ㉠. 젓당 유무에 관계없이 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자(㉠)의 전사가 항상 일어나 억제 단백질을 생성한다.
- ✗. 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 억제 단백질은 젓당 유도체와 결합하며, 젓당 오페론의 프로모터(㉡)에 결합하지 않는다.
- ✗. ㉢은 젓당 오페론의 작동 부위이다.

02 젓당 오페론의 돌연변이

- ✗. 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 야생형 대장균은 젓당 분해 효소를 이용해 에너지원인 젓당을 분해하여 증식하였다. 따라서 야생형 대장균을 배양한 배지에서 젓당의 양은 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 많다.
- ㉠. A는 젓당 오페론의 프로모터가 결실되어 RNA 중합 효소가 젓당 오페론의 프로모터에 결합하지 못해 젓당 오페론이 발현되지 못한 돌연변이이다. 따라서 야생형 대장균과 A는 모두 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자를 항상 발현시켜 억제 단백질을 생성한다.
- ㉡. A는 젓당 오페론을 조절하는 억제 단백질을 가지므로 구간 I에서 젓당 유도체와 결합한 억제 단백질을 갖는다.

03 에너지원에 따른 대장균 증식

- 예설 | 젓당 분해 효소가 생성된 II는 포도당은 없고 젓당이 있는 배지이며, II에서 대장균은 생장한다. 대장균이 생장하고 젓당 분해 효소가 생성되지 않은 I은 젓당은 없고 포도당이 있는 배지이다. 대장균이 생장 못한 III은 젓당과 포도당이 모두 없는 배지이다.
- ✗. I은 젓당은 없고 포도당이 있는 배지이다.
 - ✗. II는 포도당은 없고 젓당이 있는 배지이므로 II의 대장균은 젓당을 에너지원으로 이용한다.
 - ㉠. III은 젓당과 포도당이 모두 없는 배지이므로 III의 대장균에서 젓당 오페론의 작동 부위와 억제 단백질의 결합이 일어난다.

04 젓당 오페론의 발현

- ㉠. 젓당을 첨가한 직후 먼저 증가하고, 젓당을 제거한 직후 감소하는 ㉠은 젓당 오페론에서 전사된 mRNA이고, ㉡은 젓당 분해 효소이다.
- ㉢. 구간 I에서 X는 젓당 유도체와 결합한 억제 단백질을 가지며, 젓당 오페론의 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합이 일어나 젓당 오페론의 구조 유전자에서 전사된 mRNA(㉢)의 농도가 증가한다.
- ㉣. 구간 II에서 젓당 분해 효소(㉣)의 농도가 증가하고 있으므로 젓당 오페론에서 전사된 mRNA(㉠)에 결합한 리보솜에서 번역이 일어나고 있다.

05 원핵생물과 진핵생물의 유전자 발현 조절

- ㉠. 진핵생물인 사람의 간세포에서 RNA 가공을 통해 인트론이 제거된다.
- ㉡. 원핵생물인 대장균에서 오페론 단위로 전사가 조절된다.
- ㉢. 대장균에서는 전사와 번역이 모두 세포질에서 일어나고, 사람 간세포에서는 전사는 핵에서, 번역은 세포질에서 일어난다. 따라서 대장균과 사람 간세포에서 모두 번역은 세포질에서 일어난다.

06 진핵생물의 전사 전 조절

- ㉠. x 의 전사는 염색질이 응축된 상태인 A일 때가 염색질이 풀어진 상태인 B일 때보다 억제된다.
- ㉡. 뉴클레오솜은 DNA가 히스톤 단백질을 감고 있는 구조이며, 풀어진 염색질(㉠)과 응축된 염색질(㉡)에 모두 뉴클레오솜이 있다.

×. 같은 배율의 현미경으로 관찰했을 때 염색질의 두께는 A일 때가 B일 때보다 두껍다. 따라서 A일 때의 응축된 염색질이 ㉠이고, B일 때의 풀어진 염색질이 ㉡이다.

07 진핵생물의 전사 조절

- ×. x 의 프로모터에서 멀리 위치한 ㉠은 원거리 조절 부위이고, 가까이 위치한 ㉡은 근거리 조절 부위이다.
- ㉠. 전사 인자인 ㉢와 ㉣의 구성 성분에는 모두 단백질이 있다.
- ㉡. 진핵생물인 사람의 유전자 x 가 전사되어 처음 만들어진 RNA에는 엑손이 있다.

08 세포 분화와 유전자의 선택적 발현

- ×. 수정란에서는 DNA에 있는 유전자 중 초기 발생에 필요한 유전자만 발현되며, 세포 분화가 진행됨에 따라 발현되는 유전자의 종류가 달라진다.
- ㉠. 돌연변이를 고려하지 않을 때 수정란으로부터 분화된 체세포는 수정란과 DNA 염기 서열이 같으므로 연골 세포에 *Ngn1* 유전자가 있다.
- ㉡. 신경 세포에 *Sox10* 유전자의 전사에 관여하는 전사 인자가 있으므로 *Sox10* 유전자가 발현되었다.

09 근육 세포의 분화

- ㉠. 마이오디 유전자는 근육 세포로의 분화를 결정하는 핵심 조절 유전자이므로 마이오디 단백질을 생성하는 세포는 근육 세포로의 발생 운명이 결정된다.
- ×. 근육 세포의 분화 과정에서 가장 상위의 조절 유전자인 마이오디 유전자가 핵심 조절 유전자이고, 하위 조절 유전자인 x 는 핵심 조절 유전자가 아니다.
- ×. 근육 특이적 단백질인 마이오신과 액틴은 모두 전사 인자가 아니다.

10 진핵생물의 유전자 발현 조절

- ×. 돌연변이가 일어나지 않은 체세포들은 유전체가 같으므로 꽃받침 세포의 DNA에는 a, b, c 가 모두 있고, 그중 a 만 발현되었다.
- ×. 미분화 조직에서 $a \sim c$ 중 b 와 c 만 발현되는 부위가 수술이 되며, a 와 c 만 발현되는 부위는 없다.
- ㉠. 미분화 조직에서 $a \sim c$ 중 c 만 발현되는 부위가 암술이 되므로, 암술 세포의 DNA에는 c 가 발현되어 생성된 전사 인자가 결합하는 부위가 있다.

11 초파리의 발생과 후스 유전자

- ㉠. 후스 유전자는 배아에서 몸의 각 체절에 만들어질 기관을 결정하는 핵심 조절 유전자들로 전사 인자를 암호화한다.
- ×. 야생형은 두 번째 가슴 체절에서 1쌍의 날개가, 세 번째 가슴 체절에서 1쌍의 평균곤이 형성된다.
- ㉡. 야생형에서 체세포의 유전체는 같으므로 배 체절의 세포에 *Antp* 유전자와 *Ubx* 유전자가 모두 있다.

12 진핵생물의 유전자 발현 조절

- ㉠. 야생형 개체의 ㉠에서는 x 가 발현되지 않았을 뿐 x, y, z 가 모두 있다.
- ㉡. 야생형 개체에는 z 가 발현되지 않는 세포인 ㉢이 있다.
- ㉢. ㉠~㉢의 분화에는 모두 y 의 발현이 필요하므로 y 가 결실된 돌연변이 개체에서는 ㉠~㉢이 모두 형성되지 않는다.

수능 3점 테스트

본문 069~073쪽

01 ㉡	02 ㉢	03 ㉢	04 ㉠	05 ㉢
06 ㉠	07 ㉡	08 ㉤	09 ㉡	10 ㉣

01 젓당 오페론과 돌연변이

예시 | 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 대장균은 억제 단백질을 생성하지 않아 젓당이 없는 배지에서 젓당 분해 효소를 생성하고, 포도당은 없고 젓당이 있는 배지로 옮긴 직후 지연 기간 없이 증식하므로 A이다. 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 대장균은 젓당 분해 효소를 생성하지 않아 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 증식하지 않으므로 C이고, 따라서 야생형 대장균은 B이다. 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 대장균은 젓당 분해 효소를 생성하지 않으므로 I이고, I에서는 억제 단백질과 젓당 유도체의 결합은 일어나고, 억제 단백질과 작동 부위의 결합은 일어나지 않으므로 ㉠은 '억제 단백질과 작동 부위의 결합'이고, ㉡은 '억제 단백질과 젓당 유도체의 결합'이다. '억제 단백질과 젓당 유도체의 결합'(㉡)이 일어나는 III은 억제 단백질이 있으므로 야생형 대장균이고, 따라서 II는 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 대장균이다.

구분	㉠ (억제 단백질과 작동 부위의 결합)	㉡ (억제 단백질과 젓당 유도체의 결합)	젓당 분해 효소
I (프로모터 결실)	×	?○	생성 안 됨
II (조절 유전자 결실)	?×	?×	생성됨
III (야생형)	?×	○	생성됨

(○: 결합함, ×: 결합 못함)

- ×. II는 A이고, III은 B이다.
- ×. ㉠은 '억제 단백질과 작동 부위의 결합'이다.
- ㉡. 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 대장균(I)과 야생형 대장균(III)에서 모두 억제 단백질이 생성된다.

02 진핵생물의 유전자 발현 조절

- 예시** | (가)는 DNA, (나)는 처음 만들어진 RNA, (다)는 성숙한 mRNA, (라)는 폴리펩타이드이다. 처음 만들어진 RNA(나)가 성숙한 mRNA(다)로 전환되는 과정에서 제거되는 ㉠은 인트론이고, ㉡는 엑손이다.
- ×. 응축된 염색질이 풀어진 염색질로 전환되는 과정 I에서는

RNA 중합 효소가 작용하지 않고, RNA 중합 효소는 전사 과정에 작용한다.

✗ 전사 조절 과정에서 DNA(가)에 전사 인자가 결합하며, 과정 II는 번역이다.

㉠ 폴리펩타이드(라)의 아미노산 서열은 엑손(㉠)에 암호화되어 있다.

03 젓당 오페론과 돌연변이

예설 | 만약 ㉠이 '억제 단백질과 작동 부위의 결합'일 경우, 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 ㉠은 야생형 대장균과 I, II에서 모두 일어나지 않으므로 모순이다. 만약 ㉠이 '억제 단백질과 젓당 유도체의 결합'일 경우, 포도당과 젓당이 모두 없는 배지에서 ㉠은 야생형 대장균과 I, II에서 모두 일어나지 않으므로 모순이다. 따라서 ㉠은 '젓당 오페론의 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합'이다. 만약 (가)가 포도당과 젓당이 모두 없는 배지일 경우, 야생형 대장균에서 젓당 오페론의 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합이 일어나지 않으므로 (가)는 포도당은 없고 젓당이 있는 배지이고, (나)는 포도당과 젓당이 모두 없는 배지이다. 억제 단백질과 작동 부위의 결합은 I과 II에서 모두 일어나지 않으므로 ㉠은 '억제 단백질과 젓당 유도체의 결합'이고, ㉡은 '억제 단백질과 작동 부위의 결합'이다. 포도당은 없고 젓당이 있는 배지(가)의 II에서 '젓당 오페론의 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합'(㉠)이 일어나므로 II에는 젓당 오페론의 프로모터가 있고 II는 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자와 젓당 오페론의 작동 부위가 모두 결실된 돌연변이이다. 포도당은 없고 젓당이 있는 배지(가)의 I에서 '억제 단백질과 젓당 유도체의 결합'(㉠)이 일어나므로 I에는 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 있고 I은 젓당 오페론의 작동 부위와 젓당 오페론의 프로모터가 모두 결실된 돌연변이이다.

구분	(가) (포도당은 없고 젓당이 있는 배지)		(나) (포도당과 젓당이 모두 없는 배지)	
	㉠ (프로모터+ RNA 중합 효소)	㉡ (억제 단백질 + 젓당 유도체)	㉠ (프로모터+ RNA 중합 효소)	㉡ (억제 단백질 + 작동 부위)
야생형	○	?(○)	×	?(○)
I (작동 부위와 프로모터 결실)	?(×)	○	?(×)	×
II (조절 유전자와 작동 부위 결실)	○	?(×)	○	?(×)

(○: 결합함, ×: 결합 못함)

㉠ 야생형 대장균은 포도당은 없고 젓당이 있는 배지(가)에서 젓당 분해 효소를 생성한다.

㉡ ㉡은 '억제 단백질과 작동 부위의 결합'이다.

✗ I은 젓당 오페론의 작동 부위와 젓당 오페론의 프로모터가 모두 결실된 돌연변이이다.

04 진핵생물의 전사 후 조절

예설 | I은 전사, II는 RNA 가공, III은 번역이다.

㉠ 진핵생물의 세포에서 전사(I)와 RNA 가공(II)은 모두 핵에서 일어난다.

✗ 처음 만들어진 RNA에서 RNA 가공(II)을 통해 제거되는 부분이 (가)에서와 (나)에서가 서로 달라서 성숙한 mRNA가 서로 다르다.

✗ III은 번역이다.

05 진핵생물의 번역 조절

✗ 진핵생물인 동물 P의 세포에서 카제인 단백질 유전자의 전사는 핵에서, 번역은 세포질에서 일어난다.

✗ 진핵생물에서 mRNA 분해 속도 조절을 통한 유전자 발현 조절은 여러 전사 인자가 전사 개시 여부와 전사 속도에 영향을 미치는 전사 조절 단계에 해당하지 않는다.

㉠ (다)에서 방사성 mRNA의 비율이 감소하는 속도는 I에서보다 II에서보다 빠르므로 mRNA의 분해를 억제하는 물질인 프로락틴은 II에 있다. 따라서 (가)에서 프로락틴을 II에 첨가하였다.

06 진핵생물의 전사 조절

예설 | W~Z가 모두 없는 세포에 W를 첨가하면 $x \rightarrow w$ 순으로 전사가 촉진된다. 세포에 X를 첨가하면 $w \rightarrow x$ 순으로 전사가 촉진된다. 세포에 Y를 첨가하면 $w \rightarrow x \rightarrow z \rightarrow y$ 순으로 전사가 촉진된다. 세포에 Z를 첨가하면 w, x, y, z 모두 전사가 촉진되지 않는다.

구분	I	II	III	IV
w	㉠(○)	×	○	○
x	○	?(×)	○	㉡(○)
y	?(×)	×	?(○)	?(×)
z	×	?(×)	○	×

(○: 전사됨, ×: 전사 안됨)

㉠ I과 IV에서 모두 w와 x의 전사가 일어나므로 ㉠과 ㉡은 모두 '○'이다.

✗ II에는 Z를, III에는 Y를, IV에는 X를 첨가하였다.

✗ W~Z가 모두 없고, w가 결실된 세포에 Y를 첨가하였을 때 W가 생성되지 못하므로 X가 생성되지 않아 z의 전사가 촉진되지 않는다.

07 진핵생물의 전사 조절

예설 | ㉠이 있을 때 제거된 부위가 없는 (나)에서는 x, y, z 가 모두 전사되지만 C가 제거된 (바)에서는 x, y, z 가 모두 전사되지 않으므로 ㉠의 결합 부위는 C이다. A가 제거된 (라)에서 ㉠이 C에 결합하여 y는 전사되지만 x와 z가 전사되지 않았으므로 Y의 결합 부위가 A임을 알 수 있다. ㉠이 있을 때 B가 제거된 (마)에서 x, y, z 가 모두 전사되었으므로 ㉠이 C에 결합하여 y가 전사되고, A와 C에 각각 Y와 ㉠이 결합하여 z가 전사되고, A와 D에 각각 Y와 Z가 결합하여 x가 전사되었음을 알 수 있다. 따라서 Z의 결합 부위는 D이고, ㉠의 결합 부위는 B이다.

✗ Z는 D에 결합하고, ㉠이 B에 결합한다.

㉠ D가 제거되고 ㉠이 첨가된 (사)에서 ㉠이 C에 결합하여 y가 전사되고, A와 C에 각각 Y와 ㉠이 결합하여 z가 전사되지만, Z의 결

합 부위인 D가 없으므로 x 는 전사되지 않는다. 따라서 (사)에서 y 와 z 가 모두 전사된다.

✗. I에서 C를 제거하고 ㉠을 첨가하였을 때, ㉠이 B에 결합하여 y 가 전사되고, A와 B에 각각 Y와 ㉠이 결합하여 x 가 전사된다. X는 전사 인자가 아닌 효소이므로 z 의 전사 인자 결합 부위 중 A에만 Y가 결합한다. 따라서 z 가 전사되지 않아 Z가 합성되지 않는다.

08 초파리의 발생과 흑스 유전자

㉠. 흑스 유전자는 배아에서 몸의 각 체절에 만들어질 기관을 결정하며, *Antp* 유전자는 초파리의 두 번째 가슴 체절에서 다리 형성에 관여하는 흑스 유전자이다.

㉡. *Antp* 유전자가 결실된 초파리에서는 두 번째 가슴 체절에서 더듬이가 형성되므로 *hth* 유전자가 전사되는 것을 알 수 있다.

㉢. 야생형 초파리의 머리 체절에서는 *hth* 유전자가 발현되어 더듬이가 형성되는데, 머리 체절에서 *Antp* 유전자가 발현되면 더듬이가 형성되지 않는다. *Antp* 유전자가 결실된 초파리에서는 두 번째 가슴 체절에서 *hth* 유전자가 발현되어 더듬이가 형성된다. 그러므로 *Antp* 유전자가 발현되어 *Antp*가 생성되면 *hth* 유전자의 전사가 억제됨을 알 수 있다. 따라서 ㉠은 '억제'이다.

09 진핵생물의 유전자 발현 조절

✗. 꽃받침과 꽃잎만 형성된 I에서는 a 와 b 만 발현되었으므로 I에서는 c 가 결실되었다.

㉡. 수술과 암술만 형성된 II에서는 b 와 c 만 발현되었으므로 II에서는 a 가 결실되었다. 따라서 II의 암술 세포에는 b 가 있다.

✗. I에서 c 가, II에서 a 가 결실되었으므로 III에서는 b 가 결실되었다. 따라서 III에서 a 만 발현되는 부위는 꽃받침이 되고, c 만 발현되는 부위는 암술이 되며, b 가 없으므로 III의 꽃에는 꽃잎과 수술이 모두 없다.

10 진핵생물의 유전자 발현 조절

예설 | 오리 배아의 발가락 사이 물갈퀴 세포에서는 *BMP4* 유전자와 *Gremlin* 유전자가 모두 발현되고, 성체 오리는 발가락 사이에 물갈퀴가 있다. 닭 배아의 발가락 사이 물갈퀴 세포에서는 *BMP4* 유전자는 발현되고 *Gremlin* 유전자가 발현되지 않으며, 성체 닭은 발가락 사이에 물갈퀴가 없다. 따라서 닭발의 발생 과정에서는 *BMP4*에 의해 발가락 사이 물갈퀴 세포의 죽음이 촉진되어 물갈퀴가 형성되지 않는다. 한편, 오리발의 발생 과정에서는 *Gremlin*이 *BMP4*의 기능을 '억제' (㉠)함으로써 발가락 사이 물갈퀴 세포의 죽음이 촉진되지 않아 물갈퀴가 형성된다.

㉠. 오리 배아의 발가락 사이 물갈퀴 세포에서 *BMP4* 유전자가 발현되었으므로 성체 오리의 발가락 사이 물갈퀴 세포에 *BMP4* 유전자가 있다.

㉡. 닭발의 발생 과정에서 발가락 사이 물갈퀴 세포의 죽음이 일어나 성체 닭은 발가락 사이에 물갈퀴가 없다.

✗. ㉠은 '억제'이다.

THEME

09

생명의 기원

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 075쪽

정답 ②

예설 | 핵막을 갖는 A는 최초의 단세포 진핵생물이고, 가장 먼저 출현한 B는 최초의 광합성 세균이다. 따라서 C는 최초의 산소 호흡 세균이다.

✗. B는 최초의 광합성 세균이다.

㉡. 원핵생물인 C는 진핵생물인 A보다 먼저 출현하였다.

✗. B가 출현한 이후 광합성 결과 산소를 발생시키는 생물이 출현하면서 대기 중 산소 농도는 일정 농도까지 증가하였고, 이후 얼마간 변동이 있었다.

수능 2점 테스트

본문 076~078쪽

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

01 밀러의 실험

예설 | 농도가 감소하는 A는 암모니아이고, 증가하는 B는 아미노산이다.

✗. 혼합 기체에는 원시 대기의 성분으로 추측되는 환원성 기체가 포함되어 있으며, 이 중 암모니아(A)가 있다. 아미노산(B)은 U자관에서 검출되었다.

㉡. 전기 방전은 원시 지구에서 풍부했던 에너지원이 물질 합성에 에너지를 제공한 것과 같이 혼합 기체로부터 물질이 합성되는 데 필요한 에너지를 제공한다.

✗. 밀러의 실험 결과 아미노산과 같은 간단한 유기물은 발견되었지만 복잡한 유기물이나 유기물 복합체는 발견되지 않았다.

02 화학 진화

예설 | A는 간단한 유기물, B는 유기물 복합체이다.

✗. 원시 대기는 주로 환원성 기체로 이루어져 있었으며 산소의 농도는 매우 낮았다.

✗. 아미노산은 간단한 유기물로 A에 해당한다.

㉡. 원시 생명체는 물질 출입을 조절하고 생명체의 외부와 내부를 구분하는 막 구조를 갖는다.

03 유기물 복합체

㉠. 액상의 막으로 둘러싸인 (가)는 코아세르베이트이고, 인지질 2층층의 막으로 둘러싸인 (나)는 리포솜이다.

✗. 폭스는 아미노산을 가열하여 마이크로스피어를 만들었다.

㉡. (가)와 (나)는 막을 통해 물질을 선택적으로 받아들이고 내보내며 크기가 일정 정도로 커지면 분열한다.

04 심해 열수구설

- ㉠ 원시 대기를 구성하는 기체 성분에는 메테인을 비롯해 수소, 암모니아, 황화 수소, 수증기 등이 있었다.
- ✗ ㉡은 막으로 둘러싸인 세포 소기관을 갖는 진핵생물이고, ㉢은 막으로 둘러싸인 세포 소기관을 갖지 않는 원핵생물이다.
- ✗ 밀러는 오파린이 원시 대기 성분으로부터 간단한 유기물이 합성되고 바다에 농축되어 원시 생명체가 출현하였다고 제안한 화학적 진화설을 검증하는 실험을 수행하였다. 화학적 진화설보다 최근에 제안된 생명체 출현 가설인 심해 열수구설은 밀러가 아닌 다른 과학자들에 의해 제안되었다.

05 리보자임

- ✗ ㉠은 유라실(U)을 포함하는 RNA이다.
- ㉡ 리보자임은 효소 활성을 가져 물질 합성에 필요한 활성화 에너지를 낮춘다.
- ㉢ 리보자임(RNA)에 유전 정보를 저장하는 생물이 출현한 이후에 DNA에 유전 정보를 저장하는 생물이 출현하였다.

06 산소 농도의 변화

- ㉠ 광합성 세균의 출현으로 대기 중 산소 농도가 증가하였으므로 척삭동물이 출현한 시기의 산소 농도인 ㉡은 광합성 세균이 출현한 시기의 산소 농도 ㉢보다 높다.
- ✗ 최초의 진핵생물이 출현한 이후에 최초의 척삭동물이 출현하였으므로 A는 B보다 이후 시기이다.
- ✗ 산소 호흡 세균이 출현한 시점은 A 이전이다.

07 생물의 존재 기간

- ㉠ ㉠은 원핵생물이다. 대장균은 원핵생물에 속한다.
- ㉡ ㉡은 막으로 둘러싸인 세포 소기관을 갖는 단세포 진핵생물이다.
- ✗ 구간 I은 진핵생물이 최초로 출현하기 이전의 시기이므로 엽록체는 구간 I 이후에 최초로 출현하였다.

08 세포내 공생

- ✗ (가)는 미토콘드리아, (나)는 엽록체이다. ㉠은 미토콘드리아의 기원인 산소 호흡 세균이다.
- ㉡ (가)는 미토콘드리아이다. 미토콘드리아는 내막이 겹겹이 접힌 크리스타 구조를 갖는다.
- ✗ 남세균은 원핵생물이므로 엽록체(나)를 갖지 않는다.

09 유기물 복합체

- ✗ ㉠은 마이크로스피어를 만든 폭스이다.
- ㉡ X는 아미노산이다. 밀러는 원시 지구에서 아미노산이 합성될 수 있음을 실험을 통해 증명하였다.
- ㉢ ㉢은 오파린이다. 오파린은 코아세르베이트에서 세포와 닮은 특성을 발견한 후 코아세르베이트를 원시 세포의 기원으로 주장하였다.

10 원시 생명체의 진화와 대기 성분의 변화

- ㉠ 최초의 생명체가 출현한 이후 유기물을 분해하면서 대기 중 이산화 탄소의 농도가 증가하였으며, 최초의 광합성 세균이 출현한 이후 물을 분해하여 대기 중 산소 농도가 증가하였다. ㉡는 이산화 탄소, ㉢는 산소이다.
- ✗ ㉣은 무산소 호흡 중속 영양 생물로 빛에너지를 화학 에너지로 전환하지 않는다. 빛에너지를 화학 에너지로 전환하는 생물은 광합성 세균인 ㉡이다.
- ✗ 효모는 단세포 진핵생물이므로 ㉡에 속하지 않는다.

11 생물의 출현 시기

- ㉠ 원핵생물이 진핵생물보다 먼저 출현하였으므로 ㉠은 최초의 광합성 세균이다.
- ✗ 미토콘드리아는 최초의 다세포 진핵생물이 출현하기 전에 최초로 출현하였다.
- ㉢ 생물은 바다에서 출현해 육지로 서식 범위를 확장하였다. 따라서 ㉠~㉢ 중 가장 나중에 출현한 ㉢이 육상 생물이다.

12 원시 생명체의 출현과 진화

- ✗ 최초로 출현한 생물은 핵막이 없는 원핵생물이다.
- ㉢ 광합성 세균이나 산소 호흡 세균이 원시 진핵생물 내에서 공생하면서 엽록체나 미토콘드리아가 최초로 출현하였다고 설명하는 가설이 세포내 공생설이다.
- ✗ 현재에도 무산소 호흡 생물은 존재한다.

수능 3점 테스트

본문 079~081쪽

01 ㉢	02 ㉠	03 ㉢	04 ㉠	05 ㉡
06 ㉢				

01 밀러의 실험

- ㉠ ㉠에 들어 있는 물질은 무기물이고, ㉡에 들어 있는 물질은 유기물이므로 ㉠은 A, ㉡은 B이다.
- ✗ ㉢에 들어 있는 물질은 오파린의 화학적 진화설에서 간단한 유기물에 해당한다.
- ㉣ 실험 결과 B에서 알라닌이나 글리신과 같은 단백질의 기본 단위가 검출되었다.

02 유전 정보 체계의 변화

- ㉠ 단백질 합성에 필요한 정보를 제공하고 스스로 물질대사를 할 수 있는 ㉡은 RNA이다.
- ✗ 일부 바이러스를 제외하고 대장균과 같은 현존 생물은 모두 (가)와 같은 DNA 기반 유전 정보 체계를 갖는다.
- ✗ 최초의 유전 물질이 물질대사 촉진까지 모두 수행했을 것으로 추

정되므로 (나)가 최초로 출현한 시기 이후에 (가)가 출현하였다.

03 다세포 진핵생물의 진화

- ㉠. ①은 단세포 진핵생물이므로 막으로 둘러싸인 세포 소기관을 갖는다.
- ㉡. 과정 (가)에서 각각 고유의 기능과 형태를 갖는 영양 세포와 운동 세포로 분화가 일어났다.
- ✗. 다세포 진핵생물은 최초의 광합성 세균이 출현한 이후에 출현하였다.

04 원시 생명체의 진화

- ㉠. 광합성 세균과 산소 호흡 세균은 모두 RNA를 가지므로 ①은 '중속 영양을 한다.'이고, ②은 'RNA를 갖는다.'이다.
- ✗. A는 중속 영양을 하지 않는 광합성 세균이다. 광합성 세균은 엽록체의 기원이다.
- ✗. B는 산소 호흡 세균이다. 산소 호흡 세균은 중속 영양을 하므로 빛에너지를 화학 에너지로 전환하지 않는다.

05 세포내 공생

- ✗. ㉠은 미토콘드리아의 기원인 산소 호흡 세균이다. 산소 호흡 세균은 원핵생물이므로 ㉡에 속한다.
- ㉡. 엽록체(㉡)는 내막에 ATP 합성에 관여하는 전자 전달계를 갖는다.
- ✗. 산소 호흡 세균은 최초의 다세포 진핵생물이 출현하기 전에 최초로 출현하였으므로 산소 호흡 세균이 최초로 출현한 시점은 구간 I에 속하지 않는다.

06 마이크로스피어

- ㉠. 아미노산을 고온으로 가열한 후 천천히 냉각시켜 마이크로스피어를 만든 과학자 (가)는 폭스이다.
- ✗. A는 인지질 2중층이 아닌 단백질로 이루어진 막을 갖는다.
- ㉡. ①은 ㉡이 합성되는 반응의 활성화 에너지를 낮춰 합성 반응을 촉진한다.

THEME

10

생물의 분류와 다양성

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 084쪽

정답 ③

해설 | 말미잘은 2배엽성 동물이고, 갯지렁이와 불가사리는 모두 3배엽성 동물이므로 ㉠은 2배엽성 동물이고, ㉡은 3배엽성 동물이다. 추수담류동물에 속하는 B는 갯지렁이이고, C는 불가사리이다.

- ✗. ㉠은 2배엽성 동물이다.
- ✗. B는 환형동물에 속한다.
- ㉡. C는 원구가 향문이 되는 후구동물에 속한다.

수능 2점 테스트

본문 085~087쪽

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

01 생물학적 종

- ㉠. 생물의 학명은 기본적으로 속명과 종소명을 병기하는 이명법을 사용한다. *Charadrius dubius*는 꼬마물떼새의 속명과 종소명을 병기한 것으로 꼬마물떼새의 학명을 이명법으로 나타낸 것이다.
- ㉡. 자연 상태에서 두 종은 만나도 교배가 불가능하므로 꼬마물떼새와 흰목물떼새는 생식적으로 격리되어 있다.
- ㉢. 두 종의 속명은 모두 *Charadrius*이므로 두 종은 같은 속에 속한다.

02 생물의 분류와 학명

- ㉠. A와 E가 같은 속에 속하므로 ㉠은 식육목이다. 따라서 ㉡은 말목이다.
- ✗. B와 D가 같은 속에 속하므로 ㉢은 말과이다. 따라서 C는 검은코뿔소과에 속한다.
- ㉡. B와 C는 같은 목에 속하고, B와 E는 다른 목에 속하므로 B와 C의 유연관계는 B와 E의 유연관계보다 가깝다.

03 동물 계통수

- ㉠. 6종의 곤충은 4개의 속으로 분류되므로 장수말벌과 말벌은 같은 속에 속하며, 같은 과에 속한다.
- ㉡. 6종의 곤충은 2개의 목으로 분류되므로 흰개미가 하나의 목에 속하고 흰개미를 제외한 5종의 곤충은 다른 하나의 목에 속한다. 따라서 불개미와 흰개미는 다른 과에 속한다.
- ✗. 불개미와 왕꿀벌의 분화가 왕꿀벌과 양봉꿀벌의 분화보다 먼저 일어났으므로 불개미와 왕꿀벌 사이의 유연관계는 왕꿀벌과 양봉꿀벌 사이의 유연관계보다 멀다.

04 3역 6계

- ㉠ 세균역에 속하는 생물은 핵막을 가지지 않고, 리보솜과 펩티도글리칸 성분의 세포벽을 가지므로 ㉠은 2이다. 진핵생물역에 속하는 생물은 펩티도글리칸 성분의 세포벽을 가지지 않고, 핵막과 리보솜을 가지므로 B는 진핵생물역이고, A는 고세균역이다. 고세균역에 속하는 생물은 핵막과 펩티도글리칸 성분의 세포벽을 가지지 않고 리보솜을 가지므로 ㉠은 1이다.
- ㉡. 메테인 생성균은 고세균역인 A에 속한다.
- ㉢. B는 진핵생물역이므로 B에 속한 생물은 선형의 염색체를 갖는다.

05 3역 6계

- ×. A는 동물계, B는 식물계, C는 원생생물계이다. 셀룰로스가 주 성분인 세포벽을 갖는 생물은 B에 속한다.
- ×. 원생생물계(C)에 속한 생물 중에는 독립 영양을 하는 생물과 종속 영양을 하는 생물이 모두 있다.
- ㉣. 식물계(B)와 원생생물계(C)는 모두 진핵생물역에 속한다.

06 동물계

- ㉠. 척수동물에 속하면서 체절이 있는 A는 갯지렁이이다.
- ×. B는 척수동물에 속하면서 체절이 없는 오징어이다. 오징어는 연체동물에 속한다.
- ㉣. C는 거미이다. 거미는 탈피를 하는 탈피동물에 속한다.

07 식물계

- ㉠. A와 C의 속명이 같으므로 A는 C와 같이 십자화과에 속한다.
- ×. 십자화과에 속하는 D가 십자화목에 속하므로 십자화과에 속하는 C도 십자화목에 속한다. C와 같은 속에 속하는 A도 십자화목에 속하고 A~E가 2개의 목으로 분류되므로 콩과에 속하는 E는 십자화목에 속하지 않는다.
- ×. A와 B는 다른 과에 속하고, A와 D는 같은 과에 속하므로 A와 B의 유연관계는 A와 D의 유연관계보다 멀다.

08 동물의 발생

- ㉠. 푸른곰팡이는 균계에 속하고 푸른곰팡이를 제외한 4종의 생물은 모두 동물계에 속하므로 A는 푸른곰팡이이다.
- ㉣. 산호는 2배엽성 동물이고 게, 회충, 성게는 3배엽성 동물이므로 B는 산호이다. C와 D는 각각 원구가 입이 되는 게와 회충 중 하나이고, E는 원구가 항문이 되는 성게이다. 게와 회충은 모두 탈피를 하는 탈피동물에 속한다.
- ㉣. (나)는 원구가 항문으로 분화되는 과정이다. E는 후구동물인 성게이므로 (나)와 같은 원구의 분화 과정을 거치는 생물은 E이다.

09 원생생물계와 식물계

- ×. '씨방이 있음'은 장미만이 갖는 특징이며, ㉠은 클로렐라를 제외한 3종이 갖는 특징인 '관다발이 있음'이다.
- ㉣. ㉣은 A만 갖는 특징이므로 '씨방이 있음'이고 A는 장미이다. B

는 장미와 유연관계가 제시된 생물 중 가장 가까운 소나무이다.
 ㉣. C와 D는 모두 진핵생물역에 속한다.

10 동물계

- ㉠. 체절이 있는 동물은 지네와 갯지렁이이고, 외골격이 있는 동물은 지네이며, 담류자 유생 시기가 있는 동물은 갯지렁이이다. 갯지렁이에서 B가 없으므로 B는 외골격이며 A와 C가 모두 없는 ㉠은 해파리이다. 지네는 체절이 있으므로 A는 체절, C는 담류자 유생 시기이다.
- ×. 갯지렁이에는 체절이 있으므로 ㉠은 '있음'이고, 해파리에는 외골격이 없으므로 ㉠은 '없음'이다.
- ㉣. ㉠은 체절, 외골격, 담류자 유생 시기가 모두 없는 해파리이다. 해파리는 2배엽성 동물이다.

11 생물 분류와 계통수

- ㉠. A와 B는 각각 ㉠과 ㉡ 중 하나이고, C는 ㉠이며, D와 E는 각각 ㉠과 ㉡ 중 하나이다. ㉠~㉡은 2개의 속으로 분류되므로 C와 D는 같은 속에 속하고 속명이 같다.
- ×. ㉡은 A와 B 중 하나이다. 그러므로 ㉠과 ㉡은 갖지 않는다.
- ×. A와 C는 다른 속에 속하고 C와 E는 같은 속에 속하므로 A와 C의 유연관계는 C와 E의 유연관계보다 멀다.

12 3역 6계

- ㉠. A는 세균역이다. 세균역에 속하는 생물은 펩티도글리칸 성분의 세포벽을 갖는다. 동물계가 속하는 C는 진핵생물역이고, B는 고세균역이다.
- ×. ㉠은 균계이다. 균계에 속하는 생물은 종속 영양 생물이다.
- ㉣. ㉣은 식물계이다. 식물은 진핵생물로 미토콘드리아를 갖는다.

수능 3점 테스트					본문 088~091쪽
01 ④	02 ③	03 ③	04 ③	05 ⑤	
06 ③	07 ②	08 ③			

01 생물의 분류와 계통수

- ×. ㉠을 갖는 생물이 I~IV이므로 ㉣은 ㉠이며, ㉡을 갖는 생물은 V이므로 ㉠은 ㉡이고, (가)는 V, (마)는 VII이다.
- ㉣. ㉣을 갖는 생물이 I~III이므로 ㉣은 ㉣이며, (다)는 IV이다. (라)는 ㉣과 ㉡만 가지므로 I이고, (바)는 ㉢, ㉣, ㉡를 가지므로 III이다. I~VII은 2개의 과와 3개의 속으로 분류되므로 (라)와 (바)는 같은 속에 속한다.
- ㉣. (다)와 I은 같은 과에 속하고 (다)와 (마)는 다른 과에 속하므로 (다)와 I의 유연관계는 (다)와 (마)의 유연관계보다 가깝다.

02 식물계와 학명

㉠ A와 가장 유연관계가 가까운 식물은 속명이 같은 C이므로 C는 뽕나무이다. C가 뽕나무과에 속하므로 속명이 같은 A도 뽕나무과에 속한다.

㉡ 대추나무와 B는 같은 과에 속하므로 D는 대추나무이다. 대추나무의 학명이 *Ziziphus jujuba*이므로, 대추나무의 속명은 *Ziziphus*이다.

✕ E는 보리수나무이다. A와 B의 분화가 B와 E의 분화보다 먼저 일어났으므로 A와 B의 유연관계는 B와 E의 유연관계보다 멀다.

03 식물계

㉠ 고사리는 포자로 번식하고, 관다발이 있으며, 씨방은 없으므로 ㉠은 1이다.

㉡ 뽕이끼는 3가지 특징이 모두 없고, 소철은 '종자로 번식한다.'와 '관다발이 있다.'가 있다. 따라서 ㉡는 2, ㉢는 0이고, A는 소철, C는 뽕이끼이다.

✕ B는 장미, C는 뽕이끼이다. 관다발은 장미에는 있지만 뽕이끼에는 없다.

04 식물의 형질과 분류

✕ ㉠은 I ~ III만 갖는 특징이므로 '줄기에 가시가 있음'이다. ㉡은 I ~ III 중 I만 갖는 특징이므로 '꽃잎에 반점이 있음'이다. 따라서 ㉢은 '꽃잎이 5장 형성됨'이다.

✕ ㉣이 '줄기에 가시가 있음'이므로 II는 줄기에 가시를 갖는다. C는 줄기에 가시가 없으므로 II는 C가 아니다.

㉤ C는 IV, D는 I, E는 V이다. C와 D의 분화가 C와 E의 분화보다 나중에 일어났으므로 C와 D의 유연관계는 C와 E의 유연관계보다 가깝다.

05 염기 치환과 종분화

✕ I은 (가)와 2군데에서 염기가 다르므로 (다)와 (바) 중 하나이다. ㉠에서는 퓨린 계열 염기가 다른 퓨린 계열 염기로 치환되었고, (다)와 (바) 중 퓨린 계열 염기가 다른 퓨린 계열 염기로 치환된 것은 (바)이므로, I은 (다), IV는 (바)이다.

㉡ ㉠에서 일어난 염기 치환은 68번에서 일어났다. 그러므로 68번에서 염기 치환이 일어난 III은 (나)이다. (바)에서 67번과 68번에서 염기 치환이 일어났으므로 ㉢에서 일어난 염기 치환은 67번에서 일어났다. ㉣은 V에서만 일어난 염기 치환이므로 71번에서 일어났다. 따라서 ㉢과 ㉣에서 모두 기준 염기가 구아닌(G)으로 치환되었다.

㉤ (바)는 IV이고, (마)는 II이다. 따라서 (가)와 (바)의 유연관계는 (가)와 (마)의 유연관계보다 가깝다.

06 동물계

✕ ㉠과 ㉡은 같은 속에 속하므로 I과 II는 각각 ㉠과 ㉡ 중 하나이며, 서로 다른 과에 속한다.

✕ III은 ㉢과 유연관계가 가장 가까운 ㉣이며 속명은 *Dasyatis*이다.

㉤ ㉠과 ㉡은 각각 I과 II 중 하나이므로 ㉠과 ㉡의 유연관계는 ㉠

과 ㉢의 유연관계보다 가깝다.

07 3역 6계

예설 | 펩티도글리칸 성분의 세포벽이 있는 II는 ㉠인 대장균이고, 핵막이 없는 IV는 ㉡인 메테인 생성균이다. I은 단세포 생물이므로 ㉢인 질신벌레이고 III은 ㉣인 개구리이다.

✕ ㉤은 효모와 유연관계가 가장 가까운 개구리이다. 개구리에는 세포벽이 없으므로 '세포벽이 있음'은 ㉤에 해당하지 않는다.

㉠ 핵막은 ㉢과 ㉣에 있고, 펩티도글리칸 성분의 세포벽은 ㉠에만 있으므로 (가)는 핵막이고, (나)는 펩티도글리칸 성분의 세포벽이다.

✕ 핵막이 있는 I과 III은 각각 ㉢과 ㉣ 중 하나이다. I은 단세포 생물이므로 I은 ㉢이고, III은 ㉣이다.

08 동물계

㉠ 히드라는 몸의 대칭성이 방사 대칭성이면서 척삭이 형성되지 않고 원구가 항문이 되지 않는다. 따라서 ㉠은 1이다.

㉡ B는 척삭이 형성되고, 몸이 좌우 대칭이며, 원구가 항문이 되는 창고기이다. 따라서 A는 달팽이이고, ㉡는 0이다.

✕ B는 척삭동물에 속하는 창고기로 담류자 유생 시기를 갖지 않는다.

THEME

11

생물의 진화

많은 낱 문제로 유형 익히기

본문 094쪽

정답 ②

예설 | 돌연변이는 ㉠~㉥ 중 '유전자풀에 새로운 대립유전자를 제공한다.'만 가지므로 B는 돌연변이이고, A는 창시자 효과이다. B가 갖는 ㉠은 '유전자풀에 새로운 대립유전자를 제공한다.'이고, ㉡과 ㉢은 각각 '유전적 부동의 한 현상이다.'와 '원래의 집단에서 적은 수의 개체가 다른 지역으로 이주하여 새로운 집단을 형성한다.' 중 하나이다. 병목 효과는 유전적 부동의 한 현상이고, ㉣을 갖는다고 했으므로 ㉣이 '유전적 부동의 한 현상이다.'이고, ㉤이 '원래의 집단에서 적은 수의 개체가 다른 지역으로 이주하여 새로운 집단을 형성한다.'이다.

✗. A는 창시자 효과, B는 돌연변이이다.

㉡. A(창시자 효과)는 ㉢(원래의 집단에서 적은 수의 개체가 다른 지역으로 이주하여 새로운 집단을 형성한다.)을 가지므로 ㉡는 '○'이다.

✗. 자연 선택은 ㉠(유전자풀에 새로운 대립유전자를 제공한다.)을 갖지 않는다.

수능 2점 테스트

본문 095~096쪽

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

01 생물 진화의 증거

예설 | 생물 진화의 증거에는 화석상의 증거, 비교해부학적 증거, 진화 발생학적 증거 등이 있다.

㉠. 고래 조상종의 화석에서 뒷다리 구조가 발견되고, 고래 조상종은 육지 생활을 한 것으로 추정된다. 고래 조상종의 화석은 생물 진화의 증거 중 화석상의 증거에 해당한다.

✗. 박쥐의 날개와 곤충의 날개는 발생 기원이 다르지만 기능이 비슷하므로 상사 형질(상사 기관)의 예에 해당한다.

㉢. 유연관계가 가까운 생물들은 발생 초기 단계에 성체에서 보이지 않는 유사한 특징이 나타난다. 연체동물과 환형동물 모두 트로코포라 유생 시기를 갖는 것은 생물 진화의 증거 중 진화발생학적 증거에 해당한다.

02 분자진화학적 증거

예설 | 염기 서열이나 단백질의 아미노산 서열과 같은 분자생물학적 특징을 비교하면 생물 간의 진화적 유연관계를 알 수 있다.

㉠. 붉은털원숭이, 생쥐, 닭의 순서대로 사람과 유연관계가 가깝고, 사람과 닭의 유연관계는 사람과 개구리의 유연관계보다 가까우므로 ㉠은 붉은털원숭이, ㉡은 생쥐, ㉢은 닭, ㉣은 개구리이다.

㉤. 여러 동물에서 공통으로 존재하는 특정 단백질의 염기 서열을 비

교하는 것은 생물 진화의 증거 중 분자진화학적 증거에 해당한다.

㉤. 사람과 칠성장어의 글로빈 단백질에서 아미노산 서열이 일치하지 않으므로 글로빈 단백질을 암호화하는 유전자의 염기 서열은 서로 다르다.

03 유전자풀의 변화 요인

예설 | 집단을 구성하는 개체는 자손에게 자신이 가지고 있는 대립유전자 중 하나를 무작위로 전달하게 된다. 대립유전자가 자손에게 무작위로 전달되기 때문에 세대와 세대 사이에서 대립유전자 빈도는 예측할 수 없는 방향으로 변화한다. 이와 같은 현상을 유전적 부동이라고 한다.

㉠. 부모 세대의 유전자풀에서 A의 수와 a의 수가 같으므로 A의 빈도와 a의 빈도는 같다.

✗. 과정 I에서 A와 a 모두 자손 세대에 전달되었다.

✗. 자손 세대와 부모 세대 모두 A와 a만 있다.

04 유전자풀의 변화 요인

예설 | ㉠은 돌연변이, ㉣은 자연 선택이다.

✗. 방사선, 화학 물질, 바이러스 등으로 DNA의 염기 서열에 변화가 생겨 새로운 대립유전자가 나타나는 현상은 돌연변이이다. 창시자 효과는 유전적 부동의 한 현상이다.

✗. ㉣은 유전자풀의 변화 요인 중 하나인 자연 선택이다.

㉤. 유전자풀의 변화 요인으로는 ㉠(돌연변이), ㉣(자연 선택), 유전적 부동, 유전자 흐름이 있다.

05 종분화

예설 | 종분화는 대부분 바다, 산맥과 같은 지리적 격리에 의해 일어난다.

㉠. 이입과 이출 없이 A로부터 B로의 분화가 일어났으므로 A가 B로 분화하는 과정에서 돌연변이가 발생했음을 알 수 있다.

㉢. A로부터 B로의 분화가 일어난 후 B로부터 C로의 분화가 일어났으므로 B와 C의 유연관계는 A와 C의 유연관계보다 가깝다.

✗. A와 C는 서로 다른 생물학적 종이므로 생식적으로 격리되어 있다. 따라서 A와 C 사이에서 생식 능력이 있는 자손이 태어날 수 없다.

06 하디·바인베르크 평형

예설 | 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단에서는 세대가 거듭되더라도 대립유전자 빈도가 변하지 않는다.

㉠. I에서 A의 빈도를 p , a의 빈도를 q 라고 하자. I에서 ㉠이 발현된 개체 수가 9600이므로 $10000 \times (p^2 + 2pq) = 9600$ 이고, $10000 \times \{p^2 + 2p(1-p)\} = 10000 \times (-p^2 + 2p) = 9600$ 이다. $-100p^2 + 200p - 96 = 25p^2 - 50p + 24 = 0$ 에서 $p < 1$ 이라는 조건을 만족하는 p 의 값은 0.8이다. 따라서 a의 빈도(q) = $1 - p = 1 - 0.8 = 0.2$ 이다.

✗. I에서 유전자형이 Aa인 개체 수는 $10000 \times 2pq = 10000 \times \{2(0.8)(0.2)\} = 3200$ 이다.

✗. I은 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단으로 세대가 거듭되

더라도 A의 빈도는 변함없다.

07 하디·바인베르크 평형

예설 | I ~ III에서 A와 a의 빈도를 나타내면 표와 같다.

집단	A의 빈도	a의 빈도
I	0.575	0.425
II	0.6	0.4
III	0.7	0.3

✗ 각 집단에서 A의 빈도를 p_1, p_2, p_3 , a의 빈도를 q_1, q_2, q_3 이라고 하자. I이 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이라면, I에서 유전자형으로 aa를 갖는 개체 수가 2500이므로 $10000 \times q_1^2 = 2500$ 에서 $q_1 = 0.5$ 이고, $p_1 = 1 - q_1 = 1 - 0.5 = 0.5$ 이다. I에서 유전자형 AA를 갖는 개체 수는 $10000 \times p_1^2 = 10000 \times (0.5)^2 = 2500$ 이어야 하지만 4000이므로 I은 하디·바인베르크 평형이 유지되지 않는 집단이다.

㉠ II에서 유전자형으로 aa를 갖는 개체 수가 1600이므로 $10000 \times q_2^2 = 1600$ 에서 $q_2 = 0.4$ 이고, $p_2 = 1 - q_2 = 1 - 0.4 = 0.6$ 이다. III에서 유전자형으로 aa를 갖는 개체 수가 900이므로 $10000 \times q_3^2 = 900$ 에서 $q_3 = 0.3$ 이고, $p_3 = 1 - q_3 = 1 - 0.3 = 0.7$ 이다.

$\frac{\text{II에서 A의 빈도}(p_2)}{\text{III에서 a의 빈도}(q_3)} = \frac{0.6}{0.3} = 2$ 이다.

㉡ III에서 유전자형으로 AA를 갖는 개체 수는 $10000 \times p_3^2 = 10000 \times (0.7)^2 = 4900$ 이므로 ㉡는 4900이다.

08 하디·바인베르크 평형

예설 | 검은색 몸 대립유전자 A는 회색 몸 대립유전자 A*에 대해 완전 우성이다.

㉠ A가 증가할수록 A를 갖는 개체의 비율이 증가하므로 그림은 A의 빈도에 따른 검은색 몸 개체의 비율을 나타낸 것이다. A의 빈도가 0.5일 때, 검은색 몸 개체의 비율이 $0.75 (= (0.5)^2 + 2(0.5 \times 0.5))$ 이므로 A는 A*에 대해 완전 우성이다.

✗ p 가 0.3인 집단에서 q 는 0.7이다. p 가 0.3인 집단에서 회색 몸 개체 수는 $10000 \times (0.7)^2 = 4900$ 이다.

✗ p 가 q 의 3배인 집단에서 p 는 0.75, q 는 0.25이다. 이 집단에서 유전자형이 Aa인 개체 수는 $10000 \times 2(0.75)(0.25) = 10000 \times 2\left(\frac{3}{4} \cdot \frac{1}{4}\right) = 3750$ 이다.

수능 3점 테스트

본문 097~101쪽

- 01 ㉢ 02 ㉠ 03 ㉡ 04 ㉢ 05 ㉤
06 ㉠ 07 ㉤

01 생물 진화의 증거

예설 | 생물의 분포는 지역마다 독특하게 나타나는데, 이는 같은 종의

생물이 지리적으로 격리된 후 오랜 세월 동안 독자적인 진화 과정을 거쳤기 때문이다

㉠ 갈라파고스 군도에는 섬마다 부리 모양이 조금씩 다른 여러 종의 핀치가 살고 있고, 이는 생물 진화의 증거 중 생물지리학적 증거에 해당한다.

㉡ 핀치의 부리 모양은 서식 환경에 적응한 결과로, 먹이의 종류에 따라 부리 모양이 다르다.

✗ 흔적 기관은 현재에 과거의 기능을 더 이상 수행하지 않고 흔적으로만 남은 기관으로, ㉡는 현재에도 기능을 하므로 흔적 기관이 아니다.

02 종분화

예설 | 계통수에서 가장 최근에 분화된 종은 가장 최초에 분화된 종보다 유연관계가 가깝다.

㉠ 계통수에서 A에서 B로의 분화 → A에서 D로의 분화 → A에서 C로의 분화 순으로 종분화가 일어났음을 알 수 있고, 지리적 격리는 섬의 분리 → 산맥 형성 → 협곡 형성 순서로 일어났다.

✗ B와 D는 서로 다른 생물학적 종으로 유전자풀이 다르다.

✗ 가장 최근에 분화된 종의 유연관계가 오래전에 분화된 종의 유연관계보다 가깝다. A에서 B로의 분화는 A에서 D로의 분화보다 오래전에 일어났으므로 A와 B의 유연관계는 A와 D의 유연관계보다 멀다.

03 유전자풀의 변화 요인

예설 | (가)는 자연 선택, (나)는 돌연변이, (다)는 창시자 효과이다.

✗ (가)의 예에서 가뭄 후 A를 갖는 개체 수가 증가하였으므로 가뭄 전 I의 유전자풀과 가뭄 후 I의 유전자풀은 다르다.

✗ (가)는 특정 대립유전자를 갖는 개체가 서식 환경에 적응하여 더 많은 자손을 남길 수 있는 자연 선택이고, (나)는 DNA 염기 서열에서의 변화로 인해 새로운 대립유전자가 생성되는 돌연변이이며, (다)는 창시자 효과이다.

㉠ (다)(창시자 효과)는 유전적 부동의 한 현상이다.

04 종분화

예설 | 지리적 격리에 의해 종분화가 일어나고, 가장 최근에 분화된 두 종은 계통수에서 가장 가까이에 있다.

㉠ C에서 D로의 종분화가 가장 최근에 일어났으므로 ㉠은 C이다. B에서 C로의 종분화가 A에서 B로의 종분화보다 최근에 일어났으므로 ㉠은 B, ㉡는 A이다.

㉡ ㉠, ㉡, D, ㉢은 2개의 과로 분류되므로 ㉡는 한 과에 속하고, ㉠, D, ㉢은 ㉡과는 다른 과에 속한다. A(㉡)와 ㉢(C)은 서로 다른 과에 속한다.

✗ ㉡(A)과 C는 서로 다른 생물학적 종이므로 생식적으로 격리되어 있다. 지리적 격리가 사라지더라도 ㉡(A)과 C 사이에서 생식 능력이 있는 자손은 태어날 수 없다.

05 하디·바인베르크 평형

예설 | I에서 A의 빈도는 0.6, a의 빈도는 0.4, II에서 A의 빈도는 0.3, a의 빈도는 0.7이다.

㉠ I과 II에서 A의 빈도를 각각 p_1, p_2 , a의 빈도를 각각 q_1, q_2 라고 하자. I에서 유전자형이 AA인 개체들을 유전자형이 aa인 개체

들과 합쳐서 A의 빈도를 구하면 $\frac{2p_1^2}{2(p_1^2+q_1^2)} = \frac{9}{13}$ 에서 $13p_1^2 = 9p_1^2 + 9q_1^2$ 이고, $4p_1^2 = 9q_1^2$ 이므로 $p_1 = 0.6, q_1 = 0.4$ 이다. I에서 유전자형이 Aa인 개체들을 aa인 개체들과 합쳐서 A의 빈도를 구하면

$\frac{2p_1q_1}{2(p_1q_1+q_1^2)} = \frac{p_1}{1+p_1} = \frac{0.6}{1+0.6} = \frac{3}{8}$ 이다. 따라서 ㉡는 $\frac{3}{8}$ 이다.

㉢ I에서 A의 빈도(p_1) = $\frac{6}{7}$ 이므로 II에서 A의 빈도(p_2)는 0.3, a의 빈도(q_2)는 0.7이다. I에서 검은색 털을 갖는 개체 수는

$10000 \times (p_1^2 + 2p_1q_1) = 10000 \times \{(0.6)^2 + 2(0.6)(0.4)\} = 8400$ 이고, II에서 검은색 털을 갖는 개체 수는 $20000 \times (p_2^2 + 2p_2q_2) = 20000 \times \{(0.3)^2 + 2(0.3)(0.7)\} = 10200$ 이다. I과 II에서 검은색 털을 갖는 개체 수의 차이는 1800이다.

㉣ II에서 F₁이 회색 털을 갖기 위해서는 검은색 털을 갖는 암컷으로부터 a를 물려받아야 하므로 검은색 털을 갖는 암컷의 유전자형은 Aa이어야 한다. 검은색 털을 갖는 암컷의 유전자형이 Aa일 확률은

$\left(\frac{2p_2q_2}{p_2^2+2p_2q_2}\right) = \frac{2q_2}{1+q_2} = \frac{2(0.7)}{1+0.7} = \frac{14}{17}$ 이다. 따라서 검은색 털을 갖는 암컷(Aa)과 회색 털(aa)을 갖는 수컷 사이에서 태어난 F₁이 회색털(aa)을 가질 확률은 $\frac{14}{17} \times \frac{1}{2} = \frac{7}{17}$ 이다.

06 하디·바인베르크 평형

예설 | 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단에서는 시간이 흘러도 대립유전자 빈도와 유전자형 빈도가 변하지 않는다.

㉠ I과 II에서 A의 빈도를 각각 p_1, p_2 , a의 빈도를 각각 q_1, q_2 라고 하자. I에서 A를 가진 개체들을 합쳐서 A의 빈도를 구하는 식은

$\frac{2p_1^2+2p_1q_1}{2(p_1^2+2p_1q_1)} = \frac{1}{1+q_1}$ 이다. I에서 $\frac{1}{1+q_1} = \frac{5}{8}$ 이므로 $q_1 = \frac{3}{5}$, $p_1 = 1 - q_1$ 이므로 $\frac{2}{5}$ 이다. II에서 $\frac{1}{1+q_2} = \frac{5}{7}$ 이므로 $q_2 = \frac{2}{5}$, $p_2 = 1 - q_2$ 이므로 $\frac{3}{5}$ 이다. I에서 A의 빈도(p_1) = $\frac{2}{5}$, II에서 a의 빈도(q_2) = $\frac{2}{5}$ 이다.

㉢ I과 II에서 긴 날개 대립유전자 B의 빈도를 각각 p_1', p_2' , 짧은 날개 대립유전자 B*의 빈도를 각각 q_1', q_2' 이라고 하자. B가 B*에 대해 열성이라면 II에서 유전자형이 BB*인 개체 수 = $\frac{2p_2'q_2'}{p_2'^2}$ = $\frac{2q_2'}{p_2'}$ = $\frac{8}{9}$ 에서 $p_2' = \frac{9}{13}$, $q_2' = \frac{4}{13}$ 로 B의 빈도(p_2')는 B*의 빈도(q_2')보다 작다는 조건을 만족하지 않는다. B가 B*에 대해 우성이

라면 II에서 유전자형이 BB*인 개체 수 = $\frac{2p_2'q_2'}{p_2'^2+2p_2'q_2'}$ = $\frac{2q_2'}{1+q_2'}$ = $\frac{8}{9}$ 에서 $p_2' = \frac{1}{5}$, $q_2' = \frac{4}{5}$ 로 B의 빈도(p_2')는 B*의 빈도(q_2')보다 작다는 조건을 만족한다. 따라서 긴 날개 대립유전자 B는 짧은 날개 대립유전자 B*에 대해 우성이다. I에서 B의 빈도는 II에서 A의 빈도가 같으므로 I과 II에서 A, a, B, B*의 빈도는 표와 같다.

집단	A의 빈도(p)	a의 빈도(q)	B의 빈도(p')	B*의 빈도(q')
I	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{2}{5}$
II	$\frac{3}{5}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{4}{5}$

I에서 유전자형 Aa의 빈도는 $2 \cdot \frac{2}{5} \cdot \frac{3}{5} = \frac{12}{25}$, 유전자형 BB*의 빈도는 $2 \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{2}{5} = \frac{12}{25}$ 이므로 I에서 유전자형 Aa의 빈도는 유전자형 BB*의 빈도와 같다.

㉣ II에서 유전자형이 BB*인 암컷은 날개의 형질이 긴 날개이다. 이 암컷이 임의의 긴 날개 수컷과 교배하여 낳은 F₁이 긴 날개(B_)일 확률 = $1 - F_1$ 이 짧은 날개(B*B*)를 가질 확률이다. F₁이 짧은 날개를 가지려면 암컷으로부터 B*를 물려받아야 하고, 암컷으로부터 B*를 물려받을 확률은 $\frac{1}{2}$ 이다. 임의의 긴 날개 수컷으로부터 B*를 물려받을 확률은 $\left(\frac{2p_2'q_2'}{p_2'^2+2p_2'q_2'} \times \frac{1}{2}\right) = \left(\frac{2q_2'}{1+q_2'} \times \frac{1}{2}\right) = \frac{8}{9} \times \frac{1}{2} = \frac{4}{9}$

이므로 F₁이 짧은 날개를 가질 확률은 $\frac{1}{2} \times \frac{4}{9} = \frac{2}{9}$ 이다. 따라서 F₁이 긴 날개를 가질 확률 = $1 - \frac{2}{9} = \frac{7}{9}$ 이다.

07 하디·바인베르크 평형

예설 | 각 집단에서 A의 빈도를 p , a의 빈도를 q 라고 하면 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단에서 $p+q=1$ 이고, AA의 비율은 p^2 , Aa의 비율은 $2pq$, aa의 비율은 q^2 을 만족한다.

㉠ I~V 중 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단은 유전자형 AA의 비율이 p^2 으로 제공수를 나타내므로 II는 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이 아니다. IV에서 유전자형 AA의 빈도가 0.36이므로 $p=0.6, q=0.4$ 이다. IV에서 대립유전자 A를 갖는 개체 수는 $10000 \times (p^2 + 2pq) = 10000 \times \{(0.6)^2 + 2(0.6)(0.4)\} = 8400$ 이어야 하는데 8000이므로 IV는 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이 아니다. 따라서 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단은 I, III, V이다.

㉢ 표에서 유전자형 AA의 빈도를 통해 유전자형 AA의 개체 수를 알 수 있고, 대립유전자 A를 갖는 개체 수를 통해 유전자형 Aa와 aa의 개체 수를 알 수 있다. 유전자형 AA, Aa, aa의 개체 수를 각각 x, y, z 라고 했을 때 A의 빈도(p)는 $\frac{2x+y}{20000}$ 이고, a의 빈도(q)는 $1-p$ 로 구할 수 있다. 유전자형 AA, Aa, aa에 따른 개체 수(마리)와 A와 a의 빈도는 표와 같다.

구분	I	II	III	IV	V
대립유전자 A를 갖는 개체 수(마리)	7500	7000	9600	8000	9100
유전자형 AA의 빈도	0.25	0.10	0.64	0.36	0.49
유전자형 AA의 개체 수	2500	1000	6400	3600	4900
유전자형 Aa의 개체 수	5000	6000	3200	4400	4200
유전자형 aa의 개체 수	2500	3000	400	2000	900
A의 빈도(p)	0.5	0.4	0.8	0.58	0.7
a의 빈도(q)	0.5	0.6	0.2	0.42	0.3

II, III에서 A의 빈도의 합 = $\frac{0.4+0.8}{0.5+0.3} = \frac{3}{2}$ 이다.
I, V에서 a의 빈도의 합 = $\frac{0.5+0.3}{0.5+0.3} = \frac{3}{2}$ 이다.

㉔. P에서 유전자형이 Aa인 개체 수는 aa인 개체 수보다 8배 많으므로 III이다. B의 빈도를 p_1 , b의 빈도를 q_1 이라고 하면 ㉔을 나타내는 암컷의 비율은 $p_1^2 + 2p_1q_1$, ㉔을 나타내고 b를 갖는 암컷의 비율은 $2p_1q_1$ 이므로 $\frac{2p_1q_1}{p_1^2 + 2p_1q_1} = \frac{6}{13}$ 이다. 따라서 $p_1 = 0.7$, $q_1 = 0.3$ 이다. F₁의 ㉑과 ㉒의 유전자형이 aabb가 되려면 암컷으로부터 a와 b를 모두 물려받아야 하고, 임의의 수컷으로부터 a와 b를 모두 물려받아야 한다. 암컷으로부터 a와 b를 모두 물려받을 확률은 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이고, 임의의 수컷으로부터 a를 물려받을 확률(q)은 $\frac{1}{5}$, b를 물려받을 확률(q₁)은 $\frac{3}{10}$ 이다. 따라서 F₁의 ㉑과 ㉒의 유전자형이 aabb일 확률은 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{5} \times \frac{3}{10} = \frac{3}{200}$ 이다.

THEME
12 생명 공학 기술과 인간 생활

많은 낱 문제로 유형 익히기 본문 104쪽

정답 ⑤
해설 | ㉑가 Sma I 이라면 8번째 혹은 12번째 혹은 14번째부터 염기 서열이 CCCGGG이어야 한다. ㉒가 Sma I 이라면 5번째 혹은 12번째 혹은 17번째부터 염기 서열이 CCCGGG이어야 한다. 따라서 ㉓가 Sma I 이다. ㉑가 Xba I 이라면 8번째 혹은 12번째 혹은 14번째부터 염기 서열이 TCTAGA이어야 한다. 따라서 ㉑는 Bgl II 이고 ㉒는 Xba I 이다.
 ✕. ㉓는 Sma I 이다.
 ㉑. ㉑의 염기 서열은 TCTAGA이므로 푸린 계열 염기가 3개 있다.
 ㉒. IV에서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수를 아무리 조합하더라도 32가 될 수 없다. 따라서 IV에 첨가한 제한 효소는 Sma I 과 Xba I 이다.

수능 2점 테스트 본문 105~106쪽

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

01 제한 효소
 ✕. x에 Pst I 을 처리하여 ⑥를 분리하였으므로 x에는 Pst I 이 인식하는 서열이 최소 2군데 있다.
 ㉑. (가)에서는 제한 효소가, (나)에서는 DNA 연결 효소가 사용되었다.
 ㉒. (나)에서 DNA 연결 효소에 의해 당과 인산의 결합이 일어나 재조합 DNA가 생성되었다.

02 제한 효소
 ㉑. (가)에 Cla I 의 인식 서열이 2군데 있으므로 (가)에 Cla I 을 처리하면 (가)는 3조각으로 분리된다.
 ㉒. (가)에 Asu II 의 인식 서열이 1군데 있으므로 ㉑은 사이토신(C)이고 ㉒은 구아닌(G)이다.
 ㉓. Cla I 로 절단된 조각의 말단에 있는 단일 가닥 염기 서열과 Asu II 로 절단된 조각의 말단에 있는 단일 가닥 염기 서열이 모두 5'-CG-3'이므로 Cla I 로 절단된 조각과 Asu II 로 절단된 조각은 DNA 연결 효소로 연결할 수 있다.

03 조직 배양
 ✕. 당근의 세포를 배양하여 당근 식물체를 만드는 과정에서 세포 융합 기술은 사용되지 않았으며 ㉑에 해당하는 생명 공학 기술은 조직 배양이다.
 ㉒. 세포 덩어리로부터 배가 형성되는 과정에서는 체세포 분열이 일

어난다.

㉔ A의 세포를 이용해 B를 만들었으므로 A와 B는 유전적으로 동일하다.

04 줄기세포

- ㉑ I은 체세포를 역분화시켜 얻은 유도 만능 줄기세포이다.
- ✗ II의 핵의 유전 정보는 핵을 제공한 A의 체세포 핵의 유전 정보와 같다.
- ㉒ II를 만드는 과정에서 체세포의 핵을 무핵 난자에 넣는 핵치환 기술이 사용되었다.

05 단일 클론 항체

- ㉑ 잡종 세포는 골수 암세포의 긴 수명과 B 림프구의 항체 생성 능력을 모두 갖는다. 따라서 ㉑의 수명은 B 림프구보다 길다.
- ㉒ 과정 I에서 잡종 세포를 만들기 위해 세포 융합 기술이 사용되었다.
- ㉓ ㉑은 X 주입으로 활성화된 B 림프구로 만든 잡종 세포에서 생성 분비된 항체이므로 X에 특이적으로 결합한다.

06 핵치환

- ㉑ ㉑을 이용해 만든 무핵 난자에 A의 체세포에서 추출한 핵을 넣어 ㉑을 만들었으므로 ㉑에는 ㉑에서 유래한 미토콘드리아가 있다.
- ㉒ A가 제공한 핵으로 만든 세포를 이용해 D를 만들었으므로 A와 D는 핵의 유전 정보가 같다.
- ✗ A가 수컷이므로 D도 수컷이다. C는 암컷이므로 C와 D의 성별은 서로 다르다.

07 재조합 플라스미드

- ㉑ 플라스미드를 절단하여 선형 DNA로 만드는 과정에는 제한 효소가 사용된다.
- ✗ ㉒은 DNA 연결 효소를 이용해 재조합 DNA를 만드는 과정으로 이 과정에서 세포 융합 기술은 사용되지 않는다.
- ㉓ X가 분열할 때 플라스미드도 복제되므로 새롭게 생성된 대장균에도 인슐린 유전자가 있다.

08 형질 전환 대장균 선별

- ㉑ 암피실린 배지에서 자란 균체는 모두 암피실린 저항성 유전자를 가진다. 암피실린 배지에서 흰색 균체와 푸른색 균체가 모두 배양되었으므로 ㉑은 젓당 분해 효소 유전자이다.
- ✗ 푸른색 균체를 형성하는 대장균은 ㉑과 ㉒을 모두 가지므로 재조합되지 않은 플라스미드를 갖는다. 따라서 푸른색 균체에서는 인슐린이 합성되지 않는다.
- ✗ 흰색 균체가 암피실린 배지에서 살아남았으므로 암피실린 저항성 유전자를 갖는 플라스미드가 있다.

수능 3점 테스트

본문 107~111쪽

01 ㉔	02 ㉑	03 ㉒	04 ㉓	05 ㉓
06 ㉔	07 ㉓			

01 제한 효소

- ✗ I에서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수가 28과 32이므로 I에 처리한 제한 효소 ㉑은 Xba I이다.
- ㉒ I에서 생성된 DNA 조각 수가 2이고, III에서 생성된 DNA 조각 수가 4이므로 ㉒은 3이다.
- ㉓ III에서 가장 적은 수의 염기를 갖는 DNA 조각은 제시된 염기 서열에서 왼쪽이 Taq I에 의해 잘려 형성된 8개의 염기로 된 DNA 조각이다. 이 조각에는 AT쌍이 2개, GC쌍이 1개 있으므로 염기 간 수소 결합의 수는 7이다.

02 제한 효소와 전기 영동

- ㉑ I과 II에 각각 2가지 DNA 띠가 생성되었으므로 I과 II에 첨가한 제한 효소는 ㉑과 ㉒ 중 하나이다. I에서 생성된 두 DNA 조각의 길이 차가 II에서 생성된 두 DNA 조각의 길이 차보다 짧으므로 I에 넣은 제한 효소는 ㉑이다.
- ✗ III에 첨가한 제한 효소는 ㉓이므로 ㉓에는 1종류의 DNA 띠가 있다.
- ✗ IV에 3종류의 DNA 띠가 있고, ㉔에 있는 DNA 조각의 길이와 ㉕에 있는 DNA 조각의 길이가 같으므로 IV에 넣은 제한 효소는 ㉑과 ㉒이다.

03 제한 효소

- ✗ Ava I은 Xma I이 인식하는 서열을 포함하여 더 많은 서열을 인식하므로 생성된 DNA 조각이 적은 I에 첨가한 ㉒은 Xma I이고, 생성된 DNA 조각이 많은 II에 첨가한 ㉓은 Ava I이다.
- ✗ 시험관 I에서 생성된 DNA 조각 수가 2이므로 Xma I에 의해 인식되는 서열이 1개이고, ㉒은 사이토신(C), ㉓은 구아닌(G)이다. 시험관 II에서 생성된 DNA 조각 수가 4이므로 Ava I에 의해 인식되는 서열이 3개이고, ㉑은 아데닌(A)이다.
- ㉔ II에서 생성된 DNA 조각 중 가장 적은 수의 염기를 갖는 DNA 조각은 3개의 염기쌍과 4개의 염기로 이루어진 단일 가닥이 있으므로 이 DNA 조각에는 10개의 염기가 있다.

04 형질 전환 대장균 선별

- ✗ 암피실린과 X-gal 배지에서 자란 흰색 균체는 암피실린 저항성 유전자는 가지고 있지만 젓당 분해 효소 유전자는 유전자 x의 삽입으로 인해 파괴된 것이다. 따라서 Bgl II 인식 서열은 젓당 분해 효소 유전자 내에 있다.
- ✗ P를 Bgl II로 절단하였으므로 x를 분리할 때 사용한 제한 효소는 Bgl II와 단일 가닥이 서로 상보적이어야 한다. Bcl I과 BamH I은 Bgl II와 단일 가닥이 상보적이지 않지만 Xba I은 상보적이지 않

므로 ㉠에 해당하는 제한 효소는 Xba I 이 아니다.

㉡. x 가 있는 플라스미드는 젓당 분해 효소를 합성하지 못하므로 대장균의 균체가 흰색이다. 따라서 ㉠과 ㉡ 중 x 를 갖는 대장균은 ㉠이다.

05 제한 효소

㉠. x 가 원형 DNA라면 IV에 넣은 x 가 5 조각이 났으므로 제한 효소의 인식 서열은 5개 있고 ㉠과 ㉡의 합이 5이어야 한다. 하지만 ㉠과 ㉡의 2배이므로 ㉠과 ㉡의 합은 5일 수 없으므로 x 는 선형 DNA이다.

㉢. (가)와 (나)의 인식 서열이 x 에 4개 있고, ㉠과 ㉡의 2배이므로 ㉠은 4 ㉡는 2이다.

㉣. III에서 (다)에 의해 x 가 2조각이 났고, x 는 선형 DNA이므로 x 에 (다)의 인식 서열은 1개 있다.

06 제한 효소

㉣. EcoRI 을 첨가한 I에서 생성된 DNA 조각 수가 3이므로 x 에는 EcoRI 의 인식 서열이 2개 있다. ㉠과 5'이라면 ㉠을 제외한 어떤 부분에서도 EcoRI 의 인식 서열이 없으므로 ㉡는 3'이다.

㉤. EcoRI 의 인식 서열이 5' 말단에서 두 번째 염기부터 7번째 염기까지이므로 x 가 EcoRI 에 의해 절단되면 염기 수가 8인 조각이 생성된다. IV에는 염기 수가 8인 조각이 없으므로 IV에 첨가한 제한 효소는 Sac I 과 Bal I 이다.

㉥. II에서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수가 12와 48이고, ㉠을 제외한 부분에서 Sac I 의 인식 서열이 없으므로 Sac I 의 인식 서열의 일부는 ㉠에 포함되어 있다. III에서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수가 24와 36이고, ㉠을 제외한 부분에서 Bal I 의 인식 서열이 없으므로 Bal I 의 인식 서열 일부는 ㉠에 포함되어 있다. ㉠을 제외한 부분에서 EcoRI 의 인식 서열이 1개 있으므로 ㉠에 EcoRI 인식 서열이 있다. 그러므로 ㉠의 서열은 5'-CAGAATTCGAG-3'이며, 퓨린 계열 염기인 A의 수가 4, G의 수가 3이다.

07 형질 전환 대장균 선별

㉠. 앰피실린 배지에서 ㉠, ㉡, ㉢이 모두 균체를 형성하므로 x 와 y 가 모두 삽입되지 않는 a 는 앰피실린 저항성 유전자이다. ㉠과 ㉡이 모두 카나마이신 배지에서 균체를 형성하지 못하므로 x 가 삽입될 수 있는 b 는 카나마이신 저항성 유전자이다. 따라서 c 는 젓당 분해 효소 유전자이다.

㉣. 대장균 I 은 앰피실린 배지와 카나마이신 배지에서 모두 균체를 형성하지 못하므로 ㉠은 I 이다. II는 앰피실린 배지와 카나마이신 배지에서 모두 푸른색 균체를 형성하므로 ㉡이다. ㉢이 앰피실린 배지에서 흰색 균체를 형성하므로 ㉢은 IV이고 ㉠은 III이다. III은 젓당 분해 효소를 합성하므로 푸른색 균체를 형성한다. 따라서 ㉣는 푸른색이다.

㉤. ㉢은 앰피실린 배지에서 흰색 균체를 형성하고, 카나마이신 배지에서 균체를 형성하지 못하므로 앰피실린 저항성 유전자는 갖고 카나마이신 저항성 유전자와 젓당 분해 효소 유전자는 갖지 않는다. 따라서 ㉢은 x 와 y 를 모두 갖는다.

실전 모의고사 1회

본문 114~119쪽

01 ㉡	02 ㉢	03 ㉠	04 ㉢	05 ㉠
06 ㉡	07 ㉣	08 ㉣	09 ㉤	10 ㉤
11 ㉣	12 ㉢	13 ㉣	14 ㉠	15 ㉤
16 ㉢	17 ㉤	18 ㉡	19 ㉤	20 ㉢

01 생명 과학의 역사

예설 | I ~ III을 시간 순서에 따라 나타내면 I 은 레이우엔훅의 최초의 미생물 발견(1673년) → II는 다윈의 자연 선택설 주장(1859년) → III은 멀리스의 DNA 증폭 기술 개발(1983년)이다.

㉣. I 은 레이우엔훅이 이룬 성과로 최초의 미생물 발견(1673년)이다.

㉤. 다윈의 자연 선택설 주장(II)은 1859년에 있었던 성과이고 사람 유전체 사업 완료는 2003년에 완료되었다.

㉥. III은 중합 효소 연쇄 반응(PCR)을 이용해 DNA를 대량 복제할 수 있는 멀리스의 DNA 증폭 기술 개발이다.

02 생명체의 구성 단계

예설 | ㉠은 세포, ㉡은 기관, ㉢은 조직, ㉣은 조직계이다.

㉠. 동물과 식물에는 ㉠이 있고, 여러 종류의 ㉠이 모여 ㉡을 이루므로 ㉠은 세포 또는 조직이다. 동물의 결합 조직은 조직의 예이므로 ㉡은 조직이고, ㉠은 세포이다. 동물과 식물에서 모두 ㉠(세포)이 모여 ㉡을 이루므로 ㉢은 기관이다. 나머지 ㉣은 조직계이다.

㉣. ㉡의 구성 단계에 ㉢(조직계)이 있고, ㉣(조직계)은 식물의 구성 단계에만 있으므로 ㉡는 식물이다.

㉤. 뿌리는 ㉢(기관)의 예이다.

03 효소

예설 | ㉠은 2, ㉡은 0, ㉢은 1이고, A는 경쟁적 저해제, B는 비경쟁적 저해제이다.

㉠. 최대 초기 반응 속도가 가장 높고, 도달 시간이 가장 짧은 I 은 저해제가 없으므로 ㉡은 0이고, ㉠은 1 또는 2이다. II에서 A의 농도는 ㉡이고, I에서의 초기 반응 속도 최댓값에 도달했으므로 A는 경쟁적 저해제이다. 초기 반응 속도 최댓값이 III에서가 IV에서보다 높으므로 ㉠은 ㉡보다 크다. 따라서 ㉠은 2이고, ㉡은 1이다.

㉣. B(비경쟁적 저해제)는 E의 활성 부위가 아닌 다른 부위에 결합한다.

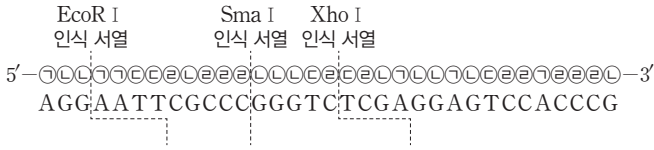
㉤. E에 의한 반응의 활성화 에너지는 저해제 유무와 상관없이 일정하다. S₁일 때 E에 의한 반응의 활성화 에너지는 I에서와 III에서가 같다.

04 세포막을 통한 물질의 이동

예설 | I 은 단순 확산, II는 능동 수송, III은 촉진 확산이고, ㉠의 이동 방식은 능동 수송, ㉡의 이동 방식은 촉진 확산이다.

㉠. 세포막을 통한 O₂의 이동 방식은 단순 확산이므로 I 은 단순 확산

(G)이다. I에서 EcoR I을 처리했을 때 생성된 DNA 조각 수가 2이므로 x에는 EcoR I의 인식 서열이 1군데 있다. x의 염기 서열 중 ①②③④⑤⑥(=G①②③④⑤⑥C)이 EcoR I의 인식 서열이고 ⑦은 아데닌(A), ⑧은 타이민(T)이다. x의 염기 서열을 표시하면 다음과 같다.



㉔. EcoR I과 Sma I을 처리하면 3개의 DNA 조각이 생성되므로 ㉔는 3이고, Xho I과 Sal I을 처리하면 2개의 DNA 조각이 생성되므로 ㉔는 2이다. 따라서 ㉔+㉔=5이다.

㉕. I에서 EcoR I에 의해 2개의 DNA 조각이 생성되고, 각 조각의 염기 수는 10개, 56개이다. 따라서 I에서 염기 수가 56개인 DNA 조각이 생성된다.

11 동물의 분류

예설 | ㉔는 달팽이, ㉔는 해삼이고, ㉔는 ㉔(해삼)과 호랑이를 구분하는 특징이다.

㉔. 해삼과 달팽이는 모두 중배엽이 있고, 달팽이는 원구가 입이 되는 선구동물, 해삼은 원구가 항문이 되는 후구동물이므로 ㉔는 달팽이, ㉔는 해삼이다.

✕. ㉔(해삼)은 수관계를 가지며, 관쪽으로 이동하는 극피동물에 속한다.

㉕. ㉔는 해삼과 호랑이를 구분하는 특징이다. 해삼은 척추가 없고, 호랑이는 척추가 있으므로 '척추가 있음'은 ㉔에 해당한다.

12 생명의 기원

예설 | 밀러와 유리의 실험을 통해 원시 대기의 무기물로부터 간단한 유기물이 합성될 수 있음이 증명되었다.

㉔. 밀러와 유리의 실험에서 사용된 혼합 기체에는 메테인(CH₄), 암모니아(NH₃), 수증기(H₂O), 수소(H₂)가 있다.

㉔. 코아세르베이트, 마이크로스피어, 리포솜은 모두 ㉔(유기물 복합체)의 예이다.

✕. (가)(밀러와 유리의 실험)를 통해 무기물로부터 아미노산과 같은 간단한 유기물이 합성될 수 있음이 증명되었다. 간단한 유기물로부터 복잡한 유기물이 합성되는 과정 I은 폭스의 실험을 통해 증명되었다.

13 학명

예설 | (가), (나), (라)는 모두 소나무과에 속하고, (다)는 측백나무과에 속한다.

✕. (가)와 (나)는 속명이 모두 *Abies*로 같으므로 같은 과에 속한다. 따라서 ㉔는 소나무과, ㉔는 측백나무과이다.

㉔. (가)와 (라)는 모두 소나무과에 속하므로 같은 목에 속한다.

㉕. (가)와 (다)의 학명은 속명+종소명의 이명법을 사용하였다. (가)에서 E.H.Wilson은 명명자로 생략 가능하다.

14 종분화

예설 | 산맥 형성 이후에 ㉔이, 첫 번째 섬의 분리 이후에 ㉔이, 두 번째 섬의 분리 이후에 ㉔이 출현하였다. ㉔는 과, ㉔는 속이다.

㉔. ㉔과 ㉔는 모두 ㉔가 I로 같지만 ㉔가 각각 A와 B로 다르므로 ㉔는 과, ㉔는 속이다.

✕. ㉔는 산맥 형성 이후에 출현하였고, ㉔과 ㉔는 섬의 분리 이후에 출현하였다.

✕. ㉔으로부터 ㉔으로의 분화는 ㉔으로부터 ㉔으로의 분화보다 먼저 일어났으므로 ㉔과 ㉔의 유연관계는 ㉔과 ㉔의 유연관계보다 멀다.

15 하디·바인베르크 평형

예설 | 하디·바인베르크 평형을 유지하는 집단에서는 특정 형질을 결정하는 대립유전자 빈도의 합이 1이다.

㉔. I에서 검은색 몸 대립유전자 A의 빈도를 p, 회색 몸 대립유전자 A*의 빈도를 q라고 하자. A가 A*에 대해 우성이라면 I에서 유전자형이 AA*인 개체 수 $\frac{2pq}{p^2+2pq} = \frac{2q}{1+q} = \frac{1}{3}$ 이고, q는 $\frac{1}{5}$.

p는 $\frac{4}{5}$ 가 되어 A의 빈도(p)가 A*의 빈도(q)의 4배라는 조건을 만족한다. A가 A*에 대해 열성이라면 I에서

유전자형이 AA*인 개체 수 $\frac{2pq}{p^2} = \frac{2q}{p} = \frac{1}{3}$ 이고, q는 $\frac{1}{7}$, p는 $\frac{6}{7}$

이 되어 A의 빈도(p)가 A*의 빈도(q)의 4배라는 조건을 만족하지 않는다. 따라서 A는 A*에 대해 우성이고, 검은색 몸 대립유전자 A의 빈도(p)는 $\frac{4}{5}$, 회색 몸 대립유전자 A*의 빈도(q)는 $\frac{1}{5}$ 이다. 유전자형이 AA*인 개체는 검은색 몸을 갖는다.

㉔. I에서 긴 날개 대립유전자 B의 빈도를 p₁, 짧은 날개 대립유전자 B*의 빈도를 q₁이라고 하자. 유전자형이 BB인 개체와 BB*인 개체의 날개의 표현형이 다르므로 B는 B*에 대해 열성이고,

$$\frac{B^* \text{를 가진 개체들을 합쳐서 구한 } B^* \text{의 빈도}}{B \text{를 가진 개체들을 합쳐서 구한 } B \text{의 빈도}} = \frac{\frac{2q_1^2+2p_1q_1}{2(q_1^2+2p_1q_1)}}{\frac{2p_1^2+2p_1q_1}{2(p_1^2+2p_1q_1)}}$$

$$= \frac{\frac{1}{1+p_1}}{\frac{1}{1+q_1}} = \frac{1+q_1}{1+p_1} = \frac{5}{7} \text{이고, } p_1 \text{은 } \frac{3}{4}, q_1 \text{은 } \frac{1}{4} \text{이다.}$$

긴 날개 대립유전자 B(p₁)의 빈도는 $\frac{3}{4}$, 짧은 날개 대립유전자 B*(q₁)의 빈도는 $\frac{1}{4}$ 이다. A의 빈도(p)는 $\frac{4}{5}$ 이고, B(p₁)의 빈도는 $\frac{3}{4}$ 이므로 A의 빈도는 B의 빈도보다 크다.

㉕. I에서 $\frac{\text{유전자형이 BB*인 개체 수}}{\text{짧은 날개 개체 수}} = \frac{2p_1q_1}{q_1^2+2p_1q_1} = \frac{2p_1}{1+p_1} = \frac{6}{7}$ 이다.

16 허시와 체이스의 실험

예설 | 파지를 구성하는 단백질과 DNA 중 단백질에만 있는 황(S)과, DNA에만 있는 인(P)의 방사성 동위 원소를 이용하여 단백질과

DNA 중 대장균으로 들어가 다음 세대 파지를 만드는 물질이 무엇인지 알 수 있다.

㉠. ^{32}P 은 파지의 DNA에 표지되고, ^{35}S 은 파지의 단백질에 표지된다. 파지의 DNA는 대장균으로 들어가 파지의 증식에 이용되고, 파지의 단백질 껍질은 원심 분리 후 상층액에 존재한다. 원심 분리 결과 상층액에서 방사선이 검출되었으므로 ㉠은 ^{35}S 이다.

㉡. ㉠(침전물)에는 대장균으로 들어간 파지의 DNA가 있다.

✗. 원심 분리는 대장균을 침전시키기 위함이다. 원심 분리 결과 상층액에는 파지의 단백질이 있고, 침전물에는 대장균이 있다.

17 젓당 오페론

예설 | ㉠(젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자)이 결실되면 억제 단백질이 생성되지 않아 젓당을 빠르게 이용할 수 있고, ㉡(젓당 오페론의 프로모터)이 결실되면 젓당 분해 효소가 합성되지 않아 젓당을 이용할 수 없다.

㉠. ㉠은 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자, ㉡은 젓당 오페론의 프로모터, ㉢은 젓당 오페론의 구조 유전자이다. ㉣(젓당 오페론의 구조 유전자)에는 젓당 분해 효소의 아미노산 서열이 암호화되어 있다.

㉤. I은 야생형 대장균보다 빠르게 대장균 수가 증가하므로 ㉠(젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자)이 결실된 돌연변이이고, II는 대장균의 수가 증가하지 않으므로 ㉡(젓당 오페론의 프로모터)이 결실된 돌연변이이다.

㉥. 구간 ㉠에서 I의 수가 증가하고 있으므로 젓당 오페론의 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합이 일어나 구조 유전자의 전사와 젓당 분해 효소의 합성이 일어나고 있음을 알 수 있다.

18 전사와 번역

예설 | 진핵세포에서 전사는 핵에서, 번역은 세포질에서 일어난다. 처음 만들어진 RNA는 RNA 가공 과정을 거쳐 인트론이 제거된다.

✗. RNA 가공 과정 중 제거되는 ㉠은 인트론이다.

✗. ㉡은 RNA로 DNA에만 존재하는 타이민(T)이 없다.

㉢. 과정 I은 성숙한 mRNA로부터 폴리펩타이드가 합성되는 번역 과정으로 리보솜에 의해 일어난다.

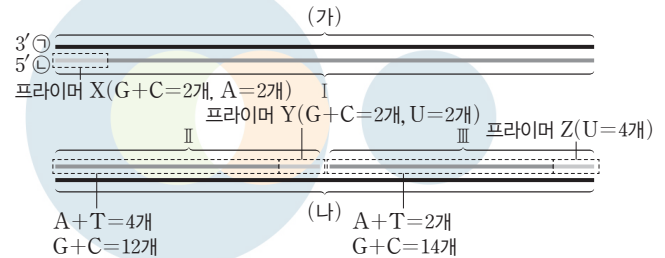
19 DNA 복제

예설 | DNA의 합성은 5' → 3' 방향으로 진행되며, 프라이머에는 타이민(T)이 없다.

㉠. II는 III보다 먼저 합성되었으므로 II와 III에서 프라이머는 각각 오른쪽 끝부분에 있고, I에서 프라이머는 왼쪽 끝에 있다. DNA 합성은 5' → 3' 방향으로 일어나므로 ㉡은 5' 말단이고, ㉢은 3' 말단이다.

㉣. II에서 Y를 제외한 나머지 부분의 염기의 개수는 16개이고, 20개의 염기로 구성된 II에서 $\frac{A+T}{G+C} = \frac{2}{7} = \frac{4}{14}$ 이므로 Y에는 유라

실(U)이 2개 있다. Y는 3종류의 염기로 구성되고, Y와 주형 가닥 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수는 10개이므로 Y에는 구아닌(G) 1개, 사이토신(C) 1개, 유라실(U) 2개가 있다. III에서 Z를 제외한 나머지 부분의 염기의 개수는 16개이고, 20개의 염기로 구성된 III에서 $\frac{G+C}{A+T} = 7 = \frac{14}{2}$ 이므로 Z에는 유라실(U)이 4개 있다. Y는 X와 서로 상보적이다. X에는 사이토신(C) 1개, 구아닌(G) 1개, 아데닌(A) 2개가 있다.



㉤. (가)에서 $\frac{T}{C} = \frac{4}{7}$, $\frac{G}{A} = \frac{7}{2}$ 이고, (가)와 (나)의 염기는 상보적이므로 (나)에서 $\frac{A}{G} = \frac{4}{7}$, $\frac{C}{T} = \frac{7}{2}$ 이다. Y와 Z에 유라실(U)이 6개 있으므로 (나)에는 아데닌(A)이 최소 6개 있다. (나)에서 $A+T+G+C=40$ 개이고, $\frac{A}{G} = \frac{4}{7}$, $\frac{C}{T} = \frac{7}{2}$, 아데닌(A)의 수는 최소 6개라는 조건을 모두 고려하면 아데닌(A)의 수는 8개, 구아닌(G)의 수는 14개, 타이민(T)의 수는 4개, 사이토신(C)의 수는 14개이다. 따라서 $\frac{\text{퓨린 계열 염기의 개수}}{\text{피리미딘 계열 염기의 개수}} = \frac{A+G}{T+C} = \frac{8+14}{4+14} = \frac{11}{9}$ 이다.

20 유전자 발현

예설 | x의 전사 주형 가닥에서 개시 코돈 5'-AUG-3'의 상보적 염기 서열은 5'-CAT-3'이고, 종결 코돈 5'-UAG-3'의 상보적 염기 서열은 5'-CTA-3'이다.

㉠. x에서 전사 주형 가닥 DNA의 염기 서열, 전사된 mRNA의 염기 서열, X의 아미노산 서열은 표와 같다.

DNA의 염기 서열	5'-C CTA CAA ACT ATT TAA AGC CGA CTG AGA CAT GAC-3'
mRNA의 염기 서열	5'-GUC AUG UCU CAG UCG GCU UUA AAU AGU UUG UAG G-3'
X의 아미노산 서열	메싸이오닌-세린-글루타민-세린-알라닌-류신-아스파라진-세린-류신

X에서 세린의 개수는 3개이다.

㉡. y는 x의 전사 주형 가닥에서 1개의 뉴클레오타이드가 결실된 것이고, Y를 구성하는 아미노산의 개수는 5개이므로 y의 전사 주형 가닥의 염기 서열, 전사된 mRNA의 염기 서열, Y의 아미노산 서열은 표와 같다. ㉢은 아데닌(A)이다.

DNA의 염기 서열	5'-CCTACAAACTAT TTA AGC CGA CTG AGA CAT GAC-3'
mRNA의 염기 서열	5'-GUC AUG UCU CAG UCG GCU UAA AUAGUUUGUAGG-3'
Y의 아미노산 서열	메싸이오닌-세린-글루타민-세린-알라닌

z 는 x 의 전사 주형 가닥에서 연속된 6개의 뉴클레오타이드가 결실된 것이고, Z 를 구성하는 아미노산의 개수는 7개이므로 z 의 전사 주형 가닥의 염기 서열, 전사된 mRNA의 염기 서열, Z 의 아미노산 서열은 표와 같다. ㉞는 5'-AAACTA-3' 이어야 한다.

DNA의 염기 서열	5'-C CTA CTT TAA AGC CGA CTG AGA CAT GAC-3'
mRNA의 염기 서열	5'-GUC AUG UCU CAG UCG GCU UUA AAG UAG G-3'
Z의 아미노산 서열	메싸이오닌-세린-글루타민-세린-알라닌-류신-라이신

㉞(5'-AAACTA-3') 중 ㉠인 아데닌(A) 염기의 개수는 4개이다.
 ✕ Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UAA이고, Z가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 UAG이다.

실전 모의고사 2회					본문 120~125쪽
01 ⑤	02 ③	03 ②	04 ①	05 ④	
06 ③	07 ⑤	08 ①	09 ⑤	10 ②	
11 ①	12 ⑤	13 ④	14 ⑤	15 ③	
16 ①	17 ①	18 ③	19 ⑤	20 ②	

01 생명 과학의 발달 과정

- ㉠ 코흐(㉡)는 1877년에 동물을 이용한 감염 실험을 하여 탄저병의 원인이 탄저균임을 알아냈으며, 감염병에는 특정한 병원균이 있고 이를 식별할 수 있다고 주장하였다.
- ㉢ 월렛 연구팀은 1997년에 양의 젖샘 세포의 핵을 다른 양의 난자의 핵과 치환해서 복제 양 돌리를 탄생시켰다. (나)에서는 핵치환 기술이 사용되었다.
- ㉤ (가)는 1939년, (나)는 1997년, (다)는 1877년이므로 (가)는 (나)보다 먼저 이론 성과이다.

02 생명체의 구성 단계

- 예설 | 형태와 기능이 비슷한 세포들의 모임은 조직(B)이며, 생명체를 이루는 기본 단위는 세포(C)이다. 나머지 A는 조직계이다.
- ㉠ 식물의 구성 단계는 세포 → 조직 → 조직계 → 기관 → 개체이며, 동물의 구성 단계는 세포 → 조직 → 기관 → 기관계 → 개체이다. 따라서 '식물의 구성 단계에는 있고, 동물의 구성 단계에는 없다.'는 A(조직계)의 특징(㉡)에 해당한다.
 - ㉢ 무궁화(식물)에서는 B(조직)가 모여 조직계를 이룬다.
 - ✕ 혈액은 결합 조직이므로 B(조직)의 예이다.

03 세포막을 통한 물질의 이동

- 예설 | ㉠은 세포 안과 밖의 농도가 같아졌을 때인 C_1 에서 시작해서 시간이 지남에 따라 세포 밖 농도보다 세포 안 농도가 점점 증가하므로 ㉠의 이동 방식은 능동 수송이다. ㉡은 세포 안 농도가 낮은 상태에서 시작해 시간이 지남에 따라 세포 안 농도가 점점 높아져 세포 안과 밖의 농도가 같아졌을 때인 C_2 에 수렴하므로 ㉡의 이동 방식은 촉진 확산이다.
- ✕ ㉠의 이동 방식은 능동 수송이다.
 - ✕ ㉡은 촉진 확산 방식으로 이동하므로 ㉡의 이동에는 ATP가 사용되지 않는다.
 - ㉢ H^+ 이 엽록체의 틸라코이드 내부에서 스트로마로 ATP 합성 효소를 통해 이동하는 방식은 촉진 확산이므로 ㉡의 이동 방식과 같다.

04 효소의 활성에 영향을 미치는 요인

- 예설 | II에서 E의 농도(㉡)가 1이라면 IV와 조건이 같으므로, 기질 농도에 따른 초기 반응 속도 그래프의 개형이 같아야 한다. 하지만 그래프 개형이 모두 다르므로 ㉠은 2이다. 따라서 II는 A이고, B는 E의 농도가 2이며, 저해제 ㉢가 있어도 기질 농도가 높으면 저해 효과가 감소하는 것으로 보아 경쟁적 저해제(㉢)가 있을 때이므로 III이다. 효소 농도가 1이고 저해제가 없는 IV가 C이며, 효소 농도가 1이고 저

해제 ㉓가 있는 I 이 D이다. D는 기질의 농도가 충분히 높아져도 저해제가 없을 때(C)의 최대 반응 속도로 회복되지 않으므로 비경쟁적 저해제(㉓)를 처리한 것이다.

㉑. ㉑은 2이다.

✗. 저해제 ㉓는 비경쟁적 저해제이므로 E의 활성 부위가 아닌 다른 부위에 결합한다.

✗. S₁일 때 C는 최대 반응 속도를 나타내므로 모든 E가 기질과 결합하고 있지만 III(B)은 아직 최대 반응 속도에 도달하지 못했으므로 기질과 결합하지 않은 E가 존재한다. 따라서 $\frac{\text{기질과 결합한 E의 수}}{\text{E의 총 수}}$ 는 C에서가 III(B)에서보다 크다.

05 산화적 인산화

예설 | 피루브산의 산화와 TCA 회로는 미토콘드리아 기질에서 일어나며, 이 과정에서 생성된 NADH와 FADH₂가 지니고 있던 전자를 전자 전달 효소 복합체를 통해 전달하므로 II가 미토콘드리아 기질, I이 막 사이 공간이다.

㉑. ㉑은 NADH, ㉒은 FADH₂이다.

✗. 전자 전달계에서 전자가 전달되는 과정에서 방출되는 에너지를 이용하여 H⁺이 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 능동 수송된다. 따라서 전자 전달 효소 복합체 (나)를 통해 H⁺은 II(미토콘드리아 기질)에서 I(막 사이 공간)로 이동한다.

㉓. ㉑(NADH) 1분자와 ㉒(FADH₂) 1분자로부터 전자 전달계로 전달되는 전자의 개수는 2로 같다.

06 TCA 회로

예설 | (가)는 시트르산, (나)는 5탄소 화합물, (다)는 4탄소 화합물이다. ㉓는 (가) → (나), (나) → (다), (다) → 옥살아세트산이 되는 세 가지 반응에서 모두 형성되므로 NADH이다. 시트르산(가)이 5탄소 화합물(나)이 될 때, 5탄소 화합물(나)이 4탄소 화합물(다)이 될 때 모두 ㉔가 생성되므로 ㉔는 CO₂이다. ㉕는 ATP, ㉖는 FADH₂이다.

㉑. 시트르산(가)이 5탄소 화합물(나)로 전환되는 과정에서 NADH가 생성되고 CO₂가 방출되므로 탈수소 반응과 탈탄산 반응이 모두 일어난다.

㉒. 1분자의 5탄소 화합물(나)이 1분자의 옥살아세트산으로 전환되는 과정에서 생성되는 NADH(㉓)의 분자 수는 2, ATP(㉕)의 분자 수는 1이므로, 이들 분자 수의 합은 3이다.

✗. 5탄소 화합물(나)이 4탄소 화합물(다)로 전환되는 과정에서 기질 수준 인산화에 의해 ATP가 생성되며, (다)가 옥살아세트산이 되는 과정에서는 기질 수준 인산화가 일어나지 않는다.

07 산소 호흡과 발효

예설 | 피루브산이 에탄올로 전환되는 과정에서 CO₂와 NAD⁺가, 젖산으로 전환되는 과정에서 NAD⁺가, 아세틸 CoA로 전환되는 과정에서 CO₂와 NADH가 생성된다. 따라서 ㉑은 에탄올, ㉒은 젖산, ㉓은 아세틸 CoA이고, ㉔는 NADH, ㉕는 CO₂이다.

㉑. ㉑은 에탄올이다.

㉑. 알코올 발효(가)와 젖산 발효(나)는 모두 세포질에서 일어난다.

㉒. 알코올 발효(가)와 피루브산이 아세틸 CoA로 전환되는 과정(다)에서 모두 CO₂가 생성되는 탈탄산 반응이 일어난다.

08 폐렴 쌍구균의 형질 전환 실험

예설 | ㉑은 S형 균이고 ㉒은 R형 균이다. 효소 ㉓를 처리한 III에서 쥐가 죽는 것으로 보아 살아 있는 R형 균이 S형 균으로 형질 전환되었고, DNA 분해 효소가 아닌 단백질 분해 효소를 첨가하였음을 알 수 있다. 따라서 ㉔는 DNA 분해 효소, ㉕는 단백질 분해 효소이다.

㉑. ㉓는 DNA 분해 효소이다.

✗. ㉑은 병원성이 없는 R형 균이다.

✗. III에서는 ㉒(R형 균)이 ㉑(S형 균)으로 형질 전환되었다.

09 벤슨의 실험

예설 | (가)가 CO₂, (나)가 빛이라면, 구간 I에서 빛이 있고 구간 II에서는 CO₂가 있으므로, 명반응 산물을 이용하여 II에서 CO₂ 고정 반응이 일어나 광합성 속도가 증가해야 한다. 그러나 광합성이 일어나지 않았으므로 (가)는 빛, (나)는 CO₂이다.

㉑. II에서 광합성이 일어나지 않았으므로 CO₂(나)가 없으며, III에서 광합성 속도가 증가했다가 다시 감소하므로 빛(가)이 없다. 따라서 ㉑과 ㉒은 모두 'x'이다.

㉒. I에서는 빛이 없으므로 명반응이 일어나지 않고, II에서는 빛이 있으므로 명반응이 일어난다. 따라서 II에서는 고에너지 전자가 전자 전달계를 거쳐 이동하는 과정에서 방출된 에너지를 이용해 H⁺이 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송된다. 그 결과 틸라코이드 내부의 H⁺ 농도가 증가한다. 따라서 틸라코이드 내부의 H⁺ 농도는 t₁일 때가 t₂일 때보다 낮다.

㉓. t₂일 때는 명반응만 일어나므로 NADPH가 생성되어 축적되고, 구간 III에서 t₃ 이전에 탄소 고정 반응만 일어나므로 명반응 산물인 NADPH가 NADP⁺로 산화되어 NADP⁺의 농도가 높아진다. 따라서 스트로마에서 $\frac{\text{NADPH의 양}}{\text{NADP}^{\text{+}}\text{의 양}}$ 은 t₂일 때가 t₃일 때보다 크다.

10 DNA의 구조

예설 | 이중 가닥 X는 200개의 염기쌍으로 이루어져 있으므로, 각 단 일 가닥의 염기 개수는 200개이다. X₁에서 T의 비율이 12%이므로, 상보적인 가닥인 X₂에서는 A가 12%이다. 또한 X₁에서 퓨린 계열 염기(A+G) 비율이 41%이므로, C의 비율은 47%이다.

	A	T	G	C
X ₁	㉑	12%(24개)	㉒	47%(94개)
X ₂	12%(24개)	㉓	47%(94개)	㉔

X에서 $\frac{G+C}{A+T} = \frac{7}{3}$ 이라고 하였으므로, $\frac{G}{A} = \frac{7}{3}$ 이다. 7A=3G이므로, 7(㉑+12%)=3(㉒+47%)이며, X₁에서 퓨린 계열 염기의 비율(㉓+㉔)은 41%이므로 ㉓=18%(36개), ㉔=23%(46개)이다.

Y₁에서 G의 비율이 30%이므로, 상보적인 가닥인 Y₂에서는 C이 30%이다. 또한 Y₁에서 피리미딘 계열 염기(C+T)의 비율이 36%이므로, A의 비율은 34%이다.

	A	T	G	C
Y ₁	34%(68개)	ⓐ	30%(60개)	ⓑ
Y ₂	ⓑ	34%(68개)	ⓐ	30%(60개)

Y에서 $\frac{G+C}{A+T} = \frac{2}{3}$ 라고 하였으므로, $\frac{G}{A} = \frac{2}{3}$ 이다. 2A=3G이므로, 2(ⓐ+34%)=3(ⓑ+30%)이며, Y₁에서 피리미딘 계열 염기의 비율(ⓐ+ⓑ)은 36%이므로, ⓐ=26%(52개), ⓑ=10%(20개)이다.

✗ Z에서 C의 개수가 20개이므로 Z의 주형 가닥은 G의 개수가 20개인 Y₂이다.

✗ X에서 A의 수는 60개, Y에서 C의 수는 80개이므로 이를 합하면 140개이다.

Ⓒ A과 T 사이의 수소 결합 수는 2개, G과 C 사이의 수소 결합 수는 3개이다. X의 수소 결합의 총개수는 (60×2)+(140×3)=540개이며, Y의 수소 결합의 총개수는 (120×2)+(80×3)=480개이다. 따라서 염기 간 수소 결합의 총개수는 X가 Y보다 60개 많다.

11 탄소 고정 반응

예설 | 캘빈 회로에서 6분자의 3PG가 6분자의 PGAL로 전환된 후, 생성된 6분자의 PGAL 중 5분자는 RuBP를 재생하는 데 사용되고 1분자의 PGAL은 포도당을 합성하는 과정으로 빠져나간다. 3PG가 PGAL로 전환되는 과정에서 ATP와 NADPH가 사용되고, PGAL이 RuBP로 전환되는 과정에서 ATP가 사용된다. RuBP가 3PG로 전환되는 과정에서는 루비스코가 작용하여 CO₂의 고정이 일어난다. 따라서 ㉠은 PGAL, ㉡은 RuBP, ㉢은 3PG이다.

Ⓒ ㉠은 PGAL이다.

✗ ㉡(RuBP)이 ㉢(3PG)으로 전환되는 과정에서 루비스코가 작용하여 CO₂의 고정이 일어난다.

✗ ㉢은 6이고, 3분자의 ㉡(RuBP)이 6분자의 ㉢(3PG)으로 전환될 때 고정되는 CO₂ 분자 수는 3이다.

12 DNA의 복제

예설 | G₃ 세대의 하층(¹⁵N-¹⁵N)에서의 DNA의 상대량이 0이므로 ㉠은 ¹⁴N가 들어 있는 배양액, ㉡은 ¹⁵N가 들어 있는 배양액이다. 실험 (가)에서 ¹⁴N(㉢)가 들어 있는 배지에서 모든 DNA가 ¹⁴N로 표지된 대장균(G₀)을 얻었으므로, G₀에서 DNA는 모두 상층(¹⁴N-¹⁴N)에 존재하므로 A는 중층, B는 상층임을 알 수 있다. G₀ DNA 1분자로부터 생성되는 각 세대별 DNA의 상대량은 다음과 같다.

세대 구분	G ₀	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄
하층	?(0)	0	ⓐ(2)	0	?(0)
중층(A)	0	2	2	?(6)	6
상층(B)	?(1)	?(0)	?(0)	?(2)	ⓑ(10)

Ⓒ G₂의 DNA는 중층(A)과 하층에 같은 양이 있으므로 ㉢은 2이

다. G₄의 DNA는 중층(A)에 전체 DNA의 $\frac{3}{8}$ 이, 상층(B)에 전체 DNA의 $\frac{5}{8}$ 가 있으므로 ㉠은 10이다.

Ⓒ ㉠은 ¹⁴N가 들어 있는 배양액이다.

Ⓒ G₃에서 중층(¹⁴N-¹⁵N)과 상층(¹⁴N-¹⁴N)의 DNA 상대량의 비가 3 : 1이다. 따라서 $\frac{^{15}\text{N로 표지된 단일 가닥의 수}}{^{14}\text{N로 표지된 단일 가닥의 수}} < \frac{2}{3}$ 이다.

13 유전자 발현

예설 | 제시된 x의 이중 가닥 중 한 가닥이 전사 주형 가닥이라면, 전사 주형 가닥에서 연속된 5개의 뉴클레오타이드가 결실되었을 때 6 종류의 아미노산으로 구성된 폴리펩타이드가 합성되어 조건에 만족한다. 따라서 제시된 x의 DNA 이중 가닥 중 한 가닥은 전사 주형 가닥이다. 따라서 x로부터 전사된 mRNA의 염기 서열은 5'-UG/AUG/UC A/UUG/UGG/CGA/AAG/ACG/GCU/GAU/UGA/CG-3'이다. 이 mRNA로부터 합성되는 X의 아미노산 서열은 '메싸이오닌-세린-류신-트립토판-아르지닌-라이신-트레오닌-알라닌-아스파르트산'이다.

결실된 ㉠은 연속된 5개의 뉴클레오타이드로 구성되어 있으며, ㉠의 염기는 상보적인 염기와 11개의 수소 결합을 형성하고 있으므로, 2개의 수소 결합을 하는 A-T쌍 4개, 3개의 수소 결합을 하는 G-C쌍 1개로 이루어져 있음을 알 수 있다. Y는 6종류의 아미노산으로 구성되고 아르지닌을 가지므로 X의 5번째 아미노산인 아르지닌에서부터 7번째 아미노산인 트레오닌에 자리 사이에서 결실이 일어났고, x의 mRNA에서 5'-AAAGA-3'에 해당하며,

5'-UG/AUG/UC A/UUG/UGG/CGA/AAG/ACG/GCU/GAU/UGA/CG-3'
(결실된 부분)

㉠의 염기 서열은 5'-TCTTT-3'이다.

따라서 y로부터 전사된 mRNA 서열은 5'-UG/AUG/UC A/UUG/UGG/CGC/GGC/UGA/UUGACG-3'이며, 이 mRNA로부터 합성되는 Y의 아미노산 서열은 '메싸이오닌-세린-류신-트립토판-아르지닌-글리신'이다.

z는 y의 전사 주형 가닥에서 연속된 2개의 동일한 피리미딘 계열 염기가 삽입된 것으로, mRNA 가닥에서는 연속된 2개의 동일한 퓨린 계열 염기가 삽입된 것과 같다. 아미노산 개수는 X(9개)보다 6개 적은 3개이고, Z가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈(5'-UGA-3')과 다르다. 따라서 Y의 4번째 아미노산인 트립토판 코돈(UGG)의 첫 번째와 두 번째 염기 사이에 'AA'가 삽입된 것이며, Z가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 5'-UAA-3'이다.

✗ Y는 발현을 가지지 않는다.

Ⓒ Y에서 아르지닌을 암호화하는 코돈은 CGC이며, 3' 말단 염기는 사이토신(C)이다.

Ⓒ Z가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 5'-UAA-3'이다.

14 유전자들의 변화 요인

예설 | 돌연변이와 창시자 효과는 유전자들의 변화 요인으로, 집단의 유전자풀이 변하여 유전적 평형이 깨지면 진화가 일어난다.

- ㉠. 창시자 효과는 유전자풀의 변화 요인 중 하나이다.
- ㉡. 돌연변이는 개체군의 DNA의 염기 서열에 변화가 생겨 새로운 대립유전자가 형성되는 것으로, 개체군에 새로운 대립유전자를 제공하여 개체군의 유전자풀을 변화시킨다.
- ㉢. 창시자 효과는 원래의 집단에서 적은 수의 개체가 다른 지역으로 이주하여 새로운 집단을 형성할 때 나타나는 현상이다.

15 원핵생물의 유전자 발현 조절

예설 | ‘프로모터와 RNA 중합 효소가 결합한다.’는 젓당 오페론의 작동 부위가 결실된 대장균과 젓당 오페론의 구조 유전자가 결실된 대장균이 갖는 특징이므로, ㉠은 ‘프로모터와 RNA 중합 효소가 결합한다.’이고, ㉡은 ‘젓당 분해 효소를 생성한다.’이다. 표에서 ㉠과 ㉡을 모두 갖는 I은 젓당 오페론의 작동 부위가 결실된 대장균이고, ㉡만 갖는 II는 젓당 오페론의 구조 유전자가 결실된 대장균이며, ㉠과 ㉡을 모두 갖지 않는 III은 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 대장균이다.

㉠. III은 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 대장균으로 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합(㉡)이 일어나지 않으므로 ㉡은 ‘×’이다.

㉡. ㉠은 ‘프로모터와 RNA 중합 효소가 결합한다.’이다.

×. 포도당과 젓당이 모두 없는 배지에서 배양할 때, I(젓당 오페론의 작동 부위가 결실된 대장균)은 억제 단백질이 작동 부위에 결합하지 못하므로 젓당의 유무와 상관없이 프로모터에 RNA 중합 효소가 결합하여 젓당 분해 효소가 생성된다.

16 줄기세포

예설 | 수정란에서 유래한 배아의 내세포 덩어리로부터 추출한 ㉠은 배아 줄기세포이고, 골수로부터 추출한 ㉡은 성체 줄기세포이다.

㉠. ㉠은 배아 줄기세포이다.

×. 유도 만능(역분화) 줄기세포는 분화가 끝난 성체의 체세포를 역분화시켜 배아 줄기세포처럼 다양한 세포로 분화할 수 있도록 한 줄기세포이다. ㉡은 역분화를 통해 얻은 세포가 아니다.

×. 성체 줄기세포는 배아 줄기세포와는 달리 분화될 수 있는 세포의 종류가 한정되어 있다. 따라서 ㉡은 몸을 구성하는 모든 종류의 세포로 분화되지 않는다.

17 계통수

예설 | B와 E는 모두 속명이 *Lespedeza*로 같으므로 같은 속, 같은 과에 속한다. 따라서 B는 콩과에 속하는 식물이다. A는 장미과, C는 자작나무과이므로 계통수에서 같은 콩과인 B와 E는 각각 (가)와 (나) 중 하나이다.

F만 참나무목에 속한다면 C는 장미목-자작나무과가 되므로, 장미목에 3개의 과가 존재하고 참나무목에 1개 과가 존재하게 되어 총 4개의 과로 분류된다. 6종의 식물 A~F는 2개의 목으로 분류된다고 하였으므로 F와 C가 참나무목이며, F는 자작나무과임을 알 수 있다. 또한 6종의 생물은 2개 목, 3개 과로 분류된다고 하였으므로 A와 D

는 장미목-장미과에 속하며, 계통수에서 A의 옆(맨 왼쪽)에는 D가 위치한다.

㉠. D는 장미목-장미과에 속한다.

×. (가)와 (나)는 각각 B와 E 중 하나이고 속명이 *Lespedeza*로 같으므로 같은 속에 속한다.

×. A와 B는 장미목이고, F는 참나무목이므로 A와 B의 유연관계는 A와 F의 유연관계보다 가깝다.

18 생명체의 출현과 진화

예설 | A는 무산소 호흡 중속 영양 생물, B는 광합성 세균, C는 산소 호흡 세균이다.

㉠. A는 무산소 호흡 중속 영양 생물이다.

×. B에는 엽록체가 없다.

㉡. C는 산소 호흡 세균이므로 산소를 이용하여 유기물을 분해해서 에너지를 얻는다.

19 동물계

예설 | 거미는 절지동물, 촌충은 편형동물, 회충은 선형동물에 속한다. ‘체절이 있다.’는 거미의 특징이고, ‘탈피를 한다.’는 거미와 회충의 특징이며, ‘원구가 입이 된다.’는 거미, 회충, 촌충의 특징이다. 거미는 특징 ㉠~㉢을 모두 가지고 있고, 회충은 2개의 특징을, 촌충은 1개의 특징을 가진다. 따라서 A는 거미이며, B는 촌충, C는 회충이다. 특징 ㉡은 ‘원구가 입이 된다.’, ㉢은 ‘탈피를 한다.’, ㉣은 ‘체절이 있다.’이다.

㉠. A(거미)는 절지동물에 속하며 키틴으로 된 외골격을 가진다.

㉡. B(촌충)는 편형동물에 속하며 3배엽성 동물이다.

㉢. C(회충)는 선형동물에 속한다.

20 하디·바인베르크 법칙

예설 | 가계도에서 ㉠가 발현된 구성원 2는 A*의 DNA 상대량이 0이므로 2의 유전자형은 AA이며 A는 ㉠ 발현 대립유전자이다. A*의 DNA 상대량이 1인 구성원 1의 유전자형은 A*A이다. A는 ㉠ 발현 대립유전자, A*는 정상 대립유전자이며, A*가 A에 대해 완전 우성이다.

A*의 빈도를 p , A의 빈도를 q 라고 하자.

임의의 정상인 남자와 임의의 여자 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠가 발현되려면 이 아이의 유전자형이 AA이어야 한다. 따라서 임의의 정상인 남자와 임의의 여자로부터 각각 A를 받아야 한다. 임의의 정상인 남자로부터 A를 받을 확률은, $\frac{2pq}{p^2+2pq}$ (임의의 정상인 남자가 A*A일 확률) $\times \frac{1}{2}$ (이 남자로부터 A를 받을 확률) $= \frac{q}{1+q}$ 이다. 임의의 여자로부터 A를 받을 확률은

$\left(\frac{2pq}{p^2+2pq+q^2} \times \frac{1}{2}\right) + \left(\frac{q^2}{p^2+2pq+q^2}\right) = pq + q^2 = q$ 이다. 따라서 ㉠가 발현될 확률은 $\frac{q}{1+q} \times q = \frac{q^2}{1+q} = \frac{1}{12}$ 이므로,

$q = \frac{1}{3}, p = \frac{2}{3}$ 이다.

✗. A의 빈도는 $\frac{1}{3}$ 이다.

✗. 가계도를 통해 3의 유전자형은 A*A임을 알 수 있다.

㉔. 정상인 부모에서 형질 ㉔를 가진 아이가 태어나려면 부모는 모두 유전자형이 A*A이어야 한다. 정상인 여자(또는 남자)가 A*A의 유전자형을 가질 확률은 $\frac{2pq}{p^2+2pq} = \frac{1}{2}$ 이고, 이 사람의 생식세포 중 A

가 선택될 확률은 $\frac{1}{2}$ 이므로, 이 아이에서 ㉔가 발현될 확률은

$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ 이다.

실전 모의고사 3회

본문 126~131쪽

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

01 생명 과학의 역사

예설 | 파스퇴르(㉑)가 탄저병 백신을 개발하였고, 플레밍(㉒)이 푸른 곰팡이에서 페니실린을 발견하였으며, 코흐(㉓)는 병원균을 순수 배양하는 방법을 고안하여 결핵균을 발견하였다.

✗. ㉑은 파스퇴르이다.

㉒. 항생제인 페니실린(㉒)은 세균의 증식을 억제하는 기능이 있다.

✗. 파스퇴르(㉑)는 생물 속생설을 입증하였다.

02 세포의 특성

예설 | ㉑은 조직, ㉒은 기관, ㉓은 기관계, ㉔은 조직계이고, A는 동물인 사람, B는 식물인 장미이다. (나)는 장미(B)의 세포이고, I은 엽록체, II는 미토콘드리아이다.

✗. 심장은 사람에서 기관(㉑)의 예이며, 순환계 등이 ㉑의 예이다.

㉒. 엽록체와 세포벽이 있는 (나)는 식물인 장미(B)의 세포이다.

✗. 엽록체(I)는 사람(A)에는 없고, 장미(B)에는 있다.

03 세포막을 통한 물질 이동 방식

예설 | A는 능동 수송, B는 촉진 확산이고, ㉑은 인지질이다. 뉴런에서 Na^+ 통로를 통한 Na^+ 의 이동은 촉진 확산(B)의 예이고, II는 능동 수송(A)이다.

㉒. 세포막의 막단백질을 통해 물질이 저농도에서 고농도로 이동하는 A는 능동 수송이고, 고농도에서 저농도로 이동하는 B는 촉진 확산이다.

✗. 인산기 머리에 지방산 꼬리 2개가 붙어 있는 ㉑은 인지질이다. 인지질이 아닌 스테로이드가 부신 겉질 호르몬의 구성 성분이다.

✗. 백혈구의 식세포 작용에서 세포막의 변형을 통해 세포 안으로 세균이 이동하는 방식은 세포내 섭취의 예이고, 능동 수송의 예가 아니다.

04 효소

예설 | ㉑은 기질, ㉒은 비경쟁적 저해제이고, I은 기질(㉑)만 있을 때, II는 기질(㉑)과 저해제(㉒)가 모두 있을 때이다.

✗. (나)에서 ㉑만 있는 경우에도 효소 반응이 일어나므로 ㉑은 기질이고, ㉒은 활성 부위가 아닌 효소의 다른 부위에 결합하여 효소 반응을 저해하므로 비경쟁적 저해제이다.

✗. I에서가 II에서보다 기질 농도가 더 빠르게 감소하였으므로 I은 기질(㉑)만 있을 때, II는 기질(㉑)과 저해제(㉒)가 모두 있을 때이다.

㉒. I은 기질 농도가 빠르게 감소하여 t_1 일 때 효소 반응이 거의 끝나는 상태이다. 따라서 t_1 일 때 E에 의한 반응 속도는 그래프 기울기의 절대값이 더 큰 II에서가 I에서보다 빠르다.

05 엽록체와 미토콘드리아

예설 | CO₂ 고정은 스트로마에서 일어나는 캘빈 회로 반응의 일부이므로 ㉠는 틸라코이드 막이고, ㉡는 미토콘드리아 내막이다. I은 틸라코이드 내부, II는 스트로마이고, III은 미토콘드리아 기질, IV는 막 사이 공간이다.

✕. 엽록체의 스트로마(II)와 미토콘드리아 기질(III)에 DNA가 있고, 틸라코이드 내부(I)와 막 사이 공간(IV)에는 모두 DNA가 없다.

㉠. 미토콘드리아 기질(III)에서 TCA 회로 반응이 일어날 때 NAD⁺가 환원되어 NADH가 생성된다.

㉡. ATP 합성 효소를 통해 H⁺ 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 H⁺이 이동할 때 ATP가 합성되므로 $\frac{I \text{의 } H^+ \text{ 농도}}{II \text{의 } H^+ \text{ 농도}}$ 는 1보다 크고,

$\frac{III \text{의 } H^+ \text{ 농도}}{IV \text{의 } H^+ \text{ 농도}}$ 는 1보다 작다.

따라서 $\frac{I \text{의 } H^+ \text{ 농도}}{II \text{의 } H^+ \text{ 농도}}$ 는 $\frac{III \text{의 } H^+ \text{ 농도}}{IV \text{의 } H^+ \text{ 농도}}$ 보다 크다.

06 TCA 회로

㉠. (가)의 CO₂는 TCA 회로를 통해 미토콘드리아 기질에서 생성된다.

✕. 1분자의 아세틸 CoA가 TCA 회로를 통해 완전 산화되면 3분자의 NADH와 1분자의 ATP, 1분자의 FADH₂가 생성되고, 산화적 인산화를 통해 3분자의 NADH와 1분자의 FADH₂로부터 4분자의 H₂O이 생성된다. 주어진 조건에서 1분자의 아세틸 CoA가 TCA 회로를 통해 4탄소 화합물로 전환되는 과정에서 3분자의 H₂O이 생성되었으므로 TCA 회로 반응의 일부만 진행되어 2분자의 NADH, 1분자의 ATP, 1분자의 FADH₂가 생성되었음을 알 수 있다. 따라서 ㉠은 2, ㉡은 1이고, ㉠+㉡=3이다.

㉢. 산화적 인산화를 통해 (가)에 있는 2분자의 NADH와 1분자의 FADH₂로부터 6.5(=2.5×2+1.5×1)분자의 ATP가 생성되었다.

07 세포 호흡과 저해제

㉠. 미토콘드리아가 들어 있는 시험관에 4탄소 화합물, ADP와 P_i를 첨가하였을 때 O₂가 소모되고 ATP가 생성되었으므로 구간 I에서 TCA 회로 반응의 일부와 전자 전달계를 통한 산화적 인산화가 일어났다.

㉡. ㉠가 첨가되어 미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 H⁺이 새어 나가면 O₂는 소모되고 ATP 생성은 억제된다. ㉢가 첨가되어 ATP 합성 효소를 통한 H⁺의 이동이 차단되면 O₂ 소모와 ATP 생성이 모두 억제된다. 따라서 X는 ㉢이고 Y는 ㉠이다.

㉣. X(㉢)가 첨가되면 구간 II에서 H⁺이 ATP 합성 효소를 통해 막 사이 공간에서 미토콘드리아 기질로 이동하는 것이 차단되어 막 사이 공간의 pH가 감소한다. Y(㉠)가 첨가되면 구간 III에서 미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 H⁺이 막 사이 공간에서 미토콘드

리아 기질로 새어 나가 막 사이 공간의 pH가 증가한다. 따라서 미토콘드리아의 $\frac{\text{기질의 pH}}{\text{막 사이 공간의 pH}}$ 는 구간 II에서가 구간 III에서보다 크다.

08 발효

예설 | ㉠은 NAD⁺, ㉡은 CO₂이고, A는 에탄올, B는 젖산이다.

✕. 피루브산이 알코올 발효를 통해 에탄올로 전환되는 과정에서 CO₂가 생성되고 NADH가 산화되어 NAD⁺가 생성된다. 피루브산이 젖산 발효를 통해 젖산으로 전환되는 과정에서 NADH가 산화되어 NAD⁺가 생성된다. 따라서 ㉠은 NAD⁺이고 ㉡은 CO₂이다.

㉢. 운동 중일 때 근육 세포에서 젖산 발효(과정 II)가 일어나 젖산 농도가 증가하였다.

㉣. 운동 후인 구간 ㉠에서 근육 세포의 젖산 농도가 감소한 것은 근육 세포의 젖산이 혈액을 통해 간으로 이동하여 피루브산으로 전환되었기 때문이다.

09 광합성

예설 | A는 광계 II, B는 광계 I이고, ㉠은 NADP⁺이다. 과정 ㉠에서 NADPH가 산화되어 NADP⁺(㉡)가 생성되므로 ㉠은 3PG, ㉡은 PGAL, ㉢은 RuBP이다.

㉣. 광계 II(A)의 반응 중심 색소는 P₆₈₀이다.

✕. 엽록체의 전자 전달계에서 최종 전자 수용체인 ㉣은 NADP⁺이다.

✕. PGAL(㉡)이 RuBP(㉢)로 전환되는 RuBP 재생 과정(㉤)에서는 ATP가 사용되고, RuBP(㉢)가 3PG(㉠)로 전환되는 CO₂ 고정 과정(㉥)에서는 ATP가 사용되지 않는다.

10 메셀슨과 스탈의 반보존적 복제 실험

예설 | (라)에서 G₁의 이중 나선 DNA 중 일부가 상층(¹⁴N-¹⁴N)에 나타났으므로 ㉠은 ¹⁴N가 들어 있는 배양액이고, ㉡은 ¹⁵N가 들어 있는 배양액이다.

✕. G₀이 DNA가 ¹⁵N로 표지된 대장균일 경우, (라)에서 G₁의 이중 나선 DNA는 상층과 중층에서 1 : 7의 비로 나타난다. (라)에서 G₁의 이중 나선 DNA가 상층과 중층에서 1 : 3의 비로 나타났으므로 G₀은 DNA가 ¹⁴N로 표지된 대장균이다.

✕. G₀을 ¹⁴N가 들어 있는 배양액(㉠)에서 배양한 후, ¹⁵N가 들어 있는 배양액(㉡)으로 옮겨 배양하여 얻은 G₂는 ¹⁴N-¹⁵N로 표지된 이중 나선 DNA만 가진다. 따라서 G₂에서 전체 DNA 중 ¹⁴N가 존재하는 DNA 가닥을 갖는 이중 나선 DNA의 비율은 1이다.

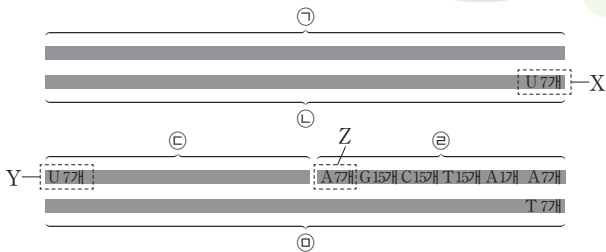
㉢. 복제되어 생성된 DNA의 염기 서열은 같으므로

$\frac{T(\text{타이민}) \text{의 개수}}{\text{염기의 총개수}}$ 는 ㉠의 DNA와 ㉡의 DNA가 같다.

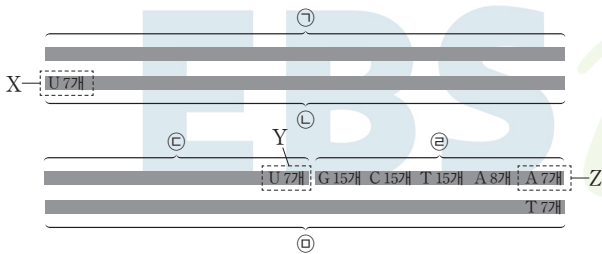
11 DNA 복제

예설 | ㉠에서 $\frac{G+C}{A+T} = \frac{4}{5}$ 이므로 ㉠의 G+C+A+T 개수는 9의

배수이다. ㉠을 구성하는 염기의 총개수는 124개이고 X의 개수는 10개보다 작으므로 G+C+A+T 개수는 117개이고, 나머지 7개는 U이다. 따라서 ㉠에서 U 7개는 한 종류의 염기로 구성된 X이고, G+C의 개수는 52개, A+T의 개수는 65개이다. X와 Y의 염기 서열이 같으므로 Y도 U 7개로 구성되고, X와 Z가 서로 상보적이므로 Z는 A 7개로 구성된다. ㉡에 U이 없고, 4종류의 염기 개수가 같으므로 G, C, A, T은 각각 15개이다. ㉡과 ㉢ 사이의 염기 간 수소 결합 개수가 150개(=3×30+2×30)이므로 ㉡과 ㉢ 사이의 염기 간 수소 결합 개수도 150개이다. ㉡에는 Y인 U 7개가 있고, G+C 개수를 x , A+T 개수를 y 라고 할 때, $x+y=57$ 이고 $3x+2y=136$ 이므로 x 인 G+C 개수는 22개, y 인 A+T 개수는 35개이다. 만약 X~Z가 아래 그림처럼 위치한다면 ㉡에서 연속된 9개의 아데닌(A)으로 구성된 염기 서열이 존재할 수 없다.



따라서 X~Z는 아래 그림처럼 위치하며, ㉠이 ㉡보다 먼저 합성되었다.



- ㉠ X는 7개의 유라실(U)로 구성된다.
- ㉡ ㉠에서 U(유라실)의 개수는 7개, G(구아닌)의 개수+C(사이토신)의 개수=22개, A(아데닌)의 개수+T(타이민)의 개수=35개이다.
- ㉢ X는 ㉠의 왼쪽에 위치하고, Y는 ㉡의 오른쪽에 위치하며, Z는 ㉢의 오른쪽에 위치한다. 따라서 ㉠이 ㉡보다 먼저 합성되었다.

12 비둘과 테이텀의 붉은빵곰팡이 실험

예설 | 배지에 아르지닌이 있으면 돌연변이 여부에 관계없이 붉은빵곰팡이가 성장하므로 ㉠이 아르지닌이다. a 가 결실된 돌연변이는 오르니틴을 첨가한 배지와 시트룰린을 첨가한 배지에서 모두 성장하므로 ㉢은 a 가 결실된 돌연변이이다. c 가 결실된 돌연변이는 오르니틴을 첨가한 배지와 시트룰린을 첨가한 배지에서 모두 성장하지 못하므로 ㉡는 c 가 결실된 돌연변이이다. 따라서 I은 b 가 결실된 돌연변이이고, I은 오르니틴을 첨가한 배지에서는 성장하지 못하고, 시트룰린을 첨가한 배지에서는 성장하므로 ㉠이 시트룰린, ㉡이 오르니틴이다. 표는 최소 배지에 물질 ㉠~㉢의 첨가에 따른 붉은빵곰팡이의 야생형과 돌연변이주 I~III의 성장 여부와 ㉠~㉢의 합성 여부를 나타낸 것이다.

구분	최소 배지 + 아르지닌(㉠)		최소 배지 + 시트룰린(㉡)		최소 배지 + 오르니틴(㉢)	
	성장	아르지닌(㉠) 합성	성장	시트룰린(㉡) 합성	성장	오르니틴(㉢) 합성
야생형	+	○	+	○	+	○
I (b 결실)	?(+)	×	+	?(\times)	-	?(\circ)
II (c 결실)	+	?(\times)	-	㉠(\circ)	?(-)	○
III (a 결실)	?(+)	×	?(+)	×	?(+)	×

(+: 성장함, -: 성장 못함, ○: 합성됨, ×: 합성 안 됨)

- ㉠ III은 a 가 결실된 돌연변이이다.
- × ㉡은 오르니틴이다.
- ㉢ c 가 결실된 돌연변이인 II는 전구 물질을 이용해 시트룰린을 합성할 수 있지만 아르지닌을 합성할 수 없으므로 시트룰린(㉡)을 첨가한 배지에서 성장하지 못한다. 따라서 ㉢은 '○'이다.

13 유전자 발현

예설 | 22개의 염기쌍으로 이루어진 x 로부터 5개의 아미노산으로 이루어진 X가 합성되었으므로 종결 코돈은 왼쪽 또는 오른쪽 끝에 있는 7개의 염기 서열에 위치한다. 제시된 염기 서열이 전사 주형 가닥인 경우는 왼쪽의 염기 서열(5'-㉠㉡㉢㉣㉤㉥㉦-3')에 종결 코돈(3'-AAU-5')이 상보적으로 결합할 수 없어서 모순이므로 제시된 염기 서열은 전사 비주형 가닥이다. 따라서 오른쪽 염기 서열(5'-㉠㉡㉢㉣㉤㉥㉦-3')에 5'-TAA-3'이 있어야 하므로 ㉡이 T, ㉢이 A이다. 왼쪽 끝에서 세 번째, 네 번째, 다섯 번째 염기인 5'-㉠㉡㉢-3'이 5'-ATG-3'이므로 ㉠이 G이고, ㉡이 C이다. 그러므로 x 의 제시된 가닥의 DNA 염기 서열과 전사된 mRNA 염기 서열, X의 아미노산 서열은 다음과 같다.

x 의 전사 비주형 가닥	5'-CTATGTTCAAGTATGAATAACG-3'
x 의 전사 주형 가닥	3'-GATACAAGTTCATACTTATTGC-5'
x 의 mRNA	5'-CUAUGUUCAAGUAUGAAUAACG-3'
X	메싸이오닌-페닐알라닌-라이신-타이로신-글루탐산

Y는 5개의 아미노산으로 구성되고, Y를 구성하는 2종류의 아미노산 중 하나는 메싸이오닌이다. 이러한 조건을 만족시키는 y 는 x 의 전사 주형 가닥의 왼쪽 끝에서 여섯 번째와 일곱 번째 염기 사이에 GG이 1회 삽입되고, 열다섯 번째와 열여섯 번째 염기 사이에 A이 삽입된 것이다. y 의 전사 주형 가닥의 염기 서열과 전사된 mRNA 염기 서열, Y의 아미노산 서열은 다음과 같다.

y 의 전사 주형 가닥	3'-GATACAGGAGTTCATACATTATTGC-5'
y 의 mRNA	5'-CUAUGUCCUCAAGUAUGUAAUAACG-3'
Y	메싸이오닌-세린-세린-세린-메싸이오닌

- ㉠ ㉡은 사이토신(C)이다.
- × Y를 구성하는 두 번째 아미노산은 세린이다.
- ㉢ X와 Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 5'-UAA-3'으로 같다.

14 원시 생명체의 진화

예설 | 생명체는 유전 물질을 가지므로 ‘핵산을 갖는다.’는 최초의 광합성 세균, 최초의 생명체, 최초의 척삭동물이 모두 갖는 특징이다. 최초의 생명체는 무산소 호흡하는 종속 영양 생물이고, 동물은 종속 영양 생물이므로 ‘종속 영양을 한다.’는 최초의 생명체와 최초의 척삭동물이 갖는 특징이며, 최초의 광합성 세균은 독립 영양을 한다. 최초의 광합성 세균과 최초의 생명체는 원핵생물이므로 ‘진핵생물이다.’는 최초의 척삭동물만 갖는 특징이다. 따라서 A는 최초의 척삭동물, B는 최초의 생명체, C는 최초의 광합성 세균이다.

✕ 최초의 척삭동물(A)은 다세포 생물이고, 최초의 생명체(B)와 최초의 광합성 세균(C)은 단세포 생물이다.

㉠ 최초의 생명체(B)가 최초의 광합성 세균(C)보다 먼저 출현하였다.

㉡ 최초의 광합성 세균(C)은 광합성을 통해 빛에너지를 화학 에너지로 전환한다.

15 유전자 발현 조절

예설 | A~C 중 제거된 부위가 없을 때 I과 III에서만 x가 전사되었으므로 x가 전사되려면 ㉠이 발현되어야 한다. A~C 중 B가 제거될 경우, I과 III에서 모두 x가 전사되지 않았으므로 x가 전사되려면 B가 있어야 한다. 따라서 ㉠의 결합 부위는 B이다. I에서 A가 제거되어도 x가 전사되고, C가 제거되면 x가 전사되지 않으므로 ㉠의 결합 부위는 C이고, 나머지 ㉡의 결합 부위는 A이다. C가 제거된 I과 A가 제거된 III에서 x가 전사되지 않으므로 x가 전사되려면 ㉠과 B가 결합해야 하고, 동시에 ㉠과 C의 결합 또는 ㉡과 A의 결합 중 적어도 하나가 일어나야 한다. A~C 중 제거된 부위가 없을 때 I과 II에서만 y가 전사되었으므로 y가 전사되려면 ㉡이 발현되어야 한다. A~C 중 C가 제거될 경우, I과 II에서 모두 y가 전사되지 않았으므로 y가 전사되려면 C가 있어야 한다. B가 제거된 I과 A가 제거된 II에서 y가 전사되지 않으므로 y가 전사되려면 ㉠과 C가 결합해야 하고, 동시에 ㉠과 B의 결합 또는 ㉡과 A의 결합 중 적어도 하나가 일어나야 한다.

㉠ x가 전사되려면 ㉠이 발현되고 동시에 ㉠과 ㉡ 중 적어도 하나가 발현되어야 한다.

✕ ㉠의 결합 부위는 B이다.

✕ I에서 B를 제거했을 때 ㉠과 C가 결합하더라도 ㉠과 B가 결합하지 않아서 y가 전사되지 않았다. II에서 A를 제거했을 때 ㉠과 C가 결합하더라도 ㉡과 A가 결합하지 않아서 y가 전사되지 않았다.

16 계통수

예설 | 각 뉴클레오타이드 자리에 있는 염기의 비가 2 : 3(또는 3 : 2)인 ㉠과 ㉡에서 일어난 염기 치환은 각각 ㉡와 ㉢ 중 하나이다. 만약 ㉡에서 ㉡가 일어났다면 (마)에서 A에서 T으로의 치환(㉡)이 일어났어야 하므로 모순이다. 따라서 ㉠에서 ㉡가 일어났고, ㉡는 G에서 C으로의 치환이며, II, III, IV는 각각 (가), (나), (라) 중 하나이다. ㉢에서 ㉢가 일어났으므로 ㉢는 T에서 A으로의 치환이며, (가)는 II이다. 따라서 (가)에서만 차이가 있는 ㉢에서 ㉡가 일어났고, ㉡는 G에

서 C으로의 치환이다. (나)와 (라)에서 차이가 있는 ㉡에서 ㉡가 일어났으므로 ㉡는 A에서 T으로의 치환이며, (라)는 IV이고, (나)는 III이다. (다)와 (마)에서 차이가 있는 ㉠에서 ㉡가 일어났으므로 ㉡는 T에서 A으로의 치환이며, (다)는 I이다.

종	뉴클레오타이드 자리				
	㉠, ㉡ (T → A)	㉢, ㉣ (G → C)	㉤, ㉥ (G → C)	㉦, ㉧ (T → A)	㉨, ㉩ (A → T)
(가)=II	T	C	C	T	A
(나)=III	T	C	G	A	A
(다)=I	A	G	G	T	A
(라)=IV	T	C	G	A	T
(마)	T	G	G	T	A

㉠ (다)는 I이다.

㉡ ㉡는 ㉠에서 일어난 G(구아닌)에서 C(사이토신)으로의 치환이다.

㉢ II(가)와 III(나)의 유연관계는 III(나)과 IV(라)의 유연관계보다 멀다.

17 생물의 분류

예설 | 말미잘은 자포동물, 예쁜꼬마선충은 선형동물, 우렁쟁이(멍게)는 척삭동물, 해삼은 극피동물에 속한다. 2배엽성인 자포동물과 3배엽성인 선형동물, 극피동물, 척삭동물은 모두 내배엽을 가지므로 ㉠은 ‘내배엽을 가진다.’이다. 원구가 항문이 되는 후구동물에 속하는 것은 극피동물과 척삭동물이므로 ㉡은 ‘원구가 항문이 된다.’이다. 척삭을 가지는 시기가 있는 것은 척삭동물이므로 ㉢은 ‘척삭을 가지는 시기가 있다.’이고, B는 우렁쟁이(멍게), D는 해삼이다. 따라서 ㉣은 ‘탈피를 한다.’이고, 자포동물과 선형동물 중 탈피를 하는 것은 선형동물이므로 C는 예쁜꼬마선충, A는 말미잘이다.

✕ 선형동물인 예쁜꼬마선충(C)은 선구동물에 속하지만, 자포동물인 말미잘(A)은 2배엽성이므로 원구가 형성되지 않아 선구동물에 속하지 않는다.

㉠ 척삭동물인 우렁쟁이(멍게)(B)는 좌우 대칭 동물에 속한다.

㉡ D는 해삼이다.

18 하디·바인베르크 법칙

예설 | I에서 A의 빈도를 p_1 , A*의 빈도를 q_1 이라고 하자. 만약 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이 I일 경우 A*를 가진 개체들을 합쳐서 구한 A*의 빈도는 $\frac{q_1^2 + p_1q_1}{q_1^2 + 2p_1q_1} = \frac{5}{8}$ 이므로 $p_1 = 0.6$, $q_1 = 0.4$ 이고, 날개 길이의 유전자형에 따른 개체 수 비율은 $AA(p_1^2) = 0.36$, $Aa(2p_1q_1) = 0.48$, $A^*A^*(q_1^2) = 0.16$ 이다. I을 구성하는 개체 수를 x, II를 구성하는 개체 수를 $\frac{1}{2}x$ 라고 하자. A*가 A에 대해 완전 우성이므로 I에서 짧은 날개 개체 수는 $0.64x$ 이고, 짧은 날개 개체 수는 II에서가 I에서의 2배라는 조건에 따라 II에서 짧은 날개 개체 수는 $1.28x$ 이다. 개체 수가 $\frac{1}{2}x$ 인 II에서 짧은 날개 개체 수가 $1.28x$ 이 되려면 짧은 날개를 가진 개체의 비율이 2.56이어야 하는데, 비율이 1보다 큰 것은 모순이다. 따라서 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단은 II이다. II에서 A

의 빈도를 p_2 , A^* 의 빈도를 q_2 라고 하자. II에서 A^* 를 가진 개체들을 합쳐서 구한 A^* 의 빈도는 $\frac{q_2^2 + p_2q_2}{q_2^2 + 2p_2q_2} = \frac{5}{8}$ 이므로 $p_2 = 0.6$, $q_2 = 0.4$ 이고, 날개 길이의 유전자형에 따른 개체 수 비율은 $AA(p_2^2) = 0.36$, $AA^*(2p_2q_2) = 0.48$, $A^*A^*(q_2^2) = 0.16$ 이다. I을 구성하는 개체 수를 $2x$, II를 구성하는 개체 수를 x 라고 하자. A^* 가 A에 대해 완전 우성이므로 II에서 짧은 날개 개체 수는 $0.64x$ 이고, I에서 짧은 날개 개체 수는 $0.32x$ 이다. 개체 수가 $2x$ 인 I에서 짧은 날개 개체 수가 $0.32x$ 가 되려면 짧은 날개를 가진 개체의 비율이 0.16 이어야 한다. I에서 날개 길이의 유전자형이 AA^* 인 개체 수의 비율을 a , A^*A^* 인 개체 수의 비율을 $0.16 - a$ 라고 하자. I에서 A^* 를 가진 개체들을 합쳐서 구한 A^* 의 빈도는 $\frac{\frac{a}{2} + (0.16 - a)}{0.16} = \frac{5}{8}$ 이므로 $a = 0.12$ 이다. 따라서 I에서 유전자형에 따른 개체 수 비율은 $AA = 0.84$, $AA^* = 0.12$, $A^*A^* = 0.04$ 이다. I에서 A의 빈도 $p_1 = 0.9 (= 0.84 + \frac{1}{2} \times 0.12)$ 이고, A^* 의 빈도 $q_1 = 0.1 (= 0.04 + \frac{1}{2} \times 0.12)$ 이다.

구분	I (비멘델 집단, 개체 수 $2x$) $p_1 = 0.9, q_1 = 0.1$			II (멘델 집단, 개체 수 x) $p_2 = 0.6, q_2 = 0.4$		
	긴 날개	짧은 날개		긴 날개	짧은 날개	
유전자형	AA	AA*	A*A*	AA	AA*	A*A*
비율	0.84	0.12	0.04	0.36	0.48	0.16

- ×. 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단은 II이다.
- ×. I에서 A의 빈도는 0.9이다.
- ㉠. $\frac{\text{I에서 짧은 날개 개체 수}}{\text{II에서 긴 날개 개체 수}} = \frac{0.16 \times 2x}{0.36x} = \frac{8}{9}$ 이다.

19 유전자풀의 변화 요인

- 예설** I (가)는 자연 선택, (나)는 병목 효과, (다)는 유전자 흐름이다.
- ×. 자연 선택은 집단 내에 존재하는 대립유전자의 비율을 변화시키며, 집단 내에 존재하지 않던 새로운 대립유전자를 제공하지 않는다.
 - ㉠. (나)는 병목 효과이다.
 - ×. 유전자 흐름(다)은 두 집단 사이에서 일어나는 현상이며, 창시자 효과는 한 집단에서 적은 수의 개체가 다른 지역으로 이주하여 새로운 집단을 형성할 때 나타나는 현상으로, 유전적 부동의 한 현상이다.

20 유전자 재조합

- ㉠. (가)는 테트라사이클린 첨가 배지에서 형광을 띠었으므로 균체를 형성하였고, *gfp* 유전자를 가지고 있으므로 (가)는 III이다. I은 앰피실린 첨가 배지와 테트라사이클린 첨가 배지에서 모두 균체를 형성하지 못하므로 (나)는 I이고, 따라서 (다)는 II이다.
- ×. III(가)은 앰피실린 첨가 배지와 테트라사이클린 첨가 배지 중 하나에서만 균체를 형성할 수 있으므로 ㉠은 '형성 안 함'이다.

구분		(가)III	(나)I	(다)II
앰피실린 첨가 배지	균체 형성 여부	㉠(형성 안 함)	형성 안 함	형성함
	형광 여부	×	×	?(×)
테트라사이클린 첨가 배지	균체 형성 여부	?(형성함)	형성 안 함	?(형성함)
	형광 여부	○	?(×)	×

(○: 형광 띠, ×: 형광 안 띠)

- ×. *b*에 *gfp* 유전자가 삽입된 (가)가 테트라사이클린 첨가 배지에서 균체를 형성하였으므로 *b*는 테트라사이클린 저항성 유전자가 아니다. 따라서 *a*는 테트라사이클린 저항성 유전자, *b*는 앰피실린 저항성 유전자이다.

실전 모의고사 4회

본문 132~137쪽

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

01 생명 과학의 역사

예설 | ㉠은 파스퇴르, ㉡은 린네이다.

✗. 파스퇴르(㉠)는 백조목 플라스크를 이용한 실험으로 생물 속생설을 입증하였다.

○. 린네(㉡)는 속명과 종소명으로 구성되는 이명법을 고안하였다.

✗. (가)는 1628년에, (나)는 1881년에, (다)는 1753년에 이론 성과이므로 가장 나중에 이루어진 성과는 (나)이다.

02 세포 소기관

예설 | 크리스타 구조를 갖는 세포 소기관은 미토콘드리아이므로 ㉢은 '크리스타 구조를 갖는다.'이고, B는 미토콘드리아이다. RNA는 리보솜, 미토콘드리아, 엽록체에 모두 있으므로 ㉣은 'RNA를 갖는다.'이고, ㉤는 'O'이다. 2중막을 갖는 세포 소기관은 미토콘드리아와 엽록체이므로 ㉠은 '2중막을 갖는다.'이고, A는 엽록체, C는 리보솜이며, ㉡는 'O'이다.

○. ㉠과 ㉡는 모두 'O'이다.

○. 미토콘드리아(B)에서는 화학 삼투에 의한 인산화가 일어난다.

○. 대장균에는 리보솜(C)이 있다.

03 식물의 유기적 구성

예설 | A는 조직, B는 조직계, C는 기관이고, (가)는 A, (나)는 C, (다)는 B이다.

✗. 유조직(㉠)은 분열 조직으로부터 분화되어 분열 능력이 없는 영구 조직에 해당한다.

✗. 열매(㉡)는 꽃과 함께 생식 기관에 해당한다.

○. (다)는 B(조직계)이다.

04 효소 반응

예설 | 효소 중에는 단백질 성분만으로 활성을 나타내는 것과 단백질 성분과 함께 비단백질 성분이 있어야 활성을 나타내는 것이 있다. 이때 단백질 성분을 주효소, 비단백질 성분을 보조 인자라고 하며, 이들이 결합한 것을 전효소라고 한다. 효소 X에 의한 반응이 진행될수록 기질의 양은 감소하고 생성물의 양은 증가하므로 ㉠은 생성물, ㉡은 기질이다. (가)에서는 기질(㉡)의 농도가 감소하였고, (나)에서는 기질(㉡)의 농도가 변하지 않았으므로 효소의 활성은 (가)에서만 나타난 것이다. (가)는 A와 열처리한 B를 함께 첨가했을 때인데, 보조 인자는 주효소보다 열에 강하므로 A가 주효소, B가 보조 인자이다.

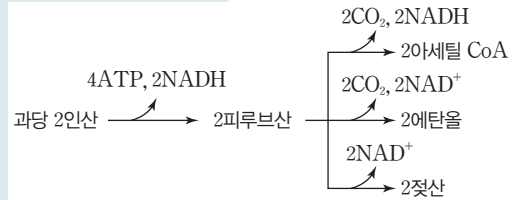
✗. A는 주효소이다.

✗. X에 의한 반응의 활성화 에너지는 t₁일 때와 t₂일 때가 같다. 기질과 생성물의 양은 활성화 에너지의 크기에 영향을 미치지 않는다.

○. (가)에서 생성물(㉠)의 농도 그래프의 기울기가 크다는 것은 '기질(㉡)과 결합한 X(효소·기질 복합체)의 수'가 많다는 것을 의미한다. 생성물(㉠)의 농도 그래프의 기울기는 t₁일 때가 t₂일 때보다 크므로 기질(㉡)과 결합하지 않은 X의 수 / 기질(㉡)과 결합한 X의 수 는 t₂일 때가 t₁일 때보다 크다.

05 세포 호흡과 발효

예설 | 세포 호흡과 발효 과정에서의 물질 전환 과정은 아래와 같다.



1분자의 물질이 1분자의 물질로 전환되는 경우는 모두 피루브산에서 시작하므로 ㉠은 피루브산이다. 1분자의 물질이 2분자의 물질로 전환되는 경우는 과당 2인산에서 시작하므로 ㉡은 과당 2인산이다. ㉢~㉤ 중 II와 III에서 생성되는 물질이 3종류이므로 ㉢과 ㉣은 각각 아세틸 CoA와 젖산 중 하나이며, ㉤은 에탄올이 된다.

$$\frac{\text{㉢의 탄소 수} + \text{㉣의 탄소 수}}{\text{㉤의 탄소 수}} = \frac{2 + \text{㉣의 탄소 수}}{6} = \frac{5}{6}$$

이므로 ㉣의 탄소 수는 3이어야 한다. 따라서 ㉣은 젖산, ㉢은 아세틸 CoA이다.

II와 III을 비교했을 때, II에서만 생성되는 ㉢은 NAD⁺이고 III에서만 생성되는 ㉤은 CO₂이다. II에서 ㉢ : ㉤ = 1 : 2이므로 ㉢은 NADH, ㉤은 ATP이다.

○. ㉣은 에탄올이다.

✗. ㉤은 CO₂이다.

○. 과당 2인산(㉡)이 피루브산(㉠)으로 전환되는 과정에서 기질 수준 인산화가 일어난다.

06 TCA 회로

예설 | TCA 회로에서 옥살아세트산은 아세틸 CoA와 반응해 시트르산이 되고, 이 반응에서 CO₂, FADH₂, NADH가 모두 생성되지 않는다. I~III에 해당하는 (가)~(다)에서는 ㉠~㉣ 중 하나라도 생성되었으므로 ㉣에서 ㉠로 전환되는 과정은 옥살아세트산이 시트르산으로 전환되는 과정이다. ㉣가 옥살아세트산, ㉠가 시트르산이므로 ㉡는 5탄소 화합물, ㉢는 4탄소 화합물이다. I~III 모두에서 NADH가 생성되므로 ㉠이 NADH이다. NADH(㉠)만 생성될 수 있는 과정은 III뿐이므로 (가)는 III이고, FADH₂는 II에서 생성된다. I에서 CO₂와 NADH가 생성되므로 (나)는 I이고, ㉣은 CO₂이다. 따라서 ㉣은 FADH₂이다. (다)는 II이며 세 종류의 물질이 모두 생성된다.

○. (나)는 I이다.

○. II에서 기질 수준 인산화로 ATP가 생성된다.

✗. 1분자의 4탄소 화합물(㉢)이 옥살아세트산(㉣)으로 전환되는 과정은 III이며, 이 과정에서는 NADH만 생성된다. 따라서 III에서 생성되는 FADH₂의 분자 수는 0이다. FADH₂가 생성되는 과정은 II이다.

07 전자 전달계

✗ I은 막 사이 공간이고, II는 미토콘드리아 기질이다. X를 처리하면 ATP 합성 효소를 통한 I에서 II로의 H⁺의 이동이 차단되므로 I의 pH가 낮아지게 된다. 따라서 $\frac{\text{II의 pH}}{\text{I의 pH}}$ 는 X를 처리한 후가 처리하기 전보다 크다.

✗ 세포막을 통한 H⁺의 이동에 ATP 합성 효소라는 단백질이 이용되므로 H⁺이 I에서 II로 이동하는 방식은 촉진 확산이다.

㉔ ①은 NADH, ㉕은 FADH₂이다. ㉔ 1분자와 ㉕ 1분자로부터 각각 2개의 전자가 나와 전자 전달계를 거쳐 $\frac{1}{2}$ O₂로 전달될 때 생성되는 H₂O 분자 수는 각각 1로 같다.

08 캘빈 회로

예설 | 5분자의 ㉑이 3분자의 ㉒으로 전환되므로 ㉑은 5탄소 화합물인 RuBP이다. ㉑이 ㉒으로 전환될 때 ㉓만 소모되므로 ㉓는 ATP이고, ㉔은 PGAL이다. I에서 소모되는 ㉑의 분자 수 = 2이므로 II에서 소모되는 ㉓의 분자 수

㉕는 CO₂, ㉖는 NADPH이다.

㉗ ㉘는 NADPH이다.

㉙ 1분자당 $\frac{\text{인산기 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 RuBP(㉑)가 $\frac{2}{5}$ 이고, PGAL(㉔)이 $\frac{1}{3}$ 이므로 ㉑이 ㉔보다 크다.

✗ 3분자의 RuBP(㉑)가 6분자의 PGAL(㉔)로 전환되는 과정에서 3분자의 CO₂(㉕)가 반응에 참여하고 6분자의 ATP(㉓)가 소모되므로 I에서 반응에 참여하는 ㉕의 분자 수와 소모되는 ㉓의 분자 수를 더한 값은 9이다.

09 명반응

예설 | 전자의 흐름에서 반응 중심 엽록소 a에서 방출된 전자가 원래의 엽록소로 돌아가지 않는 것을 비순환적 전자 흐름(비순환적 광인산화)이라 하고, 방출된 전자가 원래의 엽록소로 돌아가는 것을 순환적 전자 흐름(순환적 광인산화)이라고 한다. 비순환적 전자 흐름에서는 광계 II에서 H₂O의 광분해가 일어나고, 광계 I에서 방출된 전자가 최종 전자 수용체인 NADP⁺에 전달되면 NADPH가 생성되며, ATP 합성에 필요한 H⁺ 농도 기울기가 형성된다. 순환적 전자 흐름에서는 O₂가 생성되지 않고, ATP 합성에 필요한 H⁺ 농도 기울기가 형성된다. 따라서 A는 비순환적 전자 흐름, B는 순환적 전자 흐름이고, ㉚는 3이다.

㉛ ㉚는 3이다.

㉜ 비순환적 전자 흐름(A)에는 광계 I과 II가 모두 관여한다.

㉝ 비순환적 전자 흐름(A)과 순환적 전자 흐름(B)에서 틸라코이드 막을 경계로 모두 H⁺ 농도 기울기가 형성되어 ATP가 합성된다.

10 동물계

예설 | A~C 중 탈피를 하는 동물은 거미, 원구가 입이 되는 동물은 거미, 갯지렁이, 3배엽성 동물은 거미, 창고기, 갯지렁이이다. 그러므로 창고기가 갖는 특징의 개수는 1, 갯지렁이가 갖는 특징의 개수는

2, 거미가 갖는 특징의 개수는 3이다. 따라서 A는 창고기, B는 갯지렁이, C는 거미이다.

㉞ 창고기(A)는 척삭동물이다.

㉟ 척수동물에는 편형동물, 연체동물, 환형동물이 속한다. 갯지렁이(B)는 환형동물에 속하므로 척수동물에 속한다.

㊱ 거미(C)는 절지동물에 속하므로 체절을 갖는다.

11 DNA 복제

예설 | ㉑이 ¹⁵N가 들어 있는 배양액, ㉒이 ¹⁴N가 들어 있는 배양액인 경우 실험 결과는 다음과 같다.

구분	A					B			
	¹⁴ N	¹⁵ N(㉑)	¹⁴ N(㉒)	¹⁵ N	¹⁴ N(㉒)	¹⁵ N(㉑)	¹⁴ N	¹⁴ N(㉒)	¹⁵ N(㉑)
	G ₀	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₀	G ₁	G ₂	G ₃
상층 (¹⁴ N- ¹⁴ N)	1	0	0	2	10	0	0	2	0
중층 (¹⁴ N- ¹⁵ N)	0	2	2	6	6	0	2	2	6
하층 (¹⁵ N- ¹⁵ N)	0	0	2	0	0	1	0	0	2

이 경우는 실험 결과 상층, 중층, 하층이 모두 나타나야 하므로 실험 결과와 다르다.

㉑이 ¹⁴N가 들어 있는 배양액, ㉒이 ¹⁵N가 들어 있는 배양액인 경우 실험 결과는 다음과 같다.

구분	A					B			
	¹⁴ N	¹⁴ N(㉑)	¹⁵ N(㉒)	¹⁵ N	¹⁴ N(㉑)	¹⁴ N	¹⁵ N(㉒)	¹⁴ N(㉑)	
	G ₀	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₀	G ₁	G ₂	G ₃
상층 (¹⁴ N- ¹⁴ N)	1	2	4	0	0	1	2	4	0
중층 (¹⁴ N- ¹⁵ N)	0	0	0	8	8	0	0	0	8
하층 (¹⁵ N- ¹⁵ N)	0	0	0	0	8	0	0	0	0

이 경우 상층의 DNA 상대량은 0, 중층의 DNA 상대량은 2, 하층의 DNA 상대량은 1이므로 실험 결과와 일치한다. 따라서 ㉑은 ¹⁴N가 들어 있는 배양액, ㉒은 ¹⁵N가 들어 있는 배양액이고, I은 상층, II는 하층, III은 중층이다.

㉓ A와 B는 염기 서열이 동일하고, A의 DNA에서 타이민(T)의 비율이 20%이므로 B의 DNA에서 구아닌(G)의 비율은 30%이다.

✗ ㉔은 ¹⁴N가 들어 있는 배양액이다.

✗ II는 하층이다.

12 진핵생물의 유전자 발현 조절

예설 | I과 II에서는 b가 발현되고, III과 IV에서는 c가 발현된다. I에서 w가 전사되지 않으므로 a는 발현되지 않았고, x가 전사되므로 c는 발현되었으며, y가 전사되지 않으므로 d는 발현되지 않았다. II에서 w가 전사되므로 a는 발현되었고, b가 발현되었음에도 x가 전사되지 않으므로 c는 발현되지 않았으며, y가 전사되므로 d가 발현되었다. III에서 c가 발현되었음에도 x가 전사되지 않으므로 b와 d는

발현되지 않았다. IV에서 x 가 전사되므로 c 가 발현되었고, y 가 전사되므로 d 는 발현되었으며, a 와 b 중 적어도 하나가 발현되었다.

- ㉠. III에서 d 가 발현되지 않았으므로 y 는 전사되지 않는다. 따라서 ㉠은 '×'이다.
- ㉡. IV에서 발현되는 전사 인자 종류의 개수는 $3(a, c, d$ 또는 $b, c, d)$ 이다. 따라서 III에서 발현되는 전사 인자 종류의 개수는 1이며, III에서는 c 만 발현되고 a 는 발현되지 않는다.
- ㉢. I ~ IV에서는 모두 a 와 c 중 적어도 하나가 발현되므로 z 의 전사는 I ~ IV에서 모두 촉진된다.

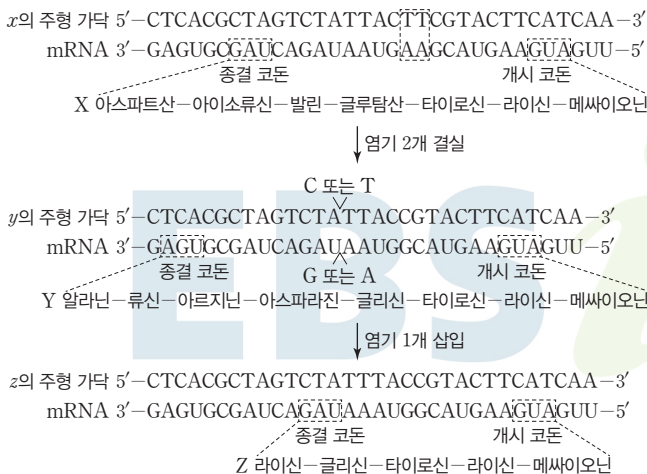
13 진핵생물의 유전자 발현과 돌연변이

예설 | X를 합성할 때 사용된 개시 코돈이 존재하려면 전사 주형 가닥에 5'-CAT-3' 서열이 있어야 한다. ㉠에 개시 코돈이 들어갈 경우 X가 7개 미만의 아미노산으로 구성되어야 하므로 개시 코돈은 ㉠에 들어가야 한다. II가 ㉠에 5'-TCATT-3'의 배열로 들어갈 경우 5'-CAT-3' 서열이 생기지만 7번째 코돈이 종결 코돈(UAG)이 되어 X가 6개의 아미노산으로 구성되므로 조건에 맞지 않는다. I이 ㉠에 5'-ACTTC-3'의 배열로 들어갈 경우 5'-CAT-3' 서열이 생기고, 8번째 코돈이 종결 코돈(UAG)이 되어 X가 7개 아미노산으로 구성된다. II가 ㉠에 5'-TCATT-3'의 배열로 들어갈 경우 X가 2개의 메싸이오닌을 가지므로 II는 ㉠에 5'-TTACT-3'의 배열로 들어간다.

y 는 x 의 전사 주형 가닥에서 연속된 2개의 동일한 염기가 1회 결실된 것이고, Y는 1개의 아르지닌과 1개의 아스파라진을 가지므로 x 에서 결실된 염기는 X의 mRNA에서 4번째 코돈의 3'-AA-5'과 상보적으로 결합하는 5'-TT-3'이다.

z 는 y 의 전사 주형 가닥에서 염기(㉡)가 1회 삽입된 것이고, Z는 2개의 라이신을 가지므로 Y의 mRNA에서 5번째 코돈에 A 또는 G이 삽입된 것이다.

돌연변이가 일어난 과정은 그림과 같다.



- ×. ㉡는 5' 말단, ㉠은 3' 말단이다.
- ×. Y의 mRNA에 A 또는 G이 삽입되었으므로 y 의 전사 주형 가닥에는 T 또는 C이 삽입된 것이다. 따라서 ㉡는 피리미딘 계열 염기이다.
- ㉢. X와 Z가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UAG로 같다.

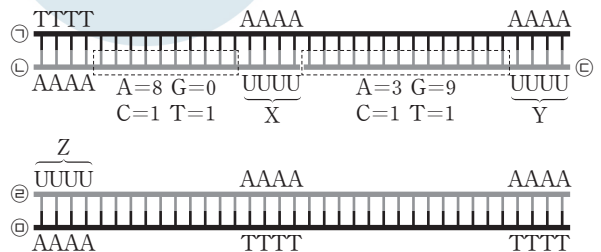
14 유기물 복합체

예설 | 복잡한 유기물이 뭉쳐 유기물 복합체가 되었으며, 유기물 복합체에는 코아세르베이트, 마이크로스피어, 리포솜이 있다.

- ㉠. 코아세르베이트는 오파린이 원시 생명체의 기원이라고 주장한 유기물 복합체이며, 오파린이 탄수화물, 단백질, 핵산의 혼합물로부터 만들었다.
- ㉡. 마이크로스피어는 폭스가 원시 생명체의 기원이라고 주장한 유기물 복합체이며, 단백질로 구성된 막은 선택적 투과성을 가진다.
- ㉢. 리포솜은 인지질 2중층의 막 구조를 가진 유기물 복합체이고, 인지질은 탄소가 포함된 물질이다.

15 DNA 복제

예설 | ㉠은 36개의 염기로 구성되므로 $\frac{G+A}{C+T} = \frac{1}{2} = \frac{12}{24}$ 이다. ㉡은 36개의 염기로 구성되는데, $\frac{G+A}{C+T} = \frac{3}{5} = \frac{12}{20}$ 이므로 ㉡에 있는 프라이머 Z의 염기 서열은 UUUU이다. ㉠에서 $A+G=12$ 이므로 ㉠과 ㉡에서 $C+T+U=12$ 이다. ㉡에 있는 프라이머 X와 ㉡에 있는 프라이머 Y의 염기 서열이 모두 UUUU이므로 ㉠과 ㉡에서 $C+T=4$ 이다. ㉠과 ㉡에서 각각 $\frac{T}{C}=1$ 이므로 C과 T은 ㉠과 ㉡에 각각 1개씩 있다. ㉠은 4종류 염기로 구성되므로 G이 없고, A이 12개 있다. ㉠에서 $C+T=24$ 이므로 ㉠과 ㉡에서 $A+G=24$ 이고, ㉠에서 $A+G=12$ 이므로 ㉡에서 $A+G=12$ 이다. ㉡에서 $\frac{A}{G} = \frac{1}{3} = \frac{3}{9}$ 이다.



- ×. 만약 Z가 (나)라면 ㉡에 A이 적어도 4개 이상 있어야 하는데, ㉡에는 A이 3개이므로 Z는 (가)이다.
- ㉢. ㉡에서 Z가 (가)이므로 (가)가 위치한 곳이 5' 말단이고, ㉠에서 (가)와 상보적인 결합을 이루는 곳의 염기 서열은 3'-AAAA-5'이다. 따라서 ㉠의 3' 말단 염기는 아데닌(A)이다.
- ×. ㉡에서 타이민(T)의 개수는 11개이다.

16 원시 생명체의 진화

예설 | A는 광합성 세균, B는 단세포 진핵생물, C는 산소 호흡 세균이다.

- ×. 광합성 세균(A)은 원핵생물의 일종으로, 원핵생물은 막으로 둘러싸인 세포 소기관을 갖지 않는다.
- ㉢. B는 단세포 진핵생물 중에서 중속 영양 생물에 해당한다. 효모는 균계에 속하는 단세포 진핵생물이므로 B에 속한다.
- ㉤. C는 산소 호흡 세균이다.

17 젓당 오페론의 구조와 돌연변이

예설 | ㉠과 ㉡은 각각 억제 단백질과 젓당 분해 효소 중 하나이다. 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 야생형 대장균을 배양하면 억제 단백질과 젓당 분해 효소가 모두 합성되지만 포도당과 젓당이 없는 배지에서 야생형 대장균을 배양하면 억제 단백질만 합성된다. 따라서 Ⅱ는 야생형 대장균이고, ㉠이 젓당 분해 효소, ㉡이 억제 단백질이다. 따라서 ㉢는 젓당 오페론의 구조 유전자, ㉣는 젓당 오페론의 작동 부위, ㉤는 젓당 오페론의 프로모터, ㉥는 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자이고, (가)는 포도당과 젓당이 없는 배지, (나)는 포도당이 없고 젓당이 있는 배지이다.

Ⅰ은 (가)와 (나)에서 모두 억제 단백질(㉡)이 합성되지 않았으므로 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자(㉤)가 결실된 대장균이고, Ⅲ은 (가)와 (나)에서 모두 젓당 분해 효소(㉠)와 억제 단백질(㉡)이 합성되었으므로 젓당 오페론의 작동 부위(㉣)가 결실된 대장균이다.

㉠ (가)는 포도당과 젓당이 없는 배지이다.

㉡ Ⅰ은 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자(㉤)가 결실된 대장균이다.

㉢ Ⅲ은 젓당 오페론의 작동 부위(㉣)가 결실된 대장균이므로 RNA 중합 효소가 젓당 오페론의 프로모터(㉤)에 결합하여 젓당 분해 효소(㉠)가 합성된다. RNA 중합 효소는 젓당 오페론의 작동 부위(㉣)에 결합하지 못한다.

18 하디·바인베르크 평형

예설 | Ⅰ에서 A의 빈도를 p , A*의 빈도를 q 라고 할 때 A를 가진 개체들을 합쳐서 구한 A의 빈도는 $\frac{2p^2+2pq}{2p^2+2\times 2pq} = \frac{1}{1+q}$ 이고, A*를 가진 개체들을 합쳐서 구한 A*의 빈도는 $\frac{2pq+2q^2}{2\times 2pq+2q^2} = \frac{1}{1+p}$ 이다. $p+q=1$ 이고, $\frac{A^* \text{를 가진 개체들을 합쳐서 구한 } A^* \text{의 빈도}}{A \text{를 가진 개체들을 합쳐서 구한 } A \text{의 빈도}} = \frac{7}{8}$ 이므로 $p = \frac{3}{5}$, $q = \frac{2}{5}$ 이다. 표는 집단 Ⅰ에서 각 유전자형 AA, AA*, A*A*에 해당하는 개체 수를 A와 A*의 빈도를 반영하여 정리한 것이다. 각 집단에서의 개체 수는 N 으로 표기하였다.

유전자형	AA	AA*	A*A*
집단 Ⅰ	9N	12N	4N

Ⅰ과 Ⅱ를 구성하는 개체 수가 같고, Ⅰ과 Ⅱ에서 A의 빈도가 서로 같으므로 Ⅰ과 Ⅱ에서 A의 개수는 같다. N 을 1이라고 가정하면 Ⅰ에서 A의 개수는 $9 \times 2 + 12 = 30$ 개이다. $\frac{Ⅰ \text{에서 검은색 몸 개체 수}}{Ⅱ \text{에서 회색 몸 개체 수}}$

$= \frac{1}{4}$ 이므로 Ⅱ에서 유전자형이 AA와 AA*에 해당하는 개체 수를 더한 값이 16이다. Ⅱ에서 유전자형이 AA인 개체 수가 14, AA*인 개체 수가 2가 되어야 A의 개수가 $14 \times 2 + 2 = 30$ 개가 된다. Ⅰ과 Ⅱ의 개체 수가 같으므로 Ⅱ에서 유전자형이 A*A*인 개체 수는 9이다. Ⅰ과 Ⅱ에서 각 유전자형 AA, AA*, A*A*에 해당하는 개체 수를 정리한 내용은 표와 같다.

유전자형	AA	AA*	A*A*
집단 Ⅰ	9N	12N	4N
집단 Ⅱ	14N	2N	9N

㉣ Ⅰ에서 유전자형이 AA인 개체 수와 Ⅱ에서 유전자형이 A*A*인 개체 수는 9N으로 같다.

㉤ Ⅰ에서 $\frac{\text{검은색 몸 대립유전자 수}}{\text{검은색 몸 개체 수}} = \frac{(12+4 \times 2)N}{4N} = 5$ 이다.

㉥ Ⅰ에서 유전자형이 AA*인 암컷이 임의의 회색 몸 수컷과 교배하여 자손(F_1)을 낳을 때, 이 F_1 이 회색 몸일 확률은 $1 - (\text{임의의 회색 몸 수컷의 유전자형이 AA*일 확률} \times \text{유전자형이 AA*인 암컷과 교배했을 때 } F_1 \text{이 A*A*일 확률}) = 1 - \left(\frac{2pq}{p^2+2pq} \times \frac{1}{4} \right) = 1 - \left(\frac{2q}{1+q} \times \frac{1}{4} \right)$ 이다. $p = \frac{3}{5}$, $q = \frac{2}{5}$ 를 대입하면 $1 - \left(\frac{4}{7} \times \frac{1}{4} \right) = \frac{6}{7}$ 이다.

19 진화의 요인

예설 | (가)는 유전적 부동, (나)는 자연 선택, (다)는 돌연변이이다.

㉠ 유전적 부동(가)은 집단의 유전적 다양성을 증가시키지 않는다.

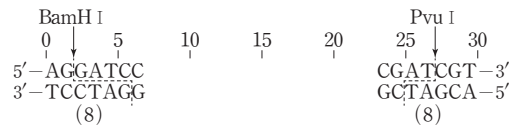
㉡ 창시자 효과는 유전적 부동(가)의 한 현상이다.

㉢ 유전적 부동(가), 자연 선택(나), 돌연변이(다)는 모두 유전자풀의 변화 요인이다.

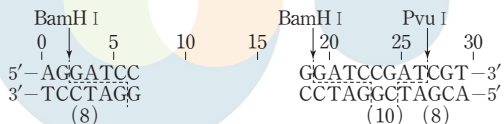
20 DNA와 제한 효소

예설 | DNA 조각의 염기 수는 ()에 넣어 표기하였다.

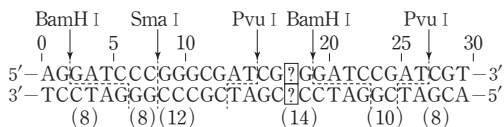
Ⅰ과 Ⅳ를 보고 BamH I에 의해 형성된 (8)인 조각이 왼쪽 말단부에 존재함을 알 수 있다. Ⅱ와 Ⅳ를 보고 Pvu I에 의해 형성된 (8)인 조각이 오른쪽 말단부에 존재함을 알 수 있다.



Ⅰ과 Ⅳ를 보고 BamH I에 의해 형성된 (18)인 조각은 Pvu I에 의해 (8)과 (10)이 되고, (34)인 조각은 Pvu I에 의해 (14)와 (20)이 되는 것을 알 수 있다. BamH I의 절단 위치를 아래와 같이 확정할 수 있다.



Sma I에 의해 (16)인 조각이 나오려면 Sma I의 절단 위치는 아래와 같고 나머지 서열의 위치도 확정된다.



㉣ ㉠과 ㉡는 모두 X_1 의 3'-말단 쪽에서 가장 가까운 DNA 조각으로 서로 동일한 DNA 조각이다.

㉔. X_1 에서 퓨린 계열 염기의 개수는 피리미딘 계열 염기의 개수보다 2개 많으므로 X_1 의 18번째 자리에 들어갈 염기는 C 또는 T이다.

따라서 $\frac{A}{G} = \frac{5}{11}$ 이다.

㉕. V에서 생성된 DNA 조각의 수가 4개이므로 제한 효소가 인식하는 염기 서열이 1군데 있는 것과 2군데 있는 것을 하나씩 사용해야 한다. V에서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수가 8, 12, 16, 24가 나오려면 Pvu I 과 Sma I 을 첨가해야 한다.

실전 모의고사 5회

본문 138~143쪽

01 ㉓	02 ㉓	03 ㉕	04 ㉔	05 ㉔
06 ㉕	07 ㉔	08 ㉑	09 ㉒	10 ㉓
11 ㉕	12 ㉓	13 ㉑	14 ㉑	15 ㉑
16 ㉕	17 ㉕	18 ㉓	19 ㉒	20 ㉓

01 동물 세포의 구조

- ㉑. A는 핵이다. 핵에서는 리보솜을 구성하는 rRNA가 만들어진다.
- ✗. B는 골지체이다. 골지체는 단일막을 갖는다.
- ㉒. C는 리소좀이다. 리소좀에 있는 가수 분해 효소는 B를 거쳐 C로 전달된다.

02 생명 과학의 역사

- ✗. 초파리 연구를 통해 유전자가 염색체의 일정한 위치에 존재한다는 것을 밝혀낸 ㉑는 모건이다.
- ✗. 파스퇴르가 실험을 통해 증명한 것은 자연 선택설이 아닌 생물 속생설이다.
- ㉒. ㉑~㉒ 중 가장 나중에 이룬 성과인 ㉒은 '왓슨과 크릭이 DNA 구조를 밝혀냄'이다.

03 식물의 구성 체제

- ㉑. A는 잎의 표면을 덮고 있으며, 기관을 보호하고 외부와의 물질 출입을 조절하는 표피 조직계이다.
- ㉒. B는 기본 조직계이다. 기본 조직계를 구성하는 조직에 유조직이 있다.
- ㉒. C는 관다발 조직계이다. 관다발 조직계를 통해 물이나 영양 물질 등이 이동한다.

04 식물 세포의 흡수력

- ✗. ㉑에 담겨 있던 식물 세포를 ㉒으로 옮겼을 때 식물 세포의 부피가 증가하였으므로 ㉑은 3% 소금물이고, ㉒은 증류수이다.
- ㉒. t_3 은 증류수에 넣은 식물 세포의 부피가 더 이상 증가하지 않는 시점으로 식물 세포는 최대로 팽윤된 상태이다. 원형질 분리가 일어난 (t_1)는 t_1 일 때 식물 세포이다.
- ㉒. 구간 I에서 식물 세포의 부피가 증가하고 있으므로 세포막을 통해 유입되는 물의 양은 유출되는 물의 양보다 많다.

05 원핵생물과 진핵생물

- ㉑. 대장균은 엽록체, 미토콘드리아, 히스톤 단백질이 모두 없으므로 B는 대장균이며 ㉑는 '×'이다.
- ㉒. 고사리 잎에서 광합성이 일어나는 세포는 엽록체, 미토콘드리아, 히스톤 단백질이 모두 있으므로 A이고, C는 토끼의 간을 구성하는 세포이다. ㉒은 토끼의 간을 구성하는 세포에 있으므로 ㉒은 미토콘드리아이다. 미토콘드리아에는 크리스타 구조가 있다.
- ✗. 대장균(B)은 원핵생물이므로 rRNA가 만들어지는 장소와 번역

이 일어나는 장소가 2중막으로 분리되어 있지 않다.

06 효소

㉠. A가 IV라면 I~III 중 B가 될 수 있는 실험이 없으므로 A는 III이고, B는 I이다. 따라서 ㉠은 경쟁적 저해제, ㉡는 비경쟁적 저해제이다.

㉢. C의 최대 초기 반응 속도가 A의 절반이므로 C에서 처리한 X의 농도는 1이다. ㉡는 비경쟁적 저해제이므로 D는 II이고, C는 IV이다.

㉣. D에서 X의 총 수는 변하지 않고, 기질과 결합한 X의 수는 초기 반응 속도가 높을수록 많으므로 $\frac{X \text{의 총 수}}{\text{기질과 결합한 X의 수}}$ 는 S₁일 때가 S₂일 때보다 크다.

07 TCA 회로

✕. TCA 회로가 1회 진행될 때 ATP는 1분자, CO₂는 2분자, FADH₂는 1분자, NADH는 3분자가 생성되므로 표의 수를 모두 더한 값은 7이다. ㉠ 이외의 수의 합은 5이므로 ㉠은 2이다. TCA 회로가 1회 진행될 때 생성되는 두 종류의 분자 수를 더한 값이 4가 될 수 있는 경우는 ATP, NADH이거나 FADH₂, NADH이다. (가)~(다) 중 어떤 경우도 생성되는 CO₂와 FADH₂의 분자 수를 더한 값이 0이고, 생성되는 ATP와 NADH의 분자 수를 더한 값이 2일 수는 없으므로 ㉢과 ㉣은 각각 NADH와 FADH₂ 중 하나이고, ㉠과 ㉡는 각각 ATP와 CO₂ 중 하나이다. ㉠이 4탄소 화합물이라면 ㉠+㉢과 ㉡+㉣이 각각 2 이상이어야 하는데 이러한 경우가 없으므로 ㉠은 5탄소 화합물이다.

㉤. ㉠이 5탄소 화합물이므로 III은 (가)이고, ATP와 CO₂가 각각 1분자씩 생성되고 NADH가 1분자 생성되는 I이 (나)이며, ㉡는 4탄소 화합물, II는 (다)이다.

㉥. 해당 과정이 1회 일어날 때 2분자의 NADH가 생성되고 FADH₂는 생성되지 않는다.

08 산소 호흡과 발효

㉠. 피루브산이 젖산으로 전환되는 과정에서 3가지 물질 중 NAD⁺만 생성되므로 ㉠은 NAD⁺이고 A는 젖산이다. II와 III에서 모두 생성되는 ㉡는 CO₂이므로 ㉢은 NADH이다. B는 아세틸 CoA이고, C는 에탄올이다.

✕. 사람의 근육 세포에서는 젖산 발효와 세포 호흡은 일어나지만 알코올 발효는 일어나지 않는다.

✕. 젖산(A)과 에탄올(C)의 수소 수는 같고, 탄소 수는 에탄올이 적으므로 1분자당 $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 A가 C보다 작다.

09 광인산화

✕. (가)에서 틸라코이드 막의 ㉠ 쪽에서 광인산화를 통한 ATP가 합성되고 있으므로 ㉠은 스트로마이다. 틸라코이드 막에 있는 광계가 빛을 받아들이면 전자 전달계를 통한 전자의 흐름이 일어나고 이 전

자의 에너지를 이용한 H⁺의 능동 수송이 스트로마에서 틸라코이드 내부로 일어난다. (나)에서 빛이 있을 때 pH가 상승하므로 (나)는 ㉠에서 일어나는 pH 변화를 나타낸 것이다.

✕. ㉡는 광계 I이다. 물의 광분해는 광계 II인 ㉠에서 일어난다.

㉢. 단위 시간당 ㉠로 전달되는 전자의 수는 빛이 있어 광인산화 반응이 활발히 일어나는 t₁일 때가 빛이 없어 광인산화 반응이 거의 일어나지 않는 t₂일 때보다 많다.

10 탄소 고정 반응

㉠. A와 CO₂가 반응하여 B가 생성되므로 A는 RuBP, B는 3PG, C는 PGAL이다. 1분자당 인산기 수는 RuBP는 2이고, 3PG와 PGAL은 각각 1이다.

㉢. CO₂의 농도가 감소되었을 때 물질의 농도가 일시적으로 증가하는 ㉠이 CO₂와 반응하는 A(RuBP)이다.

✕. 1분자의 3PG가 PGAL로 전환될 때 ATP와 NADPH는 각각 1분자씩 사용된다.

11 유전 물질

㉠. X₂에서 퓨린 계열 염기의 개수와 피리미딘 계열 염기의 개수가 같고, X₁에서 구아닌(G)의 개수가 아데닌(A)의 개수의 2배이므로 X₁에서 아데닌(A)의 수와 X₂에서 타이민(T)의 개수는 각각 20개이며, X₁에서 구아닌(G)의 개수와 X₂에서 사이토신(C)의 개수는 각각 40개이다. X₁에서 사이토신(C)의 개수가 Y₁에서 사이토신(C)의 개수보다 30개 많으므로 X₁에서 사이토신(C)의 개수를 n개라고 하면, X₂에서 구아닌(G)의 개수도 n개이며, Y₁에서 사이토신(C)의 개수와 Y₂에서 구아닌(G)의 개수는 각각 n-30개이다. 각 단일 가닥의 염기 수가 120개이므로 X₂에서 아데닌(A)의 개수와 X₁에서 타이민(T)의 개수는 각각 60-n개이다. Y₁에서 구아닌(G) 개수는 X₁에서 타이민(T) 개수의 2배이므로 Y₁에서 구아닌(G) 개수와 Y₂에서 사이토신(C) 개수는 각각 120-2n개이다. 타이민(T)의 개수가 X₂에서와 Y₁에서가 같으므로 Y₁에서 타이민(T)의 개수와 Y₂에서 아데닌(A)의 개수는 각각 20개이다. Y₁에서 구아닌(G)의 개수와 사이토신(C)의 개수가 같으므로 120-2n=n-30의 식이 성립하고 n은 50이다. Z에서 유라실(U)의 개수가 60개이므로 Z가 만들어질 때 주형으로 사용된 가닥은 Y₁이다.

㉢. X₁에서 아데닌(A)의 개수와 Y₂에서 사이토신(C)의 개수는 각각 20개로 같다.

㉣. X에는 30개의 AT쌍과 90개의 GC쌍이 있고, Y에는 80개의 AT쌍과 40개의 GC쌍이 있다. 따라서 염기 간 수소 결합의 총개수는 X에서가 Y에서보다 50개 많다.

12 다양한 생물

㉠. 대장균은 세포벽이 있지만 핵막과 엽록소는 없으며 탈피를 하지 않으므로 ㉠은 1이다.

㉢. A는 4가지 특징 중 '핵막이 있다.'만 가지는 오징어이다. 오징어는 척추동물물에 속한다.

✕. ㉡가 ㉢보다 크므로 B는 장미, C는 거미이다. 빛에너지를 화학 에너지로 전환하는 생물은 C가 아닌 B이다.

13 유전자들의 변화

- ㉠ 대립유전자의 빈도를 변화시킬 수 있는 요인으로 유전적 부동, 돌연변이, 자연 선택 등이 있다.
- ✗ 창시자 효과로 인해 대립유전자의 빈도는 바뀔 수 있지만 새로운 대립유전자가 만들어질 수는 없다. 새로운 대립유전자가 만들어지기 위해서는 돌연변이가 일어나야 한다.
- ✗ 병목 효과는 자연 선택이 아닌 유전적 부동의 예이다.

14 제한 효소

- ㉠ 생성된 DNA 조각 수가 3인 I 과 III에 넣은 제한 효소 EcoR I 과 Bal I 은 x 에 인식 서열이 2개 있고, 생성된 DNA 조각 수가 2인 II에 넣은 제한 효소 Cla I 은 x 에 인식 서열이 1개 있다. ㉠과 ㉡를 제외한 부위에서 EcoR I 의 인식 서열이 1개 있고, Cla I 의 인식 서열은 없고, ㉢의 5'쪽에 맞닿아 있는 염기가 C이고 ㉣의 3'쪽에 맞닿아 있는 염기가 G이므로 ㉠과 ㉡, 둘 사이에 있는 사이토신(C)으로 이루어진 15개의 염기 서열에는 EcoR I 의 인식 서열과 Cla I 의 인식 서열이 있다. ㉠과 ㉡ 사이에 있는 사이토신(C)이 Cla I 의 인식 서열에 있는 사이토신(C)이라면 EcoR I 의 인식 서열이 15개의 염기 서열에 있을 수 없으므로 사이토신(C)은 EcoR I 의 인식 서열에 있다. 따라서 Cla I 의 인식 서열은 ㉢ 내부에 있다. 그러므로 ㉠과 ㉡에는 Bal I 의 인식 서열 일부가 있다. 15개의 염기 서열은 5'-CAGAATTCATCGATG-3'이다. I에서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수는 14, 24, 34이고, III에서 생성된 각 DNA 조각의 염기 수는 12, 26, 34이다.
- ✗ II에서 생성된 DNA 조각의 염기 수는 각각 36으로 같다.
- ✗ 퓨린 계열 염기의 수는 ㉠에서와 ㉡에서가 같다.

15 DNA 복제

- ㉠ X에서 구아닌(G)의 개수는 아데닌(A)의 개수와 사이토신(C)의 개수를 더한 값과 같으므로 X와 상보적인 주형 가닥에서는 사이토신(C)의 개수가 타이민(T)의 개수와 구아닌(G)의 개수를 더한 값과 같다. ㉠이 사이토신(C)이라면 이 조건을 만족하는 X와 상보적인 부위의 염기 서열은 5'-㉠GAGA㉠-3'이다. 이때 I에서 X를 제외한 나머지 부분과 주형 가닥 사이의 염기 간 수소 결합의 수가 24이므로 ㉠은 사이토신(C)이 아니며 ㉡이 사이토신(C)이다.
- ✗ ㉡이 사이토신(C)이므로 X는 제시된 주형 가닥의 3' 말단 6개의 염기와 상보적인 프라이머이다. 따라서 I 은 II보다 나중에 합성되었다.
- ✗ I에서 X를 제외한 나머지 부분과 주형 가닥 사이에 염기 간 수소 결합의 수는 23이므로, Y와 상보적인 주형 가닥의 염기 서열은 5'-A㉢GAGA-3'이며, Y에서 유라실(U)의 개수는 3개이고, 사이토신(C)의 개수는 2개이다.

16 유전자 발현

- ㉠ ㉠가 5'이고, 제시된 가닥이 주형 가닥이면 X를 합성할 수 있는 mRNA가 만들어질 수 없다. ㉡가 5'이고 제시된 가닥이 주형 가

과 상보적인 가닥이라면 X에는 2개의 세린이 있을 수 없다. 따라서 ㉢는 3'이다. X에는 ㉣이 2개 있으므로 제시된 가닥은 주형 가닥과 상보적인 가닥이며, ㉣은 트레오닌이다. Y에서 트레오닌이 2개이고 X에 1개 있는 ㉣이 Y에는 없으므로 y 는 x 의 주형 가닥에서 연속된 2개의 염기가 결실되어 타이로신 코돈을 암호화하는 부위가 종결 코돈을 암호화하는 부위로 돌연변이가 일어난 것이다.

- ㉡ Z는 트레오닌이 1개이고 X에 1개 있는 ㉣이 2개이므로 z 는 x 의 주형 가닥에서 연속된 2개의 아데닌(A)이 삽입되어 글루탐산 코돈을 암호화하는 부위가 아스파르트산을 암호화하는 부위로 돌연변이가 일어나고 트레오닌 코돈을 암호화하는 부위가 종결 코돈을 암호화하는 부위로 돌연변이가 일어난 것이다. 따라서 ㉣은 아스파르트산이다.
- ㉢ X의 아미노산 수는 9, Y의 아미노산 수는 7, Z의 아미노산 수는 6이다.

17 세포 호흡

- ㉠ ㉠을 첨가한 이후 거의 소모되지 않던 O_2 가 ㉡를 첨가한 이후에는 급격하게 소모되었으므로 ㉠은 ATP 합성 효소를 통한 H^+ 의 이동을 차단하는 물질이다.
- ㉡ 구간 II에서는 ATP 합성 효소를 통한 H^+ 의 이동이 차단되어 미토콘드리아 기질과 막 사이 공간의 pH 차이가 큰 반면 구간 III에서는 H^+ 이 미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 새어 나갔으므로 미토콘드리아 기질과 막 사이 공간의 pH 차이가 거의 없다. 따라서 미토콘드리아 기질과 막 사이 공간의 pH 차이는 구간 II에서 구간 III에서보다 크다.
- ㉢ 단위 시간당 전자 전달계를 통해 이동하는 전자의 수는 O_2 의 소모가 활발한 구간 I에서 O_2 의 소모가 활발하지 않은 구간 II에서보다 많다.

18 원시 생명체의 진화

- ㉠ A는 가장 나중에 출현한 최초의 다세포 진핵생물이다. 진핵생물은 핵막을 갖는다.
- ㉡ B는 빛에너지를 화학 에너지로 전환시키므로 최초의 광합성 세균이고, C는 최초의 산소 호흡 세균이다.
- ✗ 최초의 단세포 진핵생물이 최초의 다세포 진핵생물보다 먼저 출현하였고, 단세포 진핵생물에 미토콘드리아가 있었으므로 최초의 미토콘드리아는 A보다 먼저 출현하였다.

19 줄기세포

- ✗ X는 핵치환을 통해 얻은 세포를 배양하여 얻었으므로 배아 줄기 세포이다.
- ㉠ 난자의 핵을 제거하고 체세포의 핵을 추출하여 이식하였으므로 ㉠이 삽입된 난자를 만드는 과정에서 핵치환 기술이 사용되었다.
- ✗ C의 핵의 유전 정보는 ㉡이 아닌 ㉠의 유전 정보와 같다.

20 하디·바인베르크 평형

- ㉠ A*만 갖는 개체 수는 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단 A만 갖는 개체 수

에서는 $\frac{(A^* \text{의 빈도})^2}{(A \text{의 빈도})^2}$ 이다. III에서는 이 값이 $\frac{1}{3}$ 이므로 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단은 I과 II이다.

II에서 $\frac{\text{검은색 털 개체 수}}{A \text{의 수}}$ 가 $\frac{1}{2}$ 보다 크므로 A는 A*에 대해 완전 우성이다.

X. I에서 $\frac{A^* \text{만 갖는 개체 수}}{A \text{만 갖는 개체 수}}$ 가 9이므로 I에서 A의 빈도는 $\frac{1}{4}$ 이

고, A*의 빈도는 $\frac{3}{4}$ 이다. II에서 $\frac{\text{검은색 털 개체 수}}{A \text{의 수}}$ 가 $\frac{4}{5}$ 이므로 II

에서 A의 빈도는 $\frac{2}{5}$ 이고, A*의 빈도는 $\frac{3}{5}$ 이다. II에서 A*의 빈도

와 III에서 A의 빈도가 같으므로 III에서 A의 빈도는 $\frac{3}{5}$ 이고, A*의

빈도는 $\frac{2}{5}$ 이다. 유전자형이 AA*인 개체의 빈도는 하디·바인베르크

평형이 유지되는 집단인 I에서는 $\frac{6}{16}$ 이고, II에서는 $\frac{12}{25}$ 이다. III에

서는 A만 갖는 개체 수가 A*만 갖는 개체 수의 3배이므로 유전자형

이 A*A*인 개체 수를 x 라고 하면 유전자형이 AA인 개체 수는 $3x$

이다. III에서 유전자형이 AA*인 개체 수를 y 라고 하고,

$\frac{\text{검은색 털 개체 수}}{A \text{의 수}}$ 가 $\frac{3}{4}$ 이므로 $\frac{3x+y}{6x+y} = \frac{3}{4}$ 이라는 식이 성립되며

$y=6x$ 이다. 따라서 III에서 유전자형이 AA*인 개체의 빈도는 $\frac{3}{5}$ 이

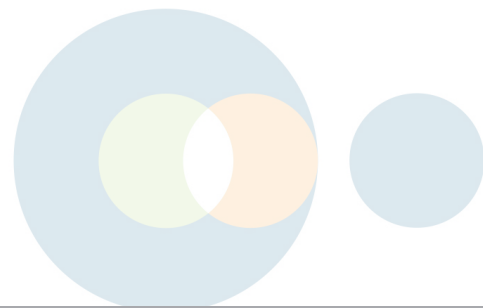
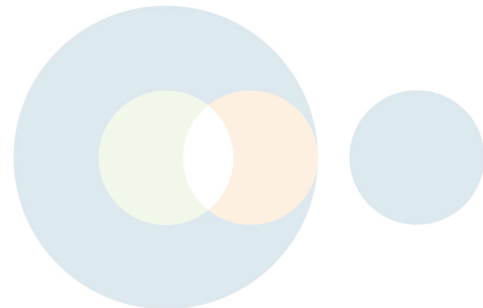
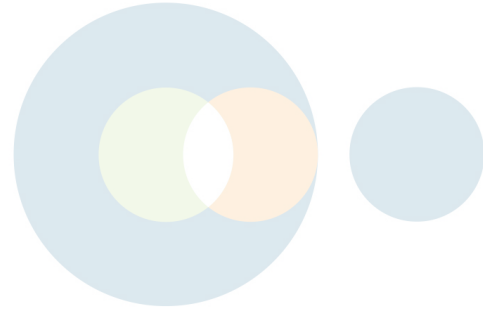
며, I~III 중 유전자형이 AA*인 개체의 빈도가 가장 높은 집단은

III이다.

㉔. II에서 흰색 털 개체의 빈도는 $\frac{9}{25}$ 이고, III에서 흰색 털 개체의

빈도는 $\frac{1}{10}$ 이므로 II와 III을 합쳐서 구한 흰색 털 개체의 빈도는

$\frac{23}{100}$ 이다.



FINAL 실전모의고사

가장 많은 수험생이 선택한 모의고사
실전 감각을 깨우는 실전 훈련
최다 문항 FULL 모의고사 시리즈