



수능특강

과학탐구영역 생명과학Ⅱ

정답과 해설

01 생명 과학의 역사

수능 2점 테스트 본문 8쪽

01 ① 02 ③ 03 ② 04 ⑤

01 생명 과학자들의 주요 성과

- A는 제너, B는 레이우엔훅, C는 다윈이다.
- 천연두를 예방할 수 있는 종두법을 개발한 A는 제너이다.
 - ✕ 레이우엔훅(B)은 자신이 만든 광학 현미경으로 미생물을 관찰하였다. ○은 전자 현미경이 아니다.
 - ✕ (나)는 1600년대, (다)는 1800년대에 이룬 성과이다. 따라서 (나)가 (다)보다 먼저 이룬 성과이다.

02 생명 과학자들의 주요 성과

- A는 멘델, B는 플레밍이다.
- 완두 교배 실험을 통해 유전의 기본 원리를 발견한 A는 멘델이다.
 - 유전자 재조합 기술(㉠)에는 제한 효소, DNA 연결 효소, 플라스미드 등이 이용된다.
 - ✕ (가)는 1900년대 말, (나)는 1800년대, (다)는 1900년대 초에 이룬 성과이다. (가)~(다)를 시대 순으로 배열하면 (나) → (다) → (가)이다.

03 생명 과학자들의 주요 성과

- (가)는 혈액 순환 원리 발견, (나)는 생물 속생설 입증이다.
- ✕ 이명법 고안(㉠)은 린네가 이룬 성과이다.
 - ✕ (가)는 혈액 순환 원리 발견이다.
 - 플레밍의 페니실린 발견은 1900년대 초, 생물 속생설 입증은 1800년대에 이룬 성과이다. 따라서 (나)는 플레밍의 페니실린 발견보다 먼저 이룬 성과이다.

04 생명 과학자들의 주요 성과

- ㉠은 슈반, ㉡은 훅, ㉢은 아리스토텔레스, ㉣은 다윈이다.
- 동물 세포설을 주장한 ㉠은 슈반이다.
 - 훅(㉡)은 현미경으로 코르크에서 작은 벌집 모양의 구조가 배열된 것을 관찰하여 이를 세포라고 명명하였다.
 - 아리스토텔레스(㉢)가 주장한 자연 발생설이 다윈(㉣)이 주장한 자연 선택설보다 먼저 이룬 성과이다.

수능 3점 테스트 본문 9쪽

01 ① 02 ③

01 생명 과학자들의 주요 성과

- A는 모건, B는 멀리스이다. 사람 유전체 사업을 통해 사람 유전체의 염기 서열을 밝힌 것은 2000년대, 모건이 유전자가 염색체의 일정한 위치에 존재한다는 것을 밝혀낸 것은 1900년대 초, 멀리스가 DNA를 대량으로 복제하는 기술을 개발한 것은 1900년대 말이다.
- 유전자설을 발표한 사람은 모건(A)이다.
 - ✕ ㉠(DNA 이중 나선 구조를 밝힘)은 왓슨과 크릭이 이룬 성과이다.
 - ✕ I은 'A는 유전자가 염색체의 일정한 위치에 존재한다는 것을 밝혀냄'이고, II는 'B는 DNA를 대량으로 복제하는 기술을 개발함'이며, III은 '사람 유전체 사업을 통해 사람 유전체의 염기 서열을 밝힘'이다.

02 생명 과학자들의 주요 성과

- ㉠은 자연 발생설, ㉡은 생물 속생설이다.
- ㉠은 자연 발생설이다.
 - ✕ 플레밍은 푸른곰팡이에서 세균의 증식을 억제하는 물질을 발견하였으므로 세균이 ㉠에 해당하고, 그리피스 실험을 통해 폐렴 쌍구균(세균)의 형질 전환을 확인하였으므로 세균이 ㉡에 해당한다. 따라서 바이러스는 ㉠과 ㉡ 모두에 해당하지 않는다.
 - 유전부호를 해독한 것은 1960년대, (나)는 1900년대 초에 이룬 성과이다. 따라서 (나)는 유전부호의 해독보다 먼저 이룬 성과이다.

02 세포의 특성

수능 2점 테스트

본문 18~20쪽

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

01 생명체의 유기적 구성

동물에서는 세포가 모여 조직을, 조직이 모여 기관을, 기관이 모여 기관계를, 기관계가 모여 하나의 개체를 이룬다. 식물에서는 세포가 모여 조직을, 조직이 모여 조직계를, 조직계가 모여 기관을, 기관이 모여 하나의 개체를 이룬다.

㉠ 식물의 구성 단계에는 있지만, 동물의 구성 단계에는 없는 단계는 조직계(A)이다.

✕ 물관은 식물의 구성 단계 중 조직의 예이므로 B는 조직이다. 따라서 '여러 조직이 모여 특정한 형태와 기능을 나타낸다.'는 ㉠에 해당하지 않는다.

㉡ 꽃은 식물의 구성 단계 중 기관의 예이므로 C는 기관이다. 심장은 동물의 구성 단계 중 기관의 예이므로 C에 해당한다.

02 동물의 유기적 구성

뇌는 동물의 구성 단계 중 기관의 예에, 상피 조직은 조직의 예이므로 (가)는 기관, (나)는 조직, (다)는 기관계이다.

㉠ 뇌(가)는 동물의 기관계 중 신경계에 속한다.

✕ 근육 세포는 근육 조직을 이룬다.

㉡ (다)는 기관계이다.

03 생명체를 구성하는 물질

(가)는 인지질, (나)는 셀룰로스, (다)는 DNA이다.

㉠ 인지질(가)은 세포막의 구성 성분이다.

㉡ 셀룰로스(나)는 식물 세포벽의 구성 성분이다.

㉢ 인지질(가)과 DNA(다)의 구성 원소에는 모두 인(P)이 있다.

04 생명체를 구성하는 물질

㉠은 단백질, ㉡은 과당, ㉢은 스테로이드이다.

㉠ 항체는 면역 단백질로, 단백질(㉠)은 항체의 주성분이다.

✕ 과당(㉡)은 단당류에 해당한다.

㉢ 콜레스테롤은 동물 세포막의 구성 성분이며, 스테로이드(㉢)에 속한다.

05 생명체를 구성하는 물질

(가)는 녹말, (나)는 중성 지방이다.

✕ 녹말(가)은 탄수화물에 속하며 다당류이다. 아미노산이 기본 단위인 물질은 단백질이다.

㉠ 중성 지방(나)은 유기 용매에 잘 녹는다.

㉡ 녹말(가)과 중성 지방(나)의 구성 원소에는 모두 탄소(C)가 있다.

06 동물 세포의 구조

A는 골지체, B는 리보솜, C는 미토콘드리아이다.

✕ 골지체(A)는 납작한 주머니 모양의 구조물인 시스터나가 층층이 쌓인 형태이며, 크리스타는 미토콘드리아에 나타나는 구조이다.

✕ 리보솜(B)은 리보솜 RNA(rRNA)와 단백질로 구성된 2개의 단위체(대단위체와 소단위체)로 이루어져 있으며, rRNA가 합성되는 장소는 핵 속의 인이다.

㉡ 미토콘드리아(C)는 핵산을 갖는다.

07 식물 세포의 구조

A는 엽록체, B는 액포, C는 세포벽이다.

㉠ 엽록체(A)는 빛에너지를 화학 에너지로 전환하여 포도당을 합성하는 광합성이 일어나는 장소이다.

✕ 액포(B)는 물을 흡수하여 세포의 수분량과 삼투압을 조절하며, 영양소나 노폐물을 저장하는 장소이다. 세포 호흡이 일어나는 장소는 미토콘드리아이다.

✕ 세포벽(C)의 주성분은 셀룰로스이며, 인지질로 이루어져 있지 않다.

08 세포 소기관

A는 거친면 소포체, B는 골지체, C는 리소솜이다.

✕ A는 거친면 소포체이다.

㉠ 골지체(B)는 소포체에서 이동해 온 단백질이나 지질을 가공(변형)하고 포장하여 세포 밖으로 분비하거나 세포의 다른 부위로 이동시키며, 소화샘 세포, 내분비샘 세포와 같은 분비 작용이 활발한 세포에 발달되어 있다.

㉡ 리소솜(C)에는 다양한 가수 분해 효소가 들어 있어 세포내 소화를 담당한다.

09 세포내 소화

A는 리보솜, B는 골지체, C는 리소솜이다.

✕ 리보솜(A)은 막으로 싸여 있지 않다.

㉠ 골지체(B)는 납작한 주머니 모양의 구조물인 시스터나가 층층이 쌓인 형태이고, 단일막으로 되어 있다.

㉔. 리소좀(C)은 세포 내부로 들어온 세균과 같은 이물질, 손상된 세포 소기관과 노폐물을 분해한다.

10 현미경

(가)는 투과 전자 현미경, (나)는 주사 전자 현미경이다.

㉑. 투과 전자 현미경(가)은 광학 현미경에 비해 해상력이 높다.

✗. (나)는 주사 전자 현미경이다.

㉒. 전자 현미경은 광원으로 전자선을 이용한다. 따라서 투과 전자 현미경(가)과 주사 전자 현미경(나)은 모두 전자선을 광원으로 이용한다.

11 원핵세포와 진핵세포

(가)는 대장균, (나)는 사람의 신경 세포이다.

✗. 대장균(가)은 히스톤 단백질을 갖지 않는다.

㉑. 사람의 신경 세포(나)는 진핵세포에 해당하므로 핵을 갖는다.

㉒. 대장균(가)과 사람의 신경 세포(나)는 모두 rRNA를 갖는다.

12 세포의 연구 방법

(가)는 광학 현미경을 이용한 연구 방법, (나)는 세포 분획법, (다)는 자기 방사법을 이용한 연구 방법이다.

㉑. 광학 현미경을 이용한 연구 방법(가)은 가시광선을 광원으로 하여 시료를 관찰한다.

㉒. 세포 분획법으로 세포를 연구할 때 세포를 균질기로 부순 다음 원심 분리를 이용하여 세포 소기관을 크기와 밀도에 따라 분리한다. 따라서 세포 분획법(나)으로 동물 세포로부터 리보솜을 분리할 수 있다.

㉓. 방사성 동위 원소로 표지된 아미노산이 들어 있는 배양액에 세포를 배양하면서 시간 경과에 따라 방사선을 방출하는 세포 소기관을 조사하면 세포 내에서 단백질이 합성되어 이동하는 경로를 알 수 있다. 따라서 자기 방사법을 이용한 연구 방법(다)으로 방사성 동위 원소로 표지된 단백질의 세포 내 이동 경로를 알 수 있다.

수능 3점 테스트

본문 21~25쪽

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

01 생명체의 유기적 구성

A는 울타리 조직, B는 표피 조직, C는 신경 조직이다.

㉑. 울타리 조직(A)은 양분의 합성과 저장 기능을 하는 기본 조직

계에 속한다.

㉒. 표피 조직(B)은 분열 조직에서 만들어진 세포들이 분화된 엽구 조직에 해당한다.

✗. 신경 조직(C)은 동물의 구성 단계 중 조직에 해당하며, 뉴런은 세포에 해당한다.

02 생명체의 유기적 구성

A는 결합 조직, B는 순환계, C는 통도 조직이다.

㉑. 혈액은 결합 조직(A)에 해당한다.

✗. 순환계(B)는 동물의 구성 단계 중 기관계에 해당하며, 기본 조직계는 식물의 구성 단계 중 조직계에 해당한다. 따라서 순환계(B)와 기본 조직계는 생물의 구성 단계 중 서로 다른 구성 단계에 해당한다.

✗. 공변세포는 표피 조직을 구성하며, 통도 조직(C)을 구성하는 세포에는 물관 세포와 체관 세포 등이 있다.

03 생명체를 구성하는 물질

A는 리보스, B는 글리코젠, C는 DNA이며, ㉑과 ㉒은 각각 '구성 원소에 인(P)이 있다', '구성 원소에 질소(N)가 있다.' 중 하나이며, ㉓은 '다당류이다.'이다.

구분	㉑	㉒	㉓ (다당류이다.)
A(리보스)	×	?(×)	×
B(글리코젠)	?(×)	㉓(×)	○
C(DNA)	○	○	?(×)

(○: 있음, ×: 없음)

✗. 글리코젠(B)은 구성 원소에 인(P)과 질소(N)가 모두 없으므로, ㉓은 '×'이다.

㉑. 뉴클레오타이드를 기본 단위로 하는 물질은 핵산(DNA, RNA)이다.

✗. ㉒은 '다당류이다.'이다.

04 생명체를 구성하는 물질

㉑은 결사슬, ㉒은 아미노기, ㉓은 카복실기이다.

㉑. 결사슬(㉑)은 아미노산의 종류에 따라 다르다.

✗. ㉒은 아미노기이다.

✗. 2개의 아미노산이 펩타이드 결합으로 연결될 때 물이 생성된다. 따라서 펩타이드 결합의 형성 과정에 가수 분해 효소가 관여하지 않는다.

05 핵의 구조

A는 인, B는 핵공, C는 외막이다.

✗. 인(A)은 단백질과 RNA가 많이 모여 있는 부분이며, 막 구조가 아니다.

- ㉠ 핵공(B)을 통해 핵에서 합성된 mRNA가 세포질로 이동한다.
- ㉡ 외막(C)의 일부는 소포체 막과 연결되어 있다.

06 세포 골격

- (가)는 중간 섬유, (나)는 미세 소관, (다)는 미세 섬유이다.
- ㉠ (가)는 중간 섬유이다.
 - ㉡ 진핵세포에서 편모와 섬모는 미세 소관(나)으로 이루어진 세포의 운동 기관이다.
 - ㉢ 중심체는 직각으로 배열된 중심립 2개로 구성되며, 중심립은 미세 소관(나)으로 이루어져 있다.

07 원핵세포와 진핵세포

A는 시금치에서 광합성이 일어나는 세포, B는 대장균, C는 토끼의 간세포이고, ㉠은 엽록체, ㉡은 세포벽이다.

구분	A (시금치에서 광합성이 일어나는 세포)	B (대장균)	C (토끼의 간세포)
핵	○	×	㉠(○)
㉠(엽록체)	○	×	×
㉡(세포벽)	?(○)	㉢(○)	×

(○: 있음, ×: 없음)

- ㉠ 엽록체(㉠)는 외막과 내막의 2중막 구조로 되어 있다.
- ㉡ ㉠과 ㉢는 모두 '○'이다.
- ㉢ 대장균(B)은 원형 DNA를 가진다.

08 원핵세포와 진핵세포

'리보솜이 있다.'는 특징을 갖는 것은 대장균, 사람의 상피 세포, 장미에서 광합성이 일어나는 세포이고, '세포벽에 셀룰로스 성분이 있다.'는 특징을 갖는 것은 장미에서 광합성이 일어나는 세포이며, '핵에 존재하는 유전자의 경우 전사가 일어나는 장소와 번역이 일어나는 장소가 2중막으로 분리되어 있다.'는 특징을 갖는 것은 사람의 상피 세포, 장미에서 광합성이 일어나는 세포이다. 따라서 A는 장미에서 광합성이 일어나는 세포, B는 사람의 상피 세포, C는 대장균이다.

- ㉠ 대장균(C)은 '리보솜이 있다.'는 특징만 가지므로 ㉠은 1이다.
- ㉡ A는 장미에서 광합성이 일어나는 세포이다.
- ㉢ 대장균(C)의 세포벽에는 펙티도글리칸 성분이 있다.

09 세포 분획법

세포 분획법은 세포의 성분 분석과 세포 소기관의 구조와 기능 연구를 위해 이용된다. 느린 회전 속도에서는 비교적 크고 무거운 핵 등이 가라앉아 분리되고, 회전 속도가 빨라질수록 점차 작은

세포 소기관이 가라앉아 분리된다. 따라서 A는 핵, B는 미토콘드리아, C는 리보솜이다.

- ㉠ A는 핵이다.
- ㉡ 상층액 ㉠을 이전보다 빠른 속도로 원심 분리했을 때 소포체와 리보솜(C)이 침전되므로 ㉠에는 리보솜(C)이 있다.
- ㉢ 미토콘드리아(B)에서 세포 호흡을 통해 유기물의 화학 에너지가 ATP의 화학 에너지로 전환된다.

10 식물 세포의 구조

세포벽은 식물 세포에서 세포를 보호하고 형태를 유지, 지지하는 등의 기능을 한다. 식물 세포에서 세포벽의 주성분은 셀룰로스이며, 어린 식물 세포에서는 비교적 얇은 1차 세포벽이 형성되고, 세포가 성숙하면서 1차 세포벽과 세포막 사이에 두껍고 단단한 2차 세포벽이 형성된다. 따라서 ㉠은 1차 세포벽, ㉡은 2차 세포벽이다. A는 미토콘드리아, B는 엽록체이다.

- ㉠ 엽록체에서 광합성에 필요한 효소는 틸라코이드 막과 스트로마에 있다. 따라서 엽록체(B)의 틸라코이드 막에는 광합성에 필요한 효소가 있다.
- ㉡ 미토콘드리아(A)와 엽록체(B)는 모두 독자적인 DNA와 리보솜이 있어서 복제하여 증식할 수 있다.
- ㉢ 1차 세포벽(㉠)은 2차 세포벽(㉡)보다 먼저 형성되었다.

03 세포막과 효소

수능 2점 테스트

본문 35~38쪽

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

01 세포막의 구조

A는 탄수화물, B는 인지질, C는 단백질이다.

✗. 리보솜에서 합성되는 물질은 단백질(C)이다.

○. 인지질(B)에서 머리 부분은 친수성, 꼬리 부분은 소수성이므로 B에는 친수성 부위와 소수성 부위가 모두 있다.

✗. 단백질(C)의 기본 단위는 아미노산이고, 탄수화물(A)의 기본 단위가 단당류이다.

02 세포막의 특성

세포막의 인지질과 막단백질은 모두 특정 위치에 고정되어 있지 않고 유동성을 가진다.

○. 초록색 형광 물질로 표지된 막단백질 일부는 A에서 A가 아닌 곳으로 이동하고, 붉은색 형광 물질로 표지된 막단백질 일부는 A가 아닌 곳에서 A로 이동하므로 A에서 초록색 형광 세기는 감소한다.

○. 막단백질(㉠, ㉡)은 특정 위치에 고정되어 있지 않고 유동성을 가진다.

○. 세포막의 인지질은 친수성인 머리 부분은 양쪽 바깥으로, 소수성인 꼬리 부분은 서로 마주보며 안쪽으로 배열되어 2중층을 형성한다.

03 리보솜

A는 소수성 물질, B는 친수성 물질이다.

✗. A는 소수성 물질이다.

○. 세포막 구조는 인지질 2중층이다. 인지질 2중층으로 이루어진 구형의 구조물은 (가)와 (나) 중 (나)이다.

○. 리보솜은 내부에 담긴 물질을 세포 내로 전달해 주는 운반체로 이용될 수 있다.

04 세포막을 통한 물질 출입

물질 ㉠이 첨가된 배양액에 세포를 넣은 후 세포 안과 밖에서 ㉠의 농도가 같아진 이후에도 세포 안 농도는 증가하고 세포 밖 농도는 감소하므로 ㉠의 이동 방식은 능동 수송이다.

○. ㉠의 농도가 세포 밖에서는 감소하고 세포 안에서는 증가하므로 t_2 일 때 ㉠은 세포 밖에서 안으로 능동 수송된다.

✗. t_3 일 때 세포 호흡 저해제를 처리하면 ATP가 생성되지 못해 능동 수송이 억제되므로 세포 안과 밖의 ㉠의 농도 차는 증가하지 않는다.

○. t_2 일 때가 t_3 일 때보다 ㉠의 농도 변화가 크므로 세포막을 통한 ㉠의 이동 속도는 t_2 일 때가 t_3 일 때보다 빠르다.

05 세포막을 통한 물질 출입

I은 단순 확산, II는 능동 수송이고, ATP 농도 증가에 따라 X의 이동 속도는 증가 후 일정해지고, Y는 변화가 없으므로 X의 이동 방식은 능동 수송, Y의 이동 방식은 단순 확산이다.

○. X의 농도가 일정할 때 ATP 농도 증가에 따라 X의 이동 속도가 증가 후 일정해지므로 X의 이동 방식은 능동 수송(II)이다.

✗. Y의 이동 방식은 단순 확산(I)이므로 Y의 이동에는 ATP가 사용되지 않는다.

✗. 세포막에서 K^+ 통로를 통해 이동하는 K^+ 의 이동 방식은 촉진 확산이다.

06 세포막을 통한 물질 출입

특징 '인지질 2중층을 직접 통과하여 이동한다.'를 갖는 물질의 이동 방식은 단순 확산이고, '저농도에서 고농도로 물질이 이동한다.'를 갖는 물질의 이동 방식은 능동 수송이며, '물질 이동에 ATP가 사용된다.'를 갖는 물질의 이동 방식은 능동 수송이다. 따라서 A는 촉진 확산, B는 능동 수송, C는 단순 확산이다.

✗. 특징 ㉠~㉢ 중 촉진 확산(A)이 갖는 특징의 수(㉡)는 0이다.

○. $Na^+ - K^+$ 펌프를 통한 Na^+ 의 이동은 능동 수송(B)에 의해 일어난다.

○. 폐포와 모세 혈관 사이에서 일어나는 O_2 와 CO_2 의 기체 교환의 방식은 단순 확산(C)에 해당한다.

07 세포막을 통한 물질 출입

I은 능동 수송, II는 촉진 확산이고, 그림에서 ㉠의 세포 안 농도가 증가하여 세포 밖 농도(C)와 같아지므로 ㉠은 세포 밖에서 세포 안으로 촉진 확산되고 있다.

✗. 그림에서 ㉠의 세포 안 농도가 C가 되면 더 이상 증가하지 않으므로 ㉠의 이동 방식은 촉진 확산(II)이다.

○. ㉠의 세포 안 농도는 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 C에 가까우므로 ㉠의 세포 안과 밖의 농도 차는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 크다.

✗. 인슐린이 세포 밖으로 이동하는 방식은 세포의 배출에 해당한다.

08 삼투

A는 삼투압, B는 흡수력이고, (나)는 원형질 분리의 상태이다.

㉠ (나)는 원형질 분리 상태의 모습이므로 X의 부피가 V_1 일 때의 상태이다.

㉡ V_2 일 때가 V_3 일 때보다 팽압은 작고, 삼투압은 크다. 따라서 X의 $\frac{\text{삼투압}}{\text{팽압}}$ 은 V_2 일 때가 V_3 일 때보다 크다.

㉢ V_3 일 때 흡수력이 0이므로 최대 팽윤 상태이다. 이때 X의 안과 밖으로의 물의 이동은 있으며, 유입량과 유출량은 같다.

09 세포막을 통한 물질 출입

A는 촉진 확산, B는 능동 수송, C는 세포외 배출이다.

㉠ 신경 세포에서 Na^+ 통로를 통한 Na^+ 의 이동은 촉진 확산(A)에 의해 일어난다.

㉡ 능동 수송(B)과 세포외 배출(C)은 모두 에너지를 사용하는 물질 이동 방식이다.

㉢ 세포외 배출 과정에서 분비 소낭이 세포막과 융합하므로 세포막의 표면적이 증가한다.

10 효소의 작용

㉠은 효소 X와 결합하므로 기질이고, ㉡은 생성물이다. (나)에서 반응의 진행에 따라 농도가 증가하는 ㉢는 생성물이고, 농도가 감소하는 ㉣는 기질이다.

㉤ 효소 X와 기질(㉠)이 반응하여 생성물(㉡)과 H_2O 이 만들어지므로 X는 가수 분해 반응을 촉매하지 않는다.

㉥ ㉢(기질)는 ㉠이다.

㉦ 생성물 농도 그래프의 기울기가 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 더 크므로 X에 의한 반응 속도는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 빠르다.

11 효소와 활성화 에너지

A는 기질, B는 효소, C는 효소·기질 복합체이다.

㉠ 효소에서 기질과 결합하는 부위를 활성 부위라고 한다. 따라서 기질(A)은 효소(B)의 활성 부위에 결합한다.

㉡ ㉠은 반응물과 생성물의 에너지 차이이므로 반응열이다. 효소·기질 복합체(C)의 농도가 증가해도 반응열(㉡)은 변하지 않는다.

㉢ (나)에서 효소(B)가 있을 때 이 반응의 활성화 에너지는 ㉣이고, 효소(B)가 없을 때의 활성화 에너지는 ㉤이다.

12 효소의 활성에 영향을 미치는 요인

(가)에서 A의 최적 온도는 약 37°C , B의 최적 온도는 약 73°C 이고, (나)에서 A의 최적 pH는 7이다.

㉠ A의 최적 온도는 약 37°C 이므로 A는 사람의 소화 효소이다.

㉡ (나)에서 A의 최적 pH는 7이다. 따라서 단위 시간당 형성되는 효소·기질 복합체의 양은 pH 7일 때가 pH 6일 때보다 많다.

㉢ (가)에서 A의 반응 속도가 최대일 때의 온도는 약 37°C 이고,

B의 반응 속도가 최대일 때의 온도는 약 73°C 이다.

13 효소의 구조

이 효소 반응에서 ㉠은 ㉡과 ㉢이 결합한 전효소의 활성 부위에 결합하고 생성물로 전환되므로 ㉡은 주효소, ㉠은 기질, ㉢은 보조 인자이다.

㉣ 기질(㉠)은 전효소(㉡+㉢)의 활성 부위에 결합한다.

㉤ 주효소(㉡)는 단백질 성분으로 이루어져 있고, 보조 인자(㉢)는 비단백질 성분으로 이루어져 있다.

㉥ 활성화 에너지는 보조 인자(㉢)가 있을 때가 없을 때보다 작다.

14 효소와 저해제

㉠은 효소의 활성 부위에 기질과 경쟁적으로 결합하여 효소의 활성을 저해하므로 경쟁적 저해제이고, ㉡은 효소의 활성 부위가 아닌 다른 부위에 결합하여 활성 부위의 구조를 변형시켜 기질이 결합하지 못하게 하므로 비경쟁적 저해제이다. A가 있는 경우 기질의 농도가 높아지면 저해 효과가 감소하므로 A는 ㉠이고, B가 있는 경우 기질의 농도가 높아지더라도 저해 효과는 감소하지 않으므로 B는 ㉡이다.

㉢ B는 비경쟁적 저해제(㉡)에 해당하며 효소의 활성 부위가 아닌 다른 부위에 결합한다.

㉣ 활성화 에너지는 기질 농도에 따라 변하지 않으므로 A가 있는 경우 반응의 활성화 에너지는 S_1 일 때와 S_2 일 때가 같다.

㉤ 효소·기질 복합체의 농도는 초기 반응 속도가 빠른 A가 있는 경우의 S_2 일 때가 B가 있는 경우의 S_1 일 때보다 높다.

15 효소의 종류와 특성

A는 산화 환원 효소, B는 이성질화 효소이다.

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

㉡ 효소는 활성 부위와 입체 구조가 맞는 특정 기질에만 결합하여 작용하는데, 이를 기질 특이성이라고 한다.

㉢ 가수 분해 효소는 물 분자를 첨가하여 기질을 분해한다.

16 효소와 저해제

(나)에서 A~C 중 적어도 하나는 저해제가 있는 경우인데 기질의 농도가 높아져도 저해 효과가 줄어들지 않으므로 X는 비경쟁적 저해제이다. ㉠이 1이라면 I과 II의 결과가 같아야 하는데 I~II의 결과(A~C)가 다르므로 ㉠은 2, ㉡은 1이다. A의 최고 속도는 B의 2배, C의 4배이므로 ㉢는 '없음'이고, A는 I, B는 II, C는 III의 결과이다.

㉣ A~C 중 기질의 농도가 높아져도 저해 효과가 줄어드는 경우가 없으므로 X는 효소의 활성 부위가 아닌 다른 부위에 결합하여 효소의 활성 부위의 구조를 변형시키는 비경쟁적 저해제이다.

✗. S_1 일 때 $\frac{\text{기질과 결합한 E의 수}}{\text{E의 총수}}$ 는 I에서와 II에서가 같다.

✗. 효소 E에 의한 반응의 활성화 에너지는 저해제의 유무와 관계 없이 일정하므로 S_2 일 때 E에 의한 반응의 활성화 에너지는 II에서와 III에서가 같다.

수능 3월 테스트

본문 39~43쪽

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

01 세포막을 통한 물질 출입

I은 촉진 확산, II는 단순 확산, III은 능동 수송이다. (나)에서 세포 호흡 저해제 처리 전 A의 이동 방식은 능동 수송이고, B의 이동 방식은 단순 확산이다.

㉠. Na^+ 통로를 통한 Na^+ 의 이동은 고농도에서 저농도로 막단백질을 통해 이동하므로 Na^+ 의 이동 방식은 촉진 확산(I)에 해당한다.

㉡. t_3 시점에 세포 호흡 저해제를 처리했을 때 A의 세포 내 물질 농도가 감소하므로 t_1 일 때 A의 세포막을 통한 이동 방식은 능동 수송(III)에 해당한다.

㉢. t_2 일 때 그래프의 기울기가 A에서 B에서보다 크므로 세포막을 통한 A의 이동 속도는 B의 이동 속도보다 빠르다.

02 동물 세포의 삼투

세포 X를 용액 A에 넣었을 때 세포액의 삼투압이 증가하므로 A는 고장액이고, 세포 Y를 용액 B에 넣었을 때 세포액의 삼투압이 감소하므로 B는 저장액이다.

㉠. 실험 결과 세포 X의 삼투압은 증가하므로 용액 A의 농도는 X의 내액의 농도보다 높고, 세포 Y의 삼투압은 감소하므로 용액 B의 농도는 Y의 내액의 농도보다 낮다. 따라서 용액의 농도는 A가 B보다 높다.

✗. 세포 X는 용액 A에서 물의 유출량이 물의 유입량보다 많다. 따라서 X의 부피는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 크다.

㉢. t_2 일 때 X와 Y의 내액의 삼투압이 모두 일정하므로 세포막을 통한 물의 유입량과 유출량이 같다. 따라서 t_2 일 때 세포막을 통한 물의 유입량/물의 유출량은 1로 X와 Y가 같다.

03 식물 세포의 삼투

식물 세포 X를 NaCl 농도가 C_1 인 용액 ㉠에서 NaCl 농도가 C_2 인 용액 ㉡으로 옮겼을 때 세포의 부피가 증가하므로 NaCl의 농도는 C_1 이 C_2 보다 높다.

㉠. 식물 세포 X를 용액 ㉠에서 용액 ㉡으로 옮긴 후 세포의 부피가 증가하였으므로 NaCl 농도는 ㉠에서가 ㉡에서보다 높다. 따라서 $C_1 > C_2$ 이다.

✗. X의 흡수력은 세포의 부피가 상대적으로 작은 t_1 일 때가 상대적으로 큰 t_2 일 때보다 크다.

✗. 구간 I에서 세포의 부피가 증가하고 있으므로 세포 안으로 유입되는 물의 양은 세포 밖으로 유출되는 물의 양보다 많다.

04 세포막의 특성

구역 ㉡의 단백질이 구역 ㉠으로 이동하여 ㉠에서의 형광 세기가 증가하게 된다.

㉠. 단백질을 구성하는 기본 단위는 아미노산이다.

㉡. 세포막을 구성하는 막단백질은 유동성을 가지므로 ㉡의 막단백질이 ㉠으로 이동한다.

㉢. ㉡의 막단백질이 ㉠으로 이동하여 ㉠에서의 형광 세기가 증가하였다.

05 세포막을 통한 물질 출입

I은 촉진 확산, II는 능동 수송이고, 그림에서 ㉠의 세포 안 농도가 세포 밖 농도 이상으로 계속해서 증가하므로 ㉠은 세포 밖에서 세포 안으로 능동 수송되고 있다.

✗. ㉠의 세포 안 농도와 세포 밖 농도가 같아진 이후에도 ㉠의 세포 안 농도는 계속해서 증가하므로 ㉠의 이동 방식은 능동 수송(II)이다.

㉡. t_1 일 때 그래프의 기울기는 t_2 일 때 그래프의 기울기보다 크다. 따라서 ㉠의 세포막을 통한 이동 속도는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 빠르다.

✗. 인슐린이 세포 밖으로 이동하는 방식은 세포의 배출에 해당한다.

06 효소의 활성화에 영향을 미치는 요인

㉠은 보조 인자, ㉡은 기질, ㉢은 주효소, ㉣은 효소·기질 복합체, ㉤은 생성물이다. (나)에서 시간에 따라 ㉣의 총량이 증가하다가 일정해지므로 ㉣은 생성물이고, ㉢을 추가하면 ㉣의 총량이 증가하므로 ㉢은 기질이다.

㉠. ㉢을 추가하면 생성물(㉣)의 총량이 증가하므로 ㉢은 기질(㉡)이다.

㉡. 효소·기질 복합체(㉢)의 농도는 반응 속도에 비례하고, 반응 속도는 기울기에 비례한다. 따라서 ㉢의 농도는 t_1 일 때가 t_3 일 때보다 높다.

✗. 효소에 의한 반응의 활성화 에너지는 동일하므로 X에 의한

반응의 활성화 에너지는 t_1 일 때와 t_2 일 때가 같다.

07 효소의 작용

효소 E의 농도는 시험관 II가 I의 2배이므로 II에서 반응이 더 빠르게 일어난다. 따라서 ㉠은 II, ㉡은 I에서의 측정 결과이다.

㉠. ㉡은 ㉠보다 반응이 천천히 일어나므로 효소 E의 농도가 1인 I에서의 측정 결과이다.

㉢. 효소 E에 의한 반응 속도는 생성물의 농도 그래프에서 기울기에 비례한다. II에서의 측정 결과(㉠)에서 t_1 일 때의 기울기가 t_2 일 때의 기울기보다 크므로 반응 속도는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 빠르다.

㉣. 효소 E에 의한 반응의 활성화 에너지는 효소의 농도와 상관없으므로 ㉠에서와 ㉡에서가 같다.

08 효소의 종류와 특성

A는 전이 효소, B는 가수 분해 효소이므로 C는 이성질화 효소이다. 효소 X에 의해 NAD^+ 가 $NADH$ 로 환원되므로 X는 산화 환원 효소이다.

㉣. 효소 X는 산화 환원 효소이고, A는 전이 효소이다.

㉡. 리소좀의 세포내 소화에서 다양한 가수 분해 효소(B)가 작용한다.

㉢. 이성질화 효소(C)는 기질 내의 원자 배열을 바꾸어 이성질체로 전환시킨다.

09 효소의 기능과 특성

보조 인자가 없으면 전효소가 형성되지 않아 X에 의한 반응이 일어나지 않으므로 기질의 농도는 줄어들지 않는다. 따라서 ㉠은 기질이고, A는 보조 인자가 없는 경우이며, B는 보조 인자가 있는 경우이다.

㉣. ㉠은 기질이다.

㉡. B에서 효소·기질 복합체의 농도는 기울기의 절댓값에 비례하므로 효소·기질 복합체의 농도는 t_1 일 때가 t_2 일 때보다 높다.

㉢. I은 주효소와 보조 인자가 모두 있으므로 전효소가 형성되어 X가 기질과 결합하고, II는 보조 인자가 없어서 전효소가 형성되지 않아 X가 기질과 결합하지 못한다. 따라서 t_1 일 때 기질과 결합한 X의 수는 I에서가 II에서보다 많다.

10 효소와 저해제

㉠이 4라면 ㉡은 2, ㉢은 1이고, 각각 경쟁적 저해제와 비경쟁적 저해제 중 하나를 갖게 되는데 이때 주어진 자료를 만족하지 못한다. ㉠이 2라면 ㉡은 4, ㉢은 1이고, 각각 경쟁적 저해제와 비경쟁적 저해제 중 하나를 갖게 되는데 이때 주어진 자료를 만족하지 못한다. 따라서 ㉠은 1, ㉡은 4, ㉢은 2이다. ㉣는 '있음', ㉤는 '없음'이다.

㉣. III에서 ㉣의 농도는 1이고, 저해제가 없으므로 C는 III의 결과이다. 따라서 D와 E는 I과 IV의 결과 중 하나이다. V에서 ㉣의 농도는 2이고, Y는 '있음'인데 V의 결과는 A와 B 중 하나이므로 Y는 경쟁적 저해제이다. 따라서 X는 비경쟁적 저해제이므로 ㉣의 활성 부위가 아닌 다른 부위에 결합한다.

㉡. III의 결과는 C, I에서 ㉣의 농도는 1, 경쟁적 저해제(Y)는 '있음'이므로 I의 결과는 D이다. S_1 일 때 초기 반응 속도는 C(III)에서가 D(I)에서보다 크므로 기질과 결합하지 않은 ㉣의 수 기질과 결합한 ㉣의 수

는 I에서가 III에서보다 크다.

㉣. IV의 결과는 E, V에서 ㉣의 농도는 2, 경쟁적 저해제(Y)는 '있음'이므로 V의 결과는 B이다. 따라서 S_2 일 때 초기 반응 속도는 IV에서가 V에서보다 느리다.

04 세포 호흡과 발효

수능 2점 테스트

본문 54~57쪽

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

01 해당 과정과 피루브산의 산화

A는 막 사이 공간, B는 미토콘드리아 기질이다. 과정 I은 해당 과정이고, 과정 II는 피루브산의 산화 과정이다.

- ✗. 포도당이 2분자의 피루브산으로 분해되는 해당 과정(I)은 세포질에서 일어난다.
- ✗. 피루브산의 산화 과정(II)에서는 ATP가 생성되지 않는다.
- Ⓒ. 과정 I은 1분자의 포도당이 2분자의 피루브산으로 되는 과정으로 탈수소 반응이 일어나 2분자의 NADH가 생성되고, 과정 II는 1분자의 피루브산이 1분자의 아세틸 CoA로 되는 과정으로 탈수소 반응이 일어나 1분자의 NADH가 생성된다.

02 해당 과정

해당 과정은 1분자의 포도당이 여러 단계의 화학 반응을 거쳐 2분자의 피루브산으로 분해되는 과정이다.

- ✗. 과정 I은 포도당이 과당 2인산으로 전환되며 ATP가 소모되는 단계로 탈탄산 반응이 일어나지 않는다.
- Ⓒ. 과정 II에서 탈수소 효소의 작용으로 NAD⁺가 NADH로 환원된다.
- Ⓒ. 과정 III에서 기질 수준 인산화에 의해 ATP가 생성된다.

03 기질 수준 인산화와 해당 과정

(가)는 기질 수준 인산화로 효소에 의해 기질에 있던 인산기가 ADP로 전달되어 ATP가 합성되는 과정이다. 해당 과정은 포도당이 피루브산으로 분해되는 과정으로 ①은 포도당, ②은 피루브산이다. 과정 I은 ATP가 소모되는 단계이고, 과정 II는 ATP가 생성되는 단계이다.

- ✗. 과정 I은 ATP가 소모되는 단계로, 기질 수준 인산화(가)가 일어나지 않는다.
- Ⓒ. 과정 II에서 탈수소 효소의 작용으로 산화 환원 반응이 일어나 NADH가 생성된다.
- Ⓒ. 1분자당 포도당(①)의 탄소 수는 6, 피루브산(②)의 탄소 수는 3이므로 1분자당 $\frac{\text{②의 탄소 수}}{\text{①의 탄소 수}} = \frac{1}{2}$ 이다.

04 해당 과정과 피루브산의 산화

과정 I과 II는 해당 과정이고, 과정 III은 피루브산의 산화 과정이다.

- ✗. 과정 I은 ATP가 소모되는 단계로 탈수소 효소가 관여하지 않는다.
- Ⓒ. 과정 II와 III에서 모두 탈수소 효소의 작용으로 산화 환원 반응이 일어나 NADH가 생성된다.
- Ⓒ. 과정 III은 피루브산의 산화 과정으로 탈탄산 반응이 일어나 CO₂가 생성된다.

05 TCA 회로

4탄소 화합물이 옥살아세트산으로 전환될 때 생성되는 ㉠은 NADH이고, 시트르산이 5탄소 화합물로 전환될 때 생성되는 ㉡은 CO₂이다. 5탄소 화합물이 4탄소 화합물로 전환될 때 생성되는 ㉢은 ATP이고, ㉣은 FADH₂이다.

- Ⓒ. 시트르산이 5탄소 화합물로 전환될 때와 5탄소 화합물이 4탄소 화합물로 전환될 때 공통적으로 생성되는 ㉣은 CO₂이다.
- Ⓒ. TCA 회로에서 ATP(㉢)은 기질 수준 인산화에 의해 생성된다.
- Ⓒ. 산화적 인산화에서 1분자의 NADH(㉠)가 산화되어 약 2.5분자의 ATP가, 1분자의 FADH₂(㉣)가 산화되어 약 1.5분자의 ATP가 생성된다.

06 해당 과정, 피루브산의 산화, TCA 회로

과정 (가)에서는 ATP와 NADH가 생성되고, (나)에서는 CO₂와 NADH가 생성되며, (다)에서는 ATP, CO₂, NADH가 생성된다. 과정 I에서 ATP가 생성되지 않고, III에서 CO₂가 생성되지 않으므로 I은 (나), II는 (다), III은 (가)이다.

- ✗. 과정 II는 TCA 회로인 (다)이고, ATP, CO₂, NADH가 모두 생성된다.
- Ⓒ. 피루브산이 아세틸 CoA로 전환되는 과정(I)에서 CO₂와 NADH가 생성되고, TCA 회로(II)에서 ATP, CO₂, NADH가 생성되므로 ㉢와 ㉣은 모두 '○'이다.
- ✗. 1분자의 피루브산이 1분자의 아세틸 CoA로 전환될 때 생성되는 NADH의 분자 수는 1이므로 2분자의 피루브산이 2분자의 아세틸 CoA로 전환되는 과정 I에서 생성되는 NADH의 분자 수는 2이다.

07 전자 전달계

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

- ✗. ㉠은 NADH이다.
- Ⓒ. H⁺의 농도는 막 사이 공간에서가 미토콘드리아 기질에서보다

높다. 따라서 pH는 미토콘드리아 기질(II)에서가 막 사이 공간(I)에서보다 높다.

✕. NADH(㉠)와 FADH₂(㉡) 1분자당 방출되는 전자는 각각 2e⁻이며, 2e⁻가 $\frac{1}{2}$ O₂에 전달되어 1분자의 H₂O(㉢)이 생성된다. 따라서 2분자의 FADH₂(㉡)가 산화될 때 2분자의 H₂O(㉢)이 생성된다.

08 TCA 회로

5탄소 화합물이 4탄소 화합물로 전환되는 과정에서 ATP, CO₂, NADH가 모두 생성되므로 B는 5탄소 화합물, C는 4탄소 화합물이다. 따라서 A는 시트르산, D는 옥살아세트산이다. 과정 II에서만 생성되는 ㉠은 ATP이고, 과정 I~III에서 모두 생성되는 ㉡은 NADH이다. 따라서 ㉢은 CO₂이다.

✕. 1분자당 시트르산(A)의 탄소 수는 6, 5탄소 화합물(B)의 탄소 수는 5, 4탄소 화합물(C)의 탄소 수는 4, 옥살아세트산(D)의 탄소 수는 4이므로 1분자당 $\frac{B의\ 탄소\ 수 + D의\ 탄소\ 수}{A의\ 탄소\ 수 + C의\ 탄소\ 수} = \frac{9}{10} < 1$ 이다.

㉠. 시트르산이 5탄소 화합물로 전환되는 과정(I)과 5탄소 화합물이 4탄소 화합물로 전환되는 과정(II) 모두에서 탈탄산 반응이 일어나 CO₂가 생성된다.

㉡. 1분자의 포도당이 해당 과정과 피루브산의 산화와 TCA 회로를 거치면 총 10분자의 NADH(㉡)가 생성된다.

09 산화적 인산화

H⁺이 ATP 합성 효소를 통해 막 사이 공간에서 미토콘드리아 기질로 확산될 때 미토콘드리아 기질 쪽에서 ATP가 합성되므로 (가)는 막 사이 공간, (나)는 미토콘드리아 기질이다.

✕. 피루브산은 미토콘드리아 내막에 있는 운반체 단백질에 의해 미토콘드리아 기질로 이동하고 피루브산 탈수소 효소 복합체에 의해 아세틸 CoA로 산화된다. 따라서 피루브산의 산화는 미토콘드리아 기질(나)에서 일어난다.

㉠. 미토콘드리아 기질(나)에서 피루브산의 산화와 TCA 회로가 진행되면서 탈탄산 반응이 일어난다.

㉡. 해당 과정, 피루브산의 산화, TCA 회로에서 생성된 NADH와 FADH₂가 산화되어 고에너지 전자와 H⁺을 방출한다. 고에너지 전자가 전자 전달계에서 차례로 전달되는 과정에서 단계적으로 방출되는 에너지를 이용해 미토콘드리아 기질(나)에서 막 사이 공간(가)으로 H⁺이 능동 수송된다.

10 피루브산의 산화

㉠은 피루브산, ㉡은 아세틸 CoA이고, ㉢은 CO₂, ㉣은 NAD⁺, ㉤은 NADH이다.

㉥. 피루브산(㉠)은 3탄소 화합물이고, CO₂(㉢)은 1탄소 화합물

이므로 피루브산(㉠)과 CO₂(㉢)의 1분자당 탄소 수의 합은 4이다.

㉦. 탈수소 효소의 작용으로 NAD⁺(㉣)이 NADH(㉤)로 환원된다.

㉧. TCA 회로에서 시트르산이 5탄소 화합물로 전환될 때, 5탄소 화합물이 4탄소 화합물로 전환될 때, 4탄소 화합물이 옥살아세트산으로 전환될 때 각각 1분자의 NADH가 생성되므로 1분자의 아세틸 CoA(㉥)가 TCA 회로를 통해 완전 분해될 때 3분자의 NADH(㉤)가 생성된다.

11 세포 호흡 저해제

I 은 막 사이 공간, II는 미토콘드리아 기질이고, X와 Y를 처리하면 미토콘드리아 내막을 경계로 H⁺의 농도 차이가 감소하여 ATP 합성이 억제된다.

㉠. NADH와 FADH₂에서 방출된 고에너지 전자는 전자 전달계를 통해 이동한 후 O₂와 결합한다. 따라서 X를 첨가하면 O₂의 소모가 억제된다.

✕. Y는 미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 H⁺을 새어 나가게 하므로 Y를 처리하면 막 사이 공간(I)의 H⁺ 농도가 감소한다. 따라서 I의 pH는 Y를 처리하기 전이 처리한 후보다 낮다.

㉡. X와 Y를 각각 처리했을 때 미토콘드리아 내막을 경계로 H⁺의 농도 차이가 감소하므로 모두 ATP 합성이 억제된다.

12 호흡 기질에 따른 세포 호흡 경로

지방은 지방산과 글리세롤로 분해되어 세포 호흡에 이용되고, 단백질은 아미노산으로 분해되어 세포 호흡에 이용된다. 글리세롤은 해당 과정의 중간 산물을 거쳐 피루브산으로 전환된다. 따라서 (가)는 지방, (나)는 단백질이고, ㉠은 글리세롤, ㉡은 지방산, ㉢은 아미노산이다.

✕. 호흡률은 지방(가)이 약 0.7이고, 탄수화물이 1이다.

✕. 지방산은 아세틸 CoA로 분해된 후 TCA 회로를 거쳐 산화적 인산화에 이용되므로 지방산(㉡)이 세포 호흡에 이용되는 과정에서 기질 수준 인산화가 일어난다.

㉣. 아미노산(㉢)은 탈아미노 과정으로 아미노기가 제거된 후 세포 호흡에 이용된다.

13 발효와 산소 호흡

시간 경과에 따라 ㉠의 농도는 감소하고, 일정 시간 후 ㉡의 농도는 증가하므로 ㉠은 포도당, ㉡은 젖산이다.

㉢. 1분자당 탄소 수가 포도당(㉠)은 6이고, 젖산(㉡)은 3이므로 1분자당 탄소 수는 ㉠이 ㉡의 2배이다.

㉣. 구간 I에서 해당 과정, TCA 회로, 산화적 인산화가 모두 일어나며 산화적 인산화 과정에서 NADH가 산화된다.

✕. 젖산(㉡)의 농도가 증가하는 구간 II에서는 젖산 발효가 일어나고 있으며, 젖산 발효에서는 CO₂가 생성되지 않는다. 따라서

단위 시간당 생성되는 CO₂의 양은 구간 II에서가 구간 I에서보다 적다.

14 발효와 산소 호흡

과정 I은 해당 과정, 과정 II는 알코올 발효, 과정 III은 피루브산의 산화 과정, 과정 IV는 젖산 발효이다.

✗. 포도당이 피루브산으로 분해되는 과정 I에서는 NAD⁺가 NADH로 환원되지만 피루브산이 에탄올로 전환되는 과정 II에서는 NADH가 NAD⁺로 산화된다.

㉠. 피루브산이 에탄올로 전환되는 과정 II와 피루브산이 산화되는 과정 III에서 모두 탈탄산 반응으로 CO₂가 생성된다.

㉡. 포도당이 피루브산으로 분해되는 과정 I과 피루브산이 젖산으로 전환되는 과정 IV는 모두 세포질에서 일어난다.

15 발효와 산소 호흡

알코올 발효에서 피루브산이 에탄올로 전환될 때 탈탄산 반응에 의해 CO₂가 생성되고, 피루브산의 산화 과정에서 피루브산이 아세틸 CoA로 전환될 때 탈탄산 반응에 의해서는 CO₂가, 탈수소 반응에 의해서는 NADH가 생성되므로 A는 피루브산, B는 에탄올, C는 아세틸 CoA이고, ㉠은 CO₂, ㉡은 NADH이다.

㉢. 알코올 발효 과정(I)과 피루브산의 산화 과정(II)에서 모두 CO₂가 생성되고, 피루브산의 산화 과정에서만 NADH가 생성되므로 ㉠은 CO₂, ㉡은 NADH이다.

㉣. 피루브산이 에탄올로 전환되는 과정(I)에서 탈탄산 반응이 일어난다.

㉤. 피루브산(A) 1분자의 탄소 수는 3, 에탄올(B) 1분자의 탄소 수는 2이므로 1분자당 $\frac{B의\ 탄소\ 수}{A의\ 탄소\ 수} = \frac{2}{3}$ 이다.

16 알코올 발효와 젖산 발효

알코올 발효에서 피루브산은 아세트알데하이드를 거쳐 에탄올로 전환되고, 젖산 발효에서 피루브산은 젖산으로 전환되므로 (가)는 알코올 발효, (나)는 젖산 발효이고, ㉠은 에탄올, ㉡은 아세트알데하이드, ㉢은 젖산이다.

㉣. 아세트알데하이드(㉡) 1분자의 탄소 수는 2, 젖산(㉢) 1분자의 탄소 수는 3이므로 1분자당 탄소 수는 젖산(㉢)이 아세트알데하이드(㉡)보다 많다.

✗. 사람의 근육 세포에서 알코올 발효(가)는 일어나지 않는다. 격렬한 운동을 할 때 사람의 근육 세포에서 젖산 발효(나)가 일어난다.

✗. 과정 I은 포도당이 피루브산으로 분해되는 해당 과정으로 기질 수준 인산화에 의해 ATP가 생성된다. 과정 II는 피루브산이 젖산으로 전환되는 과정으로 ATP가 생성되지 않는다.

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

01 호흡 기질에 따른 세포 호흡 경로

(가)는 단백질, (나)는 탄수화물이고, ㉠은 아미노산, ㉡은 아세틸 CoA이다.

✗. 단백질(가)의 호흡률은 약 0.8이고, 탄수화물(나)의 호흡률은 1이므로 호흡률은 (가)가 (나)보다 작다.

✗. 아미노산(㉠)이 세포 호흡에 이용될 때 피루브산, 아세틸 CoA, TCA 회로의 중간 산물로 전환되어 피루브산의 산화와 TCA 회로, 산화적 인산화를 통해 ATP를 생성하므로 ㉠이 세포 호흡에 이용될 때 산화적 인산화가 일어난다.

㉢. 1분자의 아세틸 CoA(㉡)가 TCA 회로를 통해 완전 분해될 때 2분자의 CO₂가 생성된다.

02 해당 과정과 피루브산의 산화

과정 III에서만 CO₂가 생성되므로 ㉡은 III이다. 과정 II와 III에서 NAD⁺가 NADH로 환원되므로 ㉠은 II이다. 따라서 ㉢은 I이다.

특징	㉠(II)	㉡(III)	㉢(I)
CO ₂ 가 생성된다.	?(×)	○	?(×)
NAD ⁺ 가 환원된다.	○	?(○)	㉢(×)
기질 수준 인산화가 일어난다.	㉢(○)	?(×)	×

(○: 있음, ×: 없음)

✗. 포도당이 과당 2인산으로 전환되는 과정 I(㉢)에서는 NAD⁺가 환원되지 않으므로 ㉢은 '×'이다. 과당 2인산이 피루브산으로 전환되는 과정 II(㉠)에서 기질 수준 인산화에 의해 ATP가 생성되므로 ㉢은 '○'이다.

✗. 과당 2인산이 피루브산으로 전환되는 과정(㉠)은 세포질에서 일어난다.

㉢. 피루브산이 아세틸 CoA로 전환되는 과정(㉡)에서 탈수소 효소의 작용으로 NAD⁺가 NADH로 환원된다.

03 전자 전달계

I은 미토콘드리아 기질, II는 막 사이 공간이다. (가)는 O₂가 전자와 H⁺을 받아 H₂O로 환원되는 반응이고, (나)는 NADH가 NAD⁺로 산화되어 고에너지 전자와 H⁺을 방출하는 반응이며, (다)는 FAD가 FADH₂로 환원되는 반응이다.

㉢. 전자 전달계에서 2분자의 H₂O이 생성될 때 1분자의 O₂가 사용되므로 ㉠은 1이고, NADH가 NAD⁺로 산화될 때 2개의 H⁺과 2개의 전자(e⁻)가 방출되므로 ㉡과 ㉢은 모두 2이다. FAD가 FADH₂로 환원될 때 2개의 H⁺과 2개의 전자(e⁻)가 사용되므로

- ㉔과 ㉕은 모두 2이다. 따라서 ㉑+㉒+㉓+㉔+㉕=9이다.
 ✕. (가)가 억제되면 NADH와 FADH₂로부터의 전자 전달이 억제되므로 I에서 (나)의 반응이 감소한다.
 ✕. TCA 회로에서 FADH₂가 생성되므로 (다)는 막 사이 공간(II)에서 일어나지 않는다.

04 산화적 인산화와 세포 호흡 저해제

- ㉑은 막 사이 공간, ㉒은 미토콘드리아 기질이고, ㉓는 O₂, ㉔는 ATP이다.
 ✕. 미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 H⁺을 새어 나가게 하면 H⁺ 농도 기울기가 감소하여 ATP 합성이 감소하나, 전자 전달계에서 전자의 이동은 감소하지 않는다. 따라서 ㉓는 O₂, ㉔는 ATP이다.
 ○. 소비된 O₂의 총량 변화는 구간 I에서 구간 II에서보다 크므로 단위 시간당 세포 호흡에 의해 생성되는 H₂O의 분자 수는 구간 I에서 구간 II에서보다 크다.
 ✕. Y를 첨가하면 막 사이 공간(㉑)에서의 pH는 증가하고, 미토콘드리아 기질(㉒)에서의 pH는 감소하므로 $\frac{\text{㉑에서의 pH}}{\text{㉒에서의 pH}}$ 는 구간 II에서 구간 III에서보다 작다.

05 TCA 회로

연속된 과정인 IV와 I에서 모두 ㉑이 생성되므로 ㉑은 CO₂와 NADH 중 하나이다. 만약 ㉑이 CO₂라면 D는 시트르산, A는 5탄소 화합물, B는 4탄소 화합물, C는 옥살아세트산이므로 ㉒이 NADH인데 II에서 ㉒이 생성되지 않으므로 ㉑은 NADH, ㉓은 CO₂이다. 5탄소 화합물이 4탄소 화합물로 전환되는 과정 I에서 ATP가 생성되므로 ㉔는 ATP, ㉕은 FADH₂이다.

구분	㉑(FADH ₂)	㉒(NADH)	㉓(ATP)	㉔(CO ₂)
I	×	○	㉓(○)	?(○)
II	○	?(○)	×	×
III	㉓(×)	×	×	?(×)
IV	?(×)	○	×	㉓(○)

(○: 생성됨, ×: 생성 안 됨)

- ✕. 5탄소 화합물(A)이 4탄소 화합물(B)로 전환되는 과정 I에서는 ATP(㉔)가 생성되므로 ㉓는 '○'이고, 옥살아세트산(C)이 시트르산(D)으로 전환되는 과정 III에서는 FADH₂(㉕)가 생성되지 않으므로 ㉔는 '×'이며, 시트르산(D)이 5탄소 화합물(A)로 전환되는 과정 IV에서는 CO₂(㉓)가 생성되므로 ㉓는 '○'이다.
 ○. 1분자의 아세틸 CoA가 TCA 회로에서 완전히 분해될 때 3분자의 NADH(㉒)와 2분자의 CO₂(㉓)가 생성된다.
 ○. 1분자당 $\frac{\text{4탄소 화합물(B)의 탄소 수}}{\text{옥살아세트산(C)의 탄소 수}} = \frac{4}{4} = 1$ 이다.

06 산화적 인산화와 세포 호흡 저해제

- ㉑은 O₂, ㉒은 H₂O, ㉓는 FADH₂, ㉔는 NADH이다.
 ○. 미토콘드리아 내막에 있는 인지질을 통해 H⁺이 막 사이 공간에서 미토콘드리아 기질로 새어 나가게 되면 H⁺ 농도 기울기가 감소하여 ATP 합성 효소를 통한 H⁺의 이동이 감소하므로 ATP 합성이 감소하나, 전자 전달계에서 전자의 이동은 증가한다. 따라서 단위 시간당 O₂(㉑)의 소모량은 X를 처리한 후가 처리하기 전보다 많다.
 ✕. FADH₂(㉓)와 NADH(㉔) 1분자당 방출되는 전자는 각각 2e⁻이며, 2e⁻가 $\frac{1}{2}$ O₂에 전달되어 1분자의 H₂O(㉒)이 생성된다. 따라서 1분자의 H₂O(㉒)을 생성하는 데 필요한 분자 수는 FADH₂(㉓)와 NADH(㉔)가 모두 1로 같다.
 ✕. 전자 전달 효소 복합체에서 O₂(㉑)로의 전자 전달을 억제하면 전자 전달계에서 전자의 이동도 점점 감소하고 미토콘드리아 기질에서 막 사이 공간으로 H⁺의 농도 수송도 감소한다. 따라서 막 사이 공간의 pH는 증가한다.

07 TCA 회로, 산화적 인산화

2분자의 아세틸 CoA가 세포 호흡에 이용될 때 TCA 회로에서 6분자의 NADH, 2분자의 FADH₂가 생성된다. 산화적 인산화를 통해 1분자의 NADH로부터 2.5분자의 ATP가, 1분자의 FADH₂로부터 1.5분자의 ATP가 생성된다고 하였으므로 산화적 인산화로 18ATP가 생성된다. TCA 회로에서 기질 수준 인산화로 2ATP가 생성되므로 ㉔는 20이다. 6분자의 NADH와 2분자의 FADH₂가 산화될 때 4분자의 O₂가 사용되고 8분자의 H₂O가 생성되므로 ㉑은 4, ㉒은 8이다. 2분자의 아세틸 CoA가 분해되면 4분자의 CO₂가 생성되므로 ㉓는 4이다.

○. ㉑은 4, ㉒은 4, ㉓은 8, ㉔는 20이다. 따라서 $\frac{\text{㉒}+\text{㉓}}{\text{㉑}+\text{㉔}} = \frac{1}{2}$ 이다.

- ✕. (가)의 CO₂는 TCA 회로에서 생성되며, TCA 회로는 미토콘드리아 기질(I)에서 진행된다.
 ○. H⁺ 농도가 높은 막 사이 공간(II)에서 H⁺ 농도가 낮은 미토콘드리아 기질(I)로 막단백질에 해당하는 ATP 합성 효소를 통한 H⁺의 이동은 촉진 확산에 해당한다.

08 TCA 회로

㉑+㉒, ㉑+㉓, ㉓+㉔의 값이 2 이하이므로 과정 I~III은 각각 시트르산이 5탄소 화합물로 전환되는 과정, 5탄소 화합물이 4탄소 화합물로 전환되는 과정, 4탄소 화합물이 옥살아세트산으로 전환되는 과정 중 하나이다. ㉑+㉒+㉓+㉔의 값이 시트르산이 5탄소 화합물로 전환될 때는 2, 5탄소 화합물이 4탄소 화합물로 전환될 때는 3, 4탄소 화합물이 옥살아세트산으로 전환될 때는 2이다. II에서 ㉑+㉒+㉓+㉔=3이므로 B는 5탄소 화합

물, C는 4탄소 화합물이다. 따라서 A는 시트르산, D는 옥살아세트산이다. I에서 ㉠+㉡=0이므로 ㉠과 ㉡은 각각 ATP와 FADH₂ 중 하나이고, ㉢과 ㉣은 각각 CO₂와 NADH 중 하나이다. II에서 ㉠+㉡=1, ㉠+㉢=2이므로 ㉠은 ATP이고, III에서 ㉠+㉣=0이므로 ㉣은 CO₂이다. 따라서 ㉡은 FADH₂, ㉢은 NADH이다.

㉠. 1분자당 시트르산(A)의 탄소 수는 6, 4탄소 화합물(C)의 탄소 수는 4이므로 1분자당 $\frac{C의\ 탄소\ 수}{A의\ 탄소\ 수} = \frac{2}{3}$ 이다.

㉡. TCA 회로에서 1분자의 5탄소 화합물(B)이 옥살아세트산(D)으로 전환될 때 1분자의 ATP(㉠)와 2분자의 NADH(㉢)가 생성된다.

㉢. 1분자의 포도당이 세포 호흡을 통해 완전 분해될 때 6분자의 CO₂(㉣)가 생성된다.

09 해당 과정과 발효

'CO₂가 발생한다.'는 과정 II의 특징이고, 'NADH가 산화된다.'는 과정 II와 III의 특징이며, '산소가 소모되지 않는다.'는 과정 I~III의 특징이다. 따라서 ㉠은 I, ㉡은 III, ㉢은 II이다.

㉠. 피루브산이 에탄올로 전환되는 과정(II)은 (가)의 특징 3가지를 모두 가지므로 ㉢은 3이다.

㉡. 해당 과정(I)에서 탈수소 효소의 작용으로 NAD⁺가 NADH로 환원된다.

㉢. 피루브산이 젖산으로 전환되는 과정(III)에서는 기질 수준 인산화가 일어나지 않는다.

10 알코올 발효

포도당 용액이나 설탕 용액을 효모액과 함께 발효관에 넣고 일정 시간이 지나면 효모의 알코올 발효에 의해 에탄올과 CO₂가 생성된다. 따라서 맹관부에 모인 기체는 CO₂이다.

㉠. CO₂(㉢)은 피루브산이 아세트알데하이드로 전환될 때 생성된다.

㉡. C에 첨가한 물질에는 효모액이 없으므로 알코올 발효가 일어나지 않는다. 따라서 구간 I의 C에서는 NADH의 산화가 일어나지 않는다.

㉢. 효모의 알코올 발효를 통한 에탄올의 농도는 기체 발생량에 비례한다. t₂일 때 발효관 내 에탄올의 농도는 KOH 용액을 넣기 전의 기체 부피에 비례하므로 t₂일 때 B에서 에탄올의 농도는 t₁일 때 A에서 에탄올의 농도보다 높다.

11 발효와 산소 호흡

피루브산의 산화에서는 피루브산이 아세틸 CoA로 전환되고, 알코올 발효에서는 피루브산이 에탄올로 전환되고, 젖산 발효에서는 피루브산이 젖산으로 전환되므로 ㉠은 피루브산이다. NADH

는 피루브산의 산화 과정에서만 생성되므로 ㉡은 NADH이고, ㉢은 아세틸 CoA이다. 피루브산의 산화 과정에서 CO₂가 생성되므로 ㉣은 CO₂이다. 알코올 발효 과정에서 CO₂가 생성되므로 ㉤은 에탄올이다. 따라서 ㉤은 NAD⁺이고, ㉥은 젖산이다.

㉠. 피루브산(㉠)의 탄소 수는 3, 수소 수는 4이고, 에탄올(㉡)의 수소 수는 6, 탄소 수는 2이며, 젖산(㉢)의 탄소 수는 3, 수소 수는 6이므로 1분자당 $\frac{㉠의\ 탄소\ 수+㉡의\ 수소\ 수+㉢의\ 탄소\ 수}{㉠의\ 수소\ 수+㉡의\ 탄소\ 수+㉢의\ 수소\ 수} = \frac{12}{12} = 1$ 이다.

㉡. 피루브산이 아세틸 CoA로 전환되는 과정(I)에서 탈탄산 반응에 의해 CO₂가 생성된다.

㉢. 피루브산이 젖산으로 전환되는 과정(III)에서 탈수소 효소의 작용으로 NADH(㉣)가 NAD⁺(㉤)로 산화된다.

12 발효와 산소 호흡

1분자의 포도당이 2분자의 피루브산으로 분해되고, 피루브산은 산소 호흡에서는 아세틸 CoA로, 알코올 발효에서는 아세트알데하이드로, 젖산 발효에서는 젖산으로 전환되므로 A는 피루브산, F는 포도당이다. 아세트알데하이드는 에탄올로 전환되므로 C는 아세트알데하이드, D는 에탄올이다. 피루브산이 젖산으로 전환될 때 NAD⁺가 생성되고, 아세틸 CoA로 전환될 때는 CO₂와 NADH가 생성되므로 B는 젖산, E는 아세틸 CoA이다. 따라서 ㉠은 NAD⁺, ㉡은 NADH, ㉢은 CO₂이다.

과정	물질 전환	생성되는 물질
(가)	A(피루브산) → B(젖산)	㉠(NAD ⁺)
(나)	C(아세트알데하이드) → D(에탄올)	㉠(NAD ⁺)
(다)	A(피루브산) → C(아세트알데하이드)	㉢(CO ₂)
(라)	A(피루브산) → E(아세틸 CoA)	㉡(NADH), ㉣(CO ₂)
(마)	F(포도당) → 2A(피루브산)	㉣(NADH)

㉠. 포도당이 피루브산으로 분해되는 해당 과정(마)에서는 기질 수준 인산화에 의해 ATP가 합성된다.

㉡. 1분자의 포도당이 세포 호흡에 의해 완전 분해될 때 10분자의 NADH(㉣)가 생성된다.

㉢. 피루브산(A)의 탄소 수는 3, 젖산(B)의 탄소 수는 3, 아세트알데하이드(C)의 탄소 수는 2, 에탄올(D)의 탄소 수는 2이다. 따라서 1분자당 $\frac{C의\ 탄소\ 수+D의\ 탄소\ 수}{A의\ 탄소\ 수+B의\ 탄소\ 수} = \frac{2}{3}$ 이다.

05 광합성

수능 2점 테스트

본문 74~77쪽

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

01 광합성

광합성은 빛에너지를 이용하여 이산화 탄소와 물로 포도당을 합성하는 반응으로 전체 반응식은 아래와 같다.



㉠. 광합성은 빛에너지를 포도당의 화학 에너지로 전환하는 과정으로 물질대사 중 동화 작용에 해당한다.

㉡. 식물의 잎에 존재하는 광합성 색소 중 엽록소 a와 b는 가시광선 중 청자색광과 적색광은 잘 흡수하는데 반해 녹색광은 대부분을 반사 혹은 통과시킨다. 이때 반사 혹은 통과된 빛이 우리 눈에 들어와 잎이 녹색으로 보이는 것이다.

㉢. 녹색 식물에서 포도당 1분자가 합성되기 위해서는 12분자의 H_2O 이 광분해되고, 그 결과 6분자의 O_2 가 생성된다.

02 엽겉만과 루벤의 실험

엽겉만의 실험을 통해서 광합성에 주로 이용되는 빛의 파장은 청자색광과 적색광이라는 것을 알게 되었고, 루벤의 실험을 통해서 광합성 결과 생성된 O_2 의 기원은 H_2O 임을 알게 되었다.

㉠. 호기성 세균은 세포 호흡 시 산소를 사용하는 세균으로 산소(㉠)가 풍부한 곳으로 모여든다.

㉡. (나)에서 ㉠은 O_2 로 광합성의 명반응 중 비순환적 전자 흐름에서 전자 공여체인 H_2O 의 광분해로 O_2 (㉡)가 생성된다.

㉢. 산소는 광합성의 산물이고, 호기성 세균은 산소가 풍부한 곳으로 모여든다. (가)에서 프리즘을 통해 분광된 서로 다른 파장의 빛을 해감에 비추었을 때 해감 주변에 모여든 호기성 세균의 밀도는 적색광이 비추는 부위에서가 황색광이 비추는 부위에서보다 높다. 따라서 해감은 적색광에서가 황색광에서보다 활발하게 광합성을 한다.

03 엽록체의 구조

A는 엽록체 내막, B는 틸라코이드 내부, C는 스트로마이다.

㉠. 엽록체 내막(A)에는 엽록소가 없다. 엽록소를 비롯한 광합성 색소는 틸라코이드 막에 있다.

㉡. 포도당 합성에 필요한 여러 가지 효소들은 스트로마(C)에 있어 포도당 합성은 스트로마(C)에서 일어나며, 틸라코이드 내부

(B)에서는 포도당 합성이 일어나지 않는다.

㉢. 스트로마(C)에는 자체 DNA와 리보솜이 있다.

04 광합성 색소 추출과 흡수 스펙트럼

크로마토그래피법으로 광합성 색소를 전개시키면 위에서부터 카로틴, 잔토필, 엽록소 a, 엽록소 b 순서로 분리된다. 따라서 ㉠은 카로틴이고, ㉡은 엽록소 a이다.

㉢. X는 엽록소 a의 흡수 스펙트럼이고, Y는 카로티노이드의 흡수 스펙트럼이다. 카로틴(㉢)은 카로티노이드(Y)에 속하는 색소이다.

㉣. 카로티노이드(Y)는 보조 색소로 엽록소에서 잘 흡수하지 못하는 파장의 빛을 흡수하여 엽록소에 전달하고, 과도한 빛에 의해 엽록소가 손상되는 것을 막아준다.

㉤. 광합성 색소(엽록소, 카로티노이드)는 모두 틸라코이드 막에 존재한다.

05 엽록체의 구조와 광계

A는 엽록체 외막, B는 엽록체 내막, C는 틸라코이드 막이다.

㉠. 광계 I과 II는 광합성 색소와 단백질로 이루어진 복합체로 모두 틸라코이드 막(C)에 있다.

㉡. 반응 중심 색소(㉡)에서 방출된 전자가 또 다른 광계를 거치지 않고, 최종 전자 수용체인 NADP^+ 를 환원시키는 광계 ㉢는 광계 I이다.

㉣. 광계 I에 있는 반응 중심 색소(㉣)는 P_{700} 으로 700 nm 파장의 빛을 680 nm 파장의 빛보다 잘 흡수한다.

06 순환적 전자 흐름과 비순환적 전자 흐름

전자 흐름이 일어날 때 비순환적 전자 흐름에서만 O_2 가 생성되므로 A는 비순환적 전자 흐름이고, 나머지 B는 순환적 전자 흐름이다.

㉠. 광계 I의 반응 중심 색소인 P_{700} 에서 방출된 전자가 전자 전달계를 거쳐 다시 P_{700} 으로 되돌아오는 전자 흐름은 순환적 전자 흐름(B)에 해당한다. 비순환적 전자 흐름(A)에서는 P_{700} 에서 방출된 전자가 최종 전자 수용체인 NADP^+ 를 환원시켜 NADPH 로 전환시킨다.

㉡. 비순환적 전자 흐름(A)에는 광계 I과 II가 모두 관여하지만, 순환적 전자 흐름(B)에는 광계 I만 관여한다.

㉢. 순환적 전자 흐름(B)에서는 물의 광분해가 일어나지 않으므로 O_2 가 생성되지 않는다. 그러므로 ㉢은 '×'이다. 그리고 반응 중심 색소인 P_{700} 에서 방출된 전자는 NADP^+ 를 환원시키는 것이 아니라 전자 전달계를 따라 다시 P_{700} 을 환원시키므로 NADPH 를 생성하지 못한다. 따라서 ㉣도 '×'이다.

비순환적 전자 흐름(A)에서는 물의 광분해로부터 기원한 전자가 전자 전달계를 따라 이동하여 최종 전자 수용체인 NADP^+ 를 환

원시키므로 NADPH가 생성되고, 이러한 전자 흐름 과정에서 H⁺은 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송되어 H⁺ 농도 기울기가 형성되므로 ㉠과 ㉡은 모두 '○'이다. 따라서 ㉠~㉢ 중 '○'인 것은 ㉠과 ㉢로 2개이다.

07 틸라코이드 막의 전자 전달계

물의 광분해로 방출된 전자가 전자 전달계를 따라 이동하는 과정에서 H⁺이 (나)에서 (가)로 능동 수송되고 있으므로 (가)는 틸라코이드 내부이고, (나)는 스트로마이다.

✕. 엽록체는 스트로마(나)에 자체 DNA를 가지고 있다.

○. ㉠은 NADP⁺, ㉡은 NADPH이다. NADP⁺(㉠)는 전자를 받아 NADPH(㉡)로 환원되므로 최종 전자 수용체이다.

○. 스트로마(나)에서 틸라코이드 내부(가)로의 H⁺ 이동에는 고에너지 전자가 전자 전달계를 따라 이동하는 과정에서 방출되는 에너지가 사용되며, 이때의 H⁺ 이동 방식은 능동 수송에 해당한다.

08 탄소 고정 반응

1분자의 RuBP는 1분자의 CO₂와 결합하여 2분자의 3PG를 생성한다. 그러므로 ㉠과 ㉢은 모두 3이다.

12분자의 PGAL 중 10분자는 6분자의 RuBP를 재생하고, 나머지 2분자의 PGAL은 1분자의 포도당을 합성하므로 ㉡은 12이다.

○. ㉠은 3, ㉢은 3, ㉡은 12이므로 ㉠+㉢+㉡=18이다.

○. ㉠에서 CO₂가 RuBP와 결합하여 고정될 때 루비스코라는 효소가 작용한다.

✕. PGAL로부터 RuBP 1분자가 재생될 때 1분자의 ATP가 소모된다. 따라서 6분자의 RuBP가 재생되는 과정에서는 6분자의 ATP가 사용된다.

09 광합성 전 과정

(가)는 명반응, (나)는 탄소 고정 반응이고, ㉠은 H₂O, ㉡은 CO₂, ㉢은 NADPH, ㉣은 NADP⁺이다.

○. 비순환적 전자 흐름에서 H₂O(㉠)은 광분해되어 전자를 방출하고, 이때 방출된 전자는 전자 전달계를 따라 이동하여 NADP⁺(㉢)를 NADPH(㉣)로 환원시킨다.

✕. 3PG가 NADPH(㉣)에 의해 환원된 결과 PGAL이 생성된다.

✕. 명반응(가)에서 생성된 ATP가 탄소 고정 반응(나)에 사용되며, 탄소 고정 반응(나)에서는 ATP가 생성되지 않는다.

10 순환적 전자 흐름과 비순환적 전자 흐름

경로 1은 비순환적 전자 흐름이고, 경로 2는 순환적 전자 흐름이다.

○. (나)는 H₂O이 광분해되는 반응이다. (나)에서 방출된 전자는 경로 1에 공급되어 광계 II(㉠)을 환원시킨다.

✕. 비순환적 전자 흐름(경로 1)에만 관여하는 ㉠은 광계 II이고, 비순환적 전자 흐름(경로 1)과 순환적 전자 흐름(경로 2)에 모두 관여하는 ㉡은 광계 I이다.

○. (가)에서 NADP⁺는 최종 전자 수용체로, NADP⁺가 NADPH로 환원되는 반응은 비순환적 전자 흐름에서만 일어나는 반응이다. X를 처리하여 ㉠에서 전자 전달이 차단되면 최종 전자 수용체인 NADP⁺까지 전자가 전달되지 못하므로 (가)는 억제되며, 전자 전달이 차단되면 광계 II(㉠)의 반응 중심 색소는 산화되지 못하기 때문에 (나)도 억제된다.

11 탄소 고정 반응

㉠은 PGAL, ㉡은 RuBP, ㉢은 3PG이다.

○. 과정 I은 3PG(㉢)가 PGAL(㉠)로 전환되는 과정으로 이 과정에서 NADPH가 사용되는 산화 환원 반응이 일어난다.

✕. 과정 II는 RuBP(㉡)가 3PG(㉢)로 전환되는 과정으로 이 과정에서는 ATP가 사용되지 않고, CO₂가 고정되는 반응이 일어난다.

✕. 1분자당 PGAL(㉠)의 탄소 수는 3이고, RuBP(㉡)의 인산기 수는 2이며, 3PG(㉢)의 인산기 수는 1이다. 따라서 1분자당 $\frac{㉠의 인산기 수 + ㉡의 인산기 수}{㉠의 탄소 수} = 1$ 이다.

12 캘빈의 실험

CO₂가 고정되어 가장 먼저 생성된 물질은 3PG이므로 ㉠은 3PG이고, ㉡은 PGAL, ㉢은 RuBP이다.

○. 이 실험에서는 방사성 동위원소인 ¹⁴C를 이용하여 고정된 탄소가 포도당으로 합성되기까지 생성되는 중간 생성물을 추적하였으므로 자기 방사법이 이용되었다.

○. 1분자의 3PG(㉠)가 PGAL(㉡)로 전환되는 과정에서 소모되는 ATP와 NADPH의 수는 모두 1이다. 따라서 $\frac{소모되는 NADPH 분자 수}{소모되는 ATP 분자 수} = 1$ 이다.

○. 1분자당 3PG(㉠)의 탄소 수는 3, RuBP(㉡)의 인산기 수는 2이며, RuBP(㉢)의 탄소 수는 5이다. 따라서 $\frac{㉠의 탄소 수 + ㉡의 인산기 수}{㉡의 탄소 수} = \frac{3+2}{5} = 1$ 이다.

13 미토콘드리아와 엽록체의 구조

(가)에서 ㉠은 미토콘드리아 내막, ㉡은 막 사이 공간, ㉢은 미토콘드리아 기질이며, (나)에서 ㉠은 틸라코이드 막, ㉢은 틸라코이드 내부, ㉡은 스트로마이다.

○. 미토콘드리아 내막(㉠)과 엽록체의 틸라코이드 막(㉢)에는 모두 전자 전달계와 ATP 합성 효소가 존재한다.

○. 미토콘드리아 내막(㉠)의 전자 전달계를 따라 고에너지 전자가 이동하면 H⁺은 미토콘드리아 기질(㉢)에서 막 사이 공간(㉡)

으로 이동하여 막 사이 공간(㉠)의 pH가 낮아진다. 틸라코이드 막(㉡)의 전자 전달계를 따라 고에너지 전자가 이동하면 H⁺은 스트로마(㉢)에서 틸라코이드 내부(㉣)로 이동하여 틸라코이드 내부(㉣)의 pH가 낮아진다.

㉤ 미토콘드리아 기질(㉤)에서 TCA 회로가 일어날 때 NADH와 FADH₂가 생성되는 과정에서 산화 환원 반응이 일어나며, 스트로마(㉢)에서 캘빈 회로가 일어날 때 NADPH가 사용되는 과정에서 산화 환원 반응이 일어난다.

14 광인산화와 산화적 인산화

‘화학 삼투가 일어난다.’는 광인산화와 산화적 인산화가 모두 가지는 특징이고, ‘광계가 관여한다.’는 광인산화만의 특징이다. 따라서 A는 광인산화, B는 산화적 인산화이고, 표 (가)를 완성하면 아래와 같다.

구분	㉠ (광계가 관여한다.)	㉡ (화학 삼투가 일어난다.)
A(광인산화)	?(○)	?(○)
B(산화적 인산화)	×	?(○)

(○: 있음, ×: 없음)

㉠ ㉠은 ‘광계가 관여한다.’이고, ㉡은 ‘화학 삼투가 일어난다.’이다.

✕ O₂는 산화적 인산화(B)가 일어나는 과정에서 사용되는 최종 전자 수용체이다.

㉢ 광인산화(A)와 산화적 인산화(B) 모두 H⁺ 농도 기울기에 따라 H⁺이 ATP 합성 효소를 통해 촉진 확산될 때 ATP가 생성된다.

15 순환적 전자 흐름

순환적 전자 흐름에는 광계 I과 II 중 광계 I만 관여한다. 따라서 A는 광계 I이다.

㉠ 광계 I(A)의 반응 중심 색소는 P₇₀₀이다.

㉡ 비순환적 전자 흐름에는 광계 I과 II가 모두 관여한다.

✕ 순환적 전자 흐름이 일어날 때 고에너지 전자가 방출하는 에너지를 이용하여 H⁺을 스트로마(㉢)에서 틸라코이드 내부(㉣)로 능동 수송하여 H⁺ 농도 기울기를 형성한다. 따라서 ㉢은 스트로마이다.

16 ATP 합성

H⁺ 농도 기울기에 따라 H⁺이 ATP 합성 효소를 통해 이동하는 방향은 미토콘드리아에서는 막 사이 공간에서 미토콘드리아 기질이고, 엽록체에서는 틸라코이드 내부에서 스트로마이다. 따라서 ㉠은 막 사이 공간, ㉡은 미토콘드리아 기질이고, ㉢은 틸라코이드 내부, ㉣은 스트로마이다.

㉤ TCA 회로에 관여하는 효소들은 미토콘드리아 기질(㉤)에 있다.

✕ 미토콘드리아 기질(㉤)에서 막 사이 공간(㉠)으로 H⁺이 농도 기울기를 거슬러 이동할 때에는 에너지가 필요하며, 이때 사용되는 에너지는 고에너지 전자가 방출하는 에너지이다.

㉢ H⁺이 ATP 합성 효소를 통해 촉진 확산될 때 H⁺의 농도가 낮은 ㉢은 스트로마이다.

수능 3점 테스트

본문 78~83쪽

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

01 광합성 색소 추출 실험

크로마토그래피법을 이용하여 시금치 잎의 광합성 색소를 추출하는 실험이 이루어졌다.

✕ 크로마토그래피 과정에서 광합성 색소를 전개시킬 때 시료가 묻어 있는 원점이 전개액보다 위에 오도록 하며, 원점이 전개액에 직접 닿거나 잠기지 않도록 해야 한다. 따라서 ‘원점이 전개액에 잠기도록 넣는다.’는 ㉠로 적절한 방법이 아니다.

㉢ ㉢의 전개율은 $\frac{\text{원점에서 ㉢까지의 거리}}{\text{원점에서 용매 전선까지의 거리}} = \frac{16}{20} = 0.8$

이다.

㉤ 색소의 종류에 따라 전개율이 다른 까닭은 각 색소의 분자량 차이, 전개액에 대한 용해도의 차이, 크로마토그래피 용지에 대한 흡착력 차이 때문이다.

02 미토콘드리아와 엽록체의 공통점과 차이점

A는 미토콘드리아, B는 엽록체이다.

㉠ A는 유기물을 분해하면서 산소를 소모하는 세포 소기관이라고 하였으므로 A는 세포 호흡이 일어나는 미토콘드리아이다.

㉡ 미토콘드리아(A)에서는 유기물에 있는 화학 에너지가 열에너지와 ATP의 화학 에너지로 전환되고, 엽록체(B)에서는 빛에너지가 유기물의 화학 에너지로 전환된다. 따라서 ‘에너지 전환이 일어난다.’는 A와 B의 공통점인 ㉡에 해당한다.

✕ 미토콘드리아(A)는 진핵세포에는 있지만 원핵세포에는 없다. 따라서 ‘원핵세포와 진핵세포에서 모두 관찰된다.’는 미토콘드리아(A)만의 특징인 ㉢에 해당하지 않는다.

03 혈의 실험과 명반응

혈의 실험을 통해서 광합성 과정에서 생성된 O₂는 H₂O에서 유래된 것임을 알 수 있다.

㉠ (가)에서 엽록체가 든 시험관에 빛을 비추면 기체인 ㉠가 발생

하였으므로 ㉔는 O₂이고, O₂는 비순환적 전자 흐름(경로 ㉑)에서 H₂O의 광분해 결과로 생성된다.

✕. 힐의 실험에서 O₂(㉔)가 발생할 때 옥살산 철(III)이 옥살산 철(II)로 환원되는 것으로 보아 광합성의 명반응이 일어날 때 전자를 받아 환원되는 물질이 있다는 것을 알 수 있으며, 엽록체에서 옥살산 철(III)처럼 환원되는 물질은 NADP⁺이다.

✕. 명반응에서 생성되는 ATP에 저장된 에너지는 빛에너지로부터 유래한 것이다.

04 캘빈 회로

A는 3PG, B는 PGAL, C는 RuBP이다.

✕. 3PG(A)와 PGAL(B)은 1분자당 탄소 수가 3이므로 ㉑은 3이고, (나)와 (다)는 각각 3PG와 PGAL 중 하나이다. 그리고 3PG와 PGAL은 모두 1분자당 인산기 수가 1이므로 ㉒은 1이다. 나머지 (가)는 RuBP이고, RuBP는 1분자당 탄소 수가 5, 인산기 수가 2이므로 ㉑은 5이고, ㉒은 2이다. 그러므로 $\frac{㉑}{㉒} = \frac{1}{5}$ 이고, $\frac{㉑}{㉒} = \frac{2}{3}$ 이므로 $\frac{㉑}{㉒} < \frac{㉑}{㉒}$ 이다.

㉑. (가)는 RuBP(C)이다.

㉑. 3PG(A)가 PGAL(B)로 전환되는 과정에서 NADPH가 NADP⁺로 산화된다.

05 화학 삼투

틸라코이드 내부의 pH가 틸라코이드 외부의 pH보다 낮은 상태에서 ATP가 합성된다.

㉑. C에서 ATP가 합성되었으므로 이때 틸라코이드 내부의 pH는 틸라코이드 외부의 pH보다 낮은 상태이다. 따라서 ㉑은 4이고, ㉒은 8이다.

✕. 틸라코이드 내부와 외부 사이에 pH 차이가 없거나 틸라코이드 내부의 pH가 틸라코이드 외부의 pH보다 높은 상태에서는 ATP가 합성되지 않는다. 따라서 틸라코이드 내부와 외부의 pH가 8(㉑)로 동일한 상태에서는 ATP가 합성되지 않으므로 ㉑은 'x'이다.

㉑. ATP 합성 효소를 통해 H⁺이 틸라코이드 내부에서 외부로 방향이 이동할 때 ATP가 합성된다. 따라서 C와 같이 틸라코이드 내부의 pH가 4(㉑)이고, 틸라코이드 외부의 pH가 8(㉑)인 상태에서는 H⁺ 농도 기울기에 의해 H⁺이 틸라코이드 내부에서 외부로 이동하게 되고, 이 과정에서 ATP가 합성된다.

06 명반응의 비순환적 전자 흐름과 산화적 인산화

'막을 경계로 H⁺ 농도 기울기가 형성된다.'와 '고에너지 전자의 이동이 일어난다.'는 광합성 명반응에서의 비순환적 전자 흐름과 산화적 인산화 과정에서의 전자 흐름 모두에 해당되는 특징이고, '물의 광분해가 일어난다.'는 광합성 명반응에서의 비순환적 전자 흐름에만 해당되는 특징이다. 따라서 3가지 특징을 모두 가지는

B는 광합성 명반응에서의 비순환적 전자 흐름이고, 나머지 A는 산화적 인산화 과정에서의 전자 흐름이다.

✕. 산화적 인산화 과정에서의 전자 흐름은 '막을 경계로 H⁺ 농도 기울기가 형성된다.'와 '고에너지 전자의 이동이 일어난다.'의 2가지 특징을 가지므로 ㉑은 2이다.

✕. 산화적 인산화 과정에서의 전자 흐름(A)이 일어날 때 NADH가 소모되고, 광합성 명반응에서의 비순환적 전자 흐름(B)에서는 NADH가 소모되지 않는다.

㉑. 산화적 인산화 과정에서의 전자 흐름(A)과 광합성 명반응에서의 비순환적 전자 흐름(B)에서 생성되는 ATP는 모두 화학 삼투에 의한 것이다.

07 벤슨의 실험과 탄소 고정 반응

탄소 고정 반응에 투입되는 ㉑은 CO₂이므로 ㉒은 빛이고, 탄소 고정 반응에 두 차례 투입되는 ㉑은 ATP이므로 ㉑은 NADPH이다.

㉑. ㉑과 ㉒ 중 탄소 고정 반응에 투입되는 ㉑은 CO₂이다.

✕. NADPH(㉑)는 명반응에서 합성된다. 그런데 t₁ 때에는 빛(㉒)이 없는 상태이기 때문에 NADPH(㉑)가 생성되지 않는다. 그리고 t₂일 때에는 빛(㉒)이 있는 상태이므로 NADPH(㉑)가 생성된다.

✕. CO₂(㉑)가 결합하는 B는 RuBP이고, CO₂(㉑)가 RuBP(B)와 결합하여 생성된 C는 3PG이며, 나머지 A는 PGAL이다. PGAL(A)의 1분자당 인산기 수는 1이고, RuBP(B)의 1분자당 인산기 수는 2이다. 따라서 PGAL(A)의 1분자당 인산기 수는 RuBP(B)의 1분자당 인산기 수보다 적다.

08 광계와 광합성 색소의 흡수 스펙트럼

㉑은 반응 중심 색소, ㉒은 보조 색소(안테나 색소)이며, ㉓는 엽록소 a, ㉔는 엽록소 b이다.

㉑. 광계 II의 반응 중심 색소(㉑)에서 방출된 전자는 전자 전달계를 따라 광계 I로 이동하여 산화된 상태의 광계 I의 반응 중심 색소를 환원시킨다.

㉑. 광합성을 하는 모든 식물은 광합성 색소로서 엽록소 a(㉓)를 공통적으로 가지고 있다.

㉑. 반응 중심 색소(㉑)는 엽록소 a로 구성되며, 엽록소 b는 보조 색소(안테나 색소, ㉒)에 해당한다.

09 명반응

(가)는 명반응의 비순환적 전자 흐름을 나타낸 것이고, A는 광계 II, B는 광계 I이다.

✕. 엽록체에 빛이 비추어지면 H⁺은 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송되면서 틸라코이드 내부의 pH는 낮아진다. 따라서 ㉑은 틸라코이드 내부이다.

㉠. 구간 I에서 H⁺이 틸라코이드 내부(㉠)로 이동하는 것은 능동 수송에 의한 것이며, 이때 H⁺의 이동에는 과정 ㉡에서 고에너지 전자가 방출하는 에너지가 사용된다.

㉡. 광계 II (A)의 반응 중심 색소가 가장 잘 흡수하는 빛의 파장은 680 nm이고, 광계 I (B)의 반응 중심 색소가 가장 잘 흡수하는 빛의 파장은 700 nm이다. 그러므로 반응 중심 색소가 가장 잘 흡수하는 빛의 파장은 A에서보다 B에서보다 짧다.

10 광합성 반응

광합성에서 일어나는 반응 ㉠~㉣ 중 명반응에서 일어나는 반응은 ㉠, ㉡이고, 캘빈 회로에서 일어나는 반응은 ㉢, ㉣, ㉤이다.

㉡. ㉠은 2이고, ㉢는 3이므로 ㉠ < ㉢이다.

㉢. 틸라코이드 막에서 비순환적 전자 흐름이 일어날 때 전자 공여체인 H₂O의 광분해 반응(㉢)과 화학 삼투에 의해서 ATP가 합성되는 반응(㉤)이 모두 일어난다.

㉣. 3PG가 PGAL로 전환되는 반응(㉣)에서 NADPH가 NADP⁺로 산화되는 반응(㉤)이 함께 일어난다.

11 캘빈의 실험

캘빈의 실험에서 맨 처음 검출되는 ¹⁴C 포함 유기물인 ㉠은 3PG이고, 나머지 ㉡은 RuBP이다.

㉠. (가)에서 t₁일 때 ¹⁴C를 포함하는 RuBP(㉡)의 생성량은 0이므로 t₁일 때 얻은 세포 추출물의 크로마토그래피 전개 결과는 B이다.

㉡. ¹⁴CO₂가 고정되어 생성된 물질은 3PG(㉠)이다.

㉢. 3PG(㉠)의 1분자당 탄소 수는 3이고, RuBP(㉡)의 1분자당 탄소 수는 5이다. 따라서 1분자당 $\frac{\text{㉡의 탄소 수}}{\text{㉠의 탄소 수}} = \frac{5}{3}$ 로 1보다 크다.

12 세포 호흡과 광합성

(가)는 캘빈 회로, (나)는 TCA 회로이며, ㉠은 H₂O, ㉡은 O₂, ㉢은 CO₂이다.

㉡. 과정 ㉠에서 생성되는 ATP는 화학 삼투에 의한 것이고, 과정 ㉢에서 생성되는 ATP는 기질 수준 인산화 반응에 의한 것이다.

㉢. 포도당 1분자가 생성될 때 분해되는 H₂O(㉠)의 분자 수는 12이고, 캘빈 회로(가)에서 고정되는 CO₂(㉡)의 분자 수는 6이다. 따라서 포도당 1분자가 생성될 때

$\frac{\text{(가)에서 고정되는 ㉡의 분자 수}}{\text{분해되는 ㉠의 분자 수}} = \frac{1}{2}$ 이다.

㉣. 산화적 인산화 과정에서 1분자의 NADH가 산화될 때 최종 전자 수용체인 O₂(㉢)는 $\frac{1}{2}$ 분자가 소모된다. 따라서 10분자의 NADH가 산화되면 5분자의 O₂(㉢)가 소모된다.

06 유전 물질

수능 2점 테스트 본문 90~94쪽

01 ㉠ 02 ㉠ 03 ㉠ 04 ㉠ 05 ㉠ 06 ㉠ 07 ㉠
 08 ㉢ 09 ㉢ 10 ㉠ 11 ㉠ 12 ㉠ 13 ㉠ 14 ㉢
 15 ㉠

01 원핵세포와 진핵세포의 유전체

(가)는 사람, (나)는 대장균이다.

㉠. 선형 DNA를 갖는 (가)는 사람이다.

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

㉢. 사람의 유전체 DNA에는 인트론이 있으므로 ㉠은 '○'이다. 대장균은 젓당 오페론 등 오페론이 있으므로 ㉡은 '○'이다.

02 허시와 체이스의 실험

원심 분리 후 시험관의 상층액에는 파지의 단백질 껍질이 있고, 시험관의 침전물에는 파지의 DNA가 들어간 대장균이 있다. ³²P은 DNA를 표지하고, ³⁵S은 단백질을 표지한다. ㉠으로 표지된 파지를 이용한 실험 결과 상층액 I에서 방사선이 검출되었으므로 ㉠은 ³⁵S, ㉡은 ³²P이다.

㉢. ㉠은 ³⁵S이다.

㉣. ³²P(㉡)으로 파지의 DNA를 표지한 후 원심 분리한 결과 파지의 DNA가 들어간 대장균이 있는 침전물 IV에서는 방사선이 검출된다.

㉤. 침전물 II에는 대장균 내부로 들어간 파지의 DNA가 있으므로 II에는 대장균과 파지의 DNA가 모두 있다.

03 에이버리의 실험

열처리로 죽은 S형 균의 추출물에 DNA 분해 효소를 처리한 후 살아 있는 R형 균과 혼합하여 배양하면 형질 전환이 일어나지 않으므로 살아 있는 R형 균만 관찰된다. 따라서 ㉠은 R형 균, ㉡은 S형 균이다.

㉢. ㉠은 R형 균이다.

㉣. 열처리로 죽은 S형 균의 추출물에 단백질 분해 효소를 처리한 후 살아 있는 R형 균과 혼합하여 배양하는 과정에서 S형 균의 DNA에 의해 살아 있는 R형 균이 S형 균으로 형질 전환이 일어나 살아 있는 S형 균(㉢)이 관찰되었다. 과정 I에서 형질 전환이 일어났다.

㉤. RNA 분해 효소를 처리한 경우 S형 균의 DNA는 분해되지 않으므로 형질 전환 물질인 DNA에 의해 형질 전환이 일어나 살

아 있는 S형 균(㉠)이 관찰된다. 따라서 '살아 있는 ㉠이 관찰됨'은 ㉡에 해당한다.

04 그리피스의 실험

살아 있는 ㉠을 주사한 쥐가 죽었으므로 폐렴을 유발하는 ㉠은 S형 균이고, 나머지 폐렴을 유발하지 않는 ㉡은 R형 균이다.

✕. ㉠은 S형 균이다.

㉠. 열처리로 죽은 S형 균(㉠)에 있던 형질 전환 물질이 살아 있는 R형 균(㉡)으로 이동하여 R형 균이 S형 균으로 형질 전환이 일어나 I이 죽은 것이다. 따라서 I에서 살아 있는 S형 균(㉠)이 발견되었다.

✕. 이 실험에서는 형질 전환 물질이 유전 물질이라고 결론을 내렸지만 유전 물질이 DNA라고 결론을 내리지 않았다.

05 DNA의 구조

㉠은 DNA를 구성하는 당인 디옥시리보스이다. 염기 간 결합에 해당하는 ㉡은 수소 결합이다. ㉢은 퓨린 계열 염기이고, 염기 사이에 2개의 수소 결합을 형성하므로 아데닌(A)이다.

✕. 디옥시리보스(㉠)의 구성 원소에는 탄소(C), 수소(H), 산소(O)가 있고, 질소(N)는 없다.

㉠. 염기 간 형성된 ㉡은 수소 결합에 해당한다.

㉠. X는 100개의 뉴클레오타이드로 구성되므로 50개의 염기쌍으로 구성된다. A와 T의 염기쌍 개수를 x , G와 C의 염기쌍 개수를 y 라고 할 때, $x+y=50$ 이다. X에서 수소 결합(㉡)의 총개수는 120개이므로 $2x+3y=120$ 이다. x 는 30, y 는 20이므로 A(㉢)과 T의 염기쌍 개수는 30개이다. 따라서 X에서 A(㉢)의 개수는 30개이다.

06 DNA 복제

DNA 복제 과정에서 새로 합성되는 가닥은 5' → 3' 방향으로 합성이 진행된다. 복제 주형 가닥 (나)에 프라이머 ㉢이 결합하여 I이 5' → 3' 방향으로 합성되었으므로 복제 주형 가닥 (나)의 ㉢는 5' 말단이다.

㉠. ㉢는 5' 말단이다.

✕. 복제 주형 가닥 (가)로부터 새로 합성된 가닥은 불연속적으로 합성되므로 지연 가닥에 해당하고, (나)로부터 새로 합성되는 가닥은 연속적으로 합성되므로 I은 선도 가닥에 해당한다.

✕. (가)로부터 새로 합성되는 가닥은 지연 가닥으로 복제 진행 방향과 반대 방향으로 합성된다. 복제 진행 방향은 왼쪽 방향이므로 ㉠이 ㉡보다 먼저 합성되었다.

07 메셀슨과 스탈의 실험

모든 DNA가 ㉠으로 표지된 대장균(G_0)은 상층과 하층 중 하나에만 DNA가 존재하므로 G_0 은 II와 III 중 하나이다. G_0 이 III이

라면 ㉠은 ^{14}N 이고, G_1 에서 DNA 상대량이 상층 : 중층 : 하층 = 0 : 8 : 0인 것을 만족하는 IV가 있으나, G_2 에서 DNA 상대량이 상층 : 중층 : 하층 = 8 : 8 : 0인 것을 만족하는 것이 없다. 따라서 G_0 은 II이고, 하층의 DNA 상대량이 2이므로 ㉠은 ^{15}N 이다. G_1 은 DNA 상대량이 상층 : 중층 : 하층 = 0 : 4 : 0이고, G_2 는 DNA 상대량이 상층 : 중층 : 하층 = 0 : 4 : 4이며, G_3 은 DNA 상대량이 상층 : 중층 : 하층 = 4 : 12 : 0이다. 따라서 G_1 은 IV, G_2 는 I, G_3 은 III이다. 표를 정리하면 다음과 같다.

구분	DNA 상대량				
	I (G_2)	II (G_0)	III (G_3)	IV (G_1)	G_4
상층	0	?(0)	4	0	?(20)
중층	4	?(0)	?(12)	㉠(4)	?(12)
하층	㉡(4)	2	0	0	?(0)

㉠. ㉠은 ^{15}N 이다.

㉠. ㉡는 4, ㉢는 4이므로 ㉡+㉢=8이다.

㉠. G_4 는 DNA 상대량이 상층 : 중층 : 하층 = 20 : 12 : 0이다. 따라서 G_4 의 DNA 상대량은 상층이 중층보다 많다.

08 DNA의 구조

X에서 ㉠은 퓨린 계열 염기이고, 염기 사이에 3개의 수소 결합을 형성하므로 ㉠은 G이다. ㉡이 A이면 ㉠과 ㉡은 모두 퓨린 계열 염기이고, 이중 나선 DNA에서 퓨린 계열 염기의 개수와 피리미딘 계열 염기의 개수가 같으므로 I과 II에서 모두 $\frac{㉠+㉡}{㉢+㉣}=1$ 이

어야 하나 그렇지 않다. 따라서 ㉡은 A가 아니다. X에는 A와 T이 각각 4개, G와 C이 각각 2개가 있다. ㉡이 T이면 $\frac{㉠+㉡}{㉢+㉣}=1$ 이지만 I과 II는 모두 만족하지 않으므로 ㉡은 C이다. X에서 $\frac{㉠+㉡}{㉢+㉣} = \frac{G+C}{A+T} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$ 이므로 X는 I이고, Y는 II이다.

㉠. ㉡은 사이토신(C)이다.

㉠. Y(II)에서 $\frac{㉠+㉡}{㉢+㉣} = \frac{G+C}{A+T} = 2$ 이므로 Y에는 G와 C이 각각 4개, A와 T이 각각 2개가 있다. Y에서 $\frac{㉠}{㉢} = \frac{G}{T}$ (또는 $\frac{G}{A}$) = $\frac{4}{2} = 2$ 이다.

✕. 염기 간 수소 결합의 총개수는 I에서 $(2 \times 4) + (3 \times 2) = 14$ 개이고, II에서 $(2 \times 2) + (3 \times 4) = 16$ 개이다. 따라서 염기 간 수소 결합의 총개수는 I에서가 II에서보다 2개 적다.

09 DNA 복제

㉠은 DNA 연결 효소, ㉡과 ㉢은 모두 DNA 중합 효소이다.

㉠. ㉠은 DNA 연결 효소이다.

✕. DNA 중합 효소(㉡)는 주형 가닥과 상보적인 염기를 갖는 뉴

클레오타이드를 결합시키면서 새로운 가닥을 합성한다. ㉔은 자연 가닥을 합성한다.

㉕. 선도 가닥을 합성하는 DNA 중합 효소(㉕)는 복제 진행 방향과 같은 방향으로 이동한다.

10 DNA 복제

㉑의 5' 말단의 염기가 유라실(U)이므로 ㉑은 프라이머이다. 새로 합성된 가닥인 Ⅲ은 5' → 3' 방향으로 합성이 일어나므로 I의 ㉑는 3' 말단이다.

㉒. ㉑는 3' 말단이다.

㉓. I와 Ⅲ은 자연 가닥이다. 복제 진행 방향은 I의 5' 말단에서 3' 말단 방향이므로 I가 먼저 합성되고, Ⅲ이 나중에 합성되었다.

㉔. II에서 $\frac{G+C}{A+T} = \frac{2}{3}$ 이므로 G+C은 6개, A+T은 9개이다. III에서 $\frac{G+C}{A+T} = \frac{3}{4}$ 이므로 G+C은 6개, A+T은 8개, U은 1개이다. 따라서 염기 간 수소 결합의 총개수는 I과 II 사이에서와 I과 III 사이에서가 36개로 서로 같다.

11 사가프의 법칙

X는 150개의 염기쌍으로 구성되므로 X₁과 X₂에서 염기 개수는 각각 150개이다. A+T의 함량이 X₁에서 42%이므로 X₂에서도 42%이다. 따라서 X₁과 X₂에서 각각 A과 T의 개수를 더한 값은 63개이고, G과 C의 개수를 더한 값은 87개이다. ㉑과 ㉒

은 모두 피리미딘 계열 염기이고, X₂에서 $\frac{㉒}{㉑} = \frac{3}{5}$ 이므로 ㉑과 ㉒은 서로 다르며, 각각 T과 C 중 하나이다. ㉑이 T이면 X₁에서 $\frac{㉑(T)}{A} = \frac{3}{4}$ 이므로 A의 개수는 36개, T의 개수는 27개이고, 상보적인 가닥인 X₂에서 T의 개수는 36개이지만 X₂에서 $\frac{㉒(C)}{㉑(T)} = \frac{3}{5}$ 인 조건에서 T의 개수가 5의 배수인 것과 모순이다. 따라서

㉑은 C이고, ㉒은 T이다. X₁에서 $\frac{㉑(C)}{A} = \frac{3}{4}$ 이므로 A의 개수를 4k, C의 개수를 3k로 하면 T의 개수는 63-4k, G의 개수는 87-3k이다. X₁과 상보적인 X₂에서 ㉑(C)의 개수는 87-3k,

㉒(T)의 개수는 4k이다. X₂에서 $\frac{㉒(T)}{㉑(C)} = \frac{3}{5}$ 이므로 $\frac{4k}{87-3k} = \frac{3}{5}$ 이고, k=9이다. 따라서 X₁에서 A은 36개, T은 27개, G은 60개, C은 27개이고, X₂에서 A은 27개, T은 36개, G은 27개, C은 60개이다.

X. ㉑은 사이토신(C)이다.

㉓. X₁에서 ㉓(T)의 개수는 27개이고, X₂에서 G의 개수는 27개이다.

㉔. X₁에서 $\frac{A+G}{C+T} = \frac{87+k}{63-k} (= \frac{36+60}{27+27})$ 이므로 1보다 크고, X₂에서 $\frac{A+G}{C+T} = \frac{63-k}{87+k} (= \frac{27+27}{60+36})$ 이므로 1보다 작다. 따라서 $\frac{A+G}{C+T}$ 은 X₁에서가 X₂에서보다 크다.

12 사가프의 법칙

A과 T 사이에서 2개의 수소 결합이, G과 C 사이에서 3개의 수소 결합이 형성되고, X₁과 X₂ 사이에서 A과 T 간 수소 결합의 총개수와 G과 C 간 수소 결합의 총개수가 같으므로 X에서 A+T의 개수는 G+C의 개수의 1.5배이다. X에서 ㉑과 ㉒이 수소 결합을 형성하고, ㉓과 ㉔이 수소 결합을 형성하므로 X₁에서 ㉑과 ㉒의 개수는 각각 X₂에서 ㉓과 ㉔의 개수와 같고, X₁에서 ㉓과 ㉔의 개수는 각각 X₂에서 ㉑과 ㉒의 개수와 같다. X₂에서 $\frac{㉒}{㉑} = \frac{4}{7}$ 이므로 X₁에서 $\frac{㉑}{㉒} = \frac{4}{7}$ 이다. X₁에서 $\frac{㉑}{㉒} = \frac{2}{3}$ 이므로 X₁에서 ㉑의 개수는 2k, ㉒의 개수는 3k, ㉓의 개수는 3.5k이다. X₁에서 ㉑+㉒의 개수는 5k이고, ㉓+㉔의 개수의 1.5배가 5k가 될 수 없으므로 ㉓+㉔의 개수는 ㉑+㉒의 개수(5k)의 1.5배인 7.5k이다. 따라서 X₁에서 ㉓의 개수는 4k이다. X₁에서 $\frac{C}{T} = \frac{3}{4}$ 이므로 ㉓은 사이토신(C), ㉔은 타이민(T)이고, ㉒에 상보적인 ㉑은 구아닌(G), ㉓에 상보적인 ㉔은 아데닌(A)이다. X₂에서 ㉓의 개수는 3.5k이고, ㉔의 개수는 4k이다. X₂에서 ㉓의 개수는 ㉔의 개수보다 3개 적으므로 4k-3.5k=3에서 k=6이다. X₁과 X₂에서 염기 수는 표와 같다.

구분	염기 수(개)			
	A(㉓)	C(㉒)	G(㉑)	T(㉔)
X ₁	21	18	12	24
X ₂	24	12	18	21

㉑. ㉓은 아데닌(A)이다.

㉓. X₁에서 ㉑(G)의 개수는 12개이다.

㉔. X에서 A과 T의 염기쌍 수는 45, G과 C의 염기쌍 수는 30이므로 X에서 염기 간 수소 결합의 총개수는 (45×2)+(30×3)=180개이다.

13 사가프의 법칙

I에서 유라실(U)이 20개이므로 I은 mRNA인 y이다. II에서 ㉑의 염기 개수가 60개이지만 I(y)에서 ㉑을 제외하고 염기 개수가 60개인 경우가 없으므로 y는 II로부터 전사되지 않고 III로부터 전사되었다. III에서 타이민(T)이 60개이므로 I(y)에서 아데닌(A)도 60개이다. 따라서 ㉑은 아데닌(A)이다. III에서 ㉑(A)은 20개, ㉓은 50개이므로 피리미딘 계열 염기의 개수 / 퓨린 계열 염기의 개수

$= \frac{9}{11}$ 인 조건을 만족하지 못한다. 따라서 Ⅲ은 x_2 이고, Ⅱ는 x_1 이다. I과 Ⅱ에서 ㉠~㉢의 염기 수는 같으므로 x_1 (Ⅱ)에서 피리미딘 계열 염기의 개수 = $\frac{9}{11}$ 인 조건을 만족하는 ㉠은 구아닌(G), ㉢은 사이토신(C)이다. 표를 정리하면 다음과 같다.

구분	염기 수(개)				
	㉠(A)	㉡(G)	㉢(C)	T	U
I(y)	?(60)	50	70	?(0)	20
Ⅱ(x_1)	60	?(50)	?(70)	?(20)	?(0)
Ⅲ(x_2)	?(20)	70	?(50)	60	?(0)

㉡. ㉢은 사이토신(C)이다.

Ⅹ. y(I)는 x_2 (Ⅲ)로부터 전사되었다.

Ⅹ. x_1, x_2, y 를 구성하는 염기의 개수는 각각 200개이다. x_1 과 x_2 로 구성된 x 를 구성하는 염기의 개수는 400개이다.

14 DNA 중합 효소

DNA 중합 효소는 이미 만들어져 있는 폴리뉴클레오타이드의 3' 말단에 새로운 뉴클레오타이드를 결합시키므로 DNA 복제는 5' → 3' 방향으로 일어난다. 프라이머가 있는 가닥이 새로 합성된 가닥이며, 상보적인 가닥은 주형 가닥이다.

㉠. DNA 중합 효소는 주형 가닥을 따라 3' → 5' 방향으로 이동하므로 ㉠은 5' 말단이다.

㉡. ㉠의 상보적인 염기는 아데닌(A)이므로 ㉠은 타이민(T)이다. ㉠(T)은 피리미딘 계열 염기이다.

Ⅹ. ㉠은 프라이머를 구성하는 뉴클레오타이드의 당이다. RNA 프라이머이므로 ㉠은 리보스이다. ㉢은 DNA를 구성하는 뉴클레오타이드의 당이므로 디옥시리보스이다.

15 DNA 복제

Ⅱ에서 $\frac{G+C}{A+T} = \frac{2}{3}$ 이므로 Ⅱ에는 A+T이 15개, G+C이 10개 있다. Ⅱ에서 $\frac{A}{T} = \frac{2}{3}$ 이므로 A는 6개, T는 9개이다. X의 염기 서열은 5'-UUAAA-3'이고 I에서 $\frac{G+C}{A+T} = \frac{5}{11}$ 이므로

I에는 A+T이 33개, G+C이 15개, U이 2개 있다. I은 Ⅱ와 Ⅲ과 각각 상보적이므로 I에서 A+T+U의 개수(35개)는 Ⅱ와 Ⅲ에서 A+T의 개수와 같으므로 Ⅲ에서 A+T은 20개이다. Ⅲ에서 나머지 G+C은 5개이다. Ⅲ에서 Z에는 G+C이 5개 있으므로 Z를 제외한 나머지 부분에는 A+T이 20개 있다.

㉠. I은 선도 가닥이다.

Ⅹ. (가)의 5' 말단 염기는 Z의 5' 말단 염기와 같다. Z의 염기 서열이 5'-GCCCC-3'이므로 (가)의 5' 말단 염기는 G이고 퓨린 계열 염기이다. (나)의 5' 말단 염기는 (가)의 3' 말단 염기와 상보

적이다. X의 염기 서열이 5'-UUAAA-3'이므로 (가)의 3' 말단 염기는 A이다. 따라서 (나)의 5' 말단 염기는 T이고, 피리미딘 계열 염기이다.

Ⅹ. I에서 G+C이 15개이고, $\frac{G}{C} = \frac{1}{2}$ 이므로 G는 5개, C는 10개이다. 따라서 Ⅱ와 Ⅲ에는 C이 5개, G이 10개 있다. Z에 C이 4개 있으므로 Ⅱ에서 Y를 제외한 나머지 부분에 C이 1개 있다. Ⅱ에 G+C이 10개이고, Y의 염기 서열은 5'-AAAAG-3'이므로 Ⅱ에서 Y를 제외한 나머지 부분에서 G는 8개이다. Ⅲ에서 Z를 제외한 나머지 부분에서 A+T은 20개이고, Z에서 C이 4개, G이 1개이다. A의 개수가 T의 개수보다 많고, 피리미딘 계열 염기(T, C)의 개수가 퓨린 계열 염기(A, G)의 개수보다 많은 조건을 동시에 만족하는 경우는 Ⅲ에서 Z를 제외한 나머지 부분에서 A는 11개, T은 9개인 경우이다. 따라서 Ⅱ에서 Y를 제외한 나머지 부분에서 G의 개수(8개)와 Ⅲ에서 Z를 제외한 나머지 부분에서 T의 개수(9개)는 서로 다르다.

수능 3점 테스트

본문 95~99쪽

01 ㉢ 02 ㉤ 03 ㉠ 04 ㉡ 05 ㉤ 06 ㉡ 07 ㉤

01 유전 물질 연구 관련 실험

(가)는 허시와 체이스의 실험, (나)는 메셀슨과 스탈의 실험, (다)는 그리피스의 실험이다.

㉠. 허시와 체이스의 실험에서 상층액에는 박테리오파지의 단백질이 있고, 침전물에는 박테리오파지의 DNA가 들어간 대장균이 있다. (가)의 결과 상층액에서 방사선이 검출되었으므로 ㉠으로 박테리오파지의 단백질을 표지한 것이다. ㉠은 ^{35}S 이다.

㉡. (나)에서 2세대 대장균(G_2)의 DNA를 추출하고 원심 분리한 결과 상층($^{14}\text{N}-^{14}\text{N}$)에 DNA가 존재하였으므로 ㉡은 ^{14}N 이고, 나머지 ㉢은 ^{15}N 이다.

Ⅹ. (가)는 유전 물질이 DNA임을 밝힌 실험(1952년)이고, (나)는 DNA의 반보존적 복제를 증명한 실험(1958년)이며, (다)는 형질 전환을 일으킨 물질이 유전 물질이라고 결론을 내린 실험(1928년)이다. (가)~(다) 중 가장 먼저 실시된 실험은 (다)이다.

02 샤가프의 법칙

x_2 에서 $\frac{A}{T} = \frac{2}{5}$, $\frac{C}{G} = \frac{3}{4}$ 인 조건에서 A의 개수를 $2k$, T의 개수를 $5k$, C의 개수를 $3l$, G의 개수를 $4l$ 로 하면 x에서 $\frac{G+C}{A+T}$

$= \frac{14l}{14k} = \frac{2}{3}$ 이고, $2k=3l$ 이다. x_2 에서 A의 개수는 $3l$, T의 개수는 $7.5l$, C의 개수는 $3l$, G의 개수는 $4l$ 이고, x 에서 염기 간 수소 결합의 총개수는 $(10.5l \times 2) + (7l \times 3) = 168$ 개이므로 l 은 4이다. 따라서 x_1 과 x_2 의 염기 수는 표와 같다. y_1 에서 G의 개수는 30개이므로 y_2 에서 C의 개수는 30개이고, y_2 에서 T의 개수는 12개이므로 y_1 에서 A의 개수는 12개이다. y_1 에서 $\frac{C}{A} = \frac{3}{4}$ 이므로 C의 개수는 9개이다. 염기 개수는 x 와 y 에서 서로 같으므로 y_1 에서 T의 개수는 19개이다. 나머지를 표에 정리하면 다음과 같다.

구분	염기 수(개)			
	A	T	C	G
x_1	30	12	16	12
x_2	12	30	12	16
y_1	12	19	9	30
y_2	19	12	30	9

- ㉠ x_1 에서 뉴클레오타이드의 총개수는 염기의 개수의 합과 같으므로 70개이다.
 ㉡ y_2 에서 아데닌(A)의 개수는 y_1 에서 타이민(T)의 개수와 같으므로 19개이다.
 ㉢ y 에서 염기 간 수소 결합의 총개수는 $(31 \times 2) + (39 \times 3) = 179$ 개이다. 염기 간 수소 결합의 총개수는 179개인 y 에서가 168개인 x 에서보다 11개 많다.

03 형질 전환 실험

첨가한 추출물이 X인 I과 II에서 생쥐가 모두 살았으므로 살아 있는 R형 균이 S형 균으로 형질 전환이 일어나지 않았고, X는 단백질이다. 나머지 Y는 DNA이다. DNA(Y)와 효소 ⑥를 첨가한 IV에서 생쥐가 죽었으므로 살아 있는 R형 균이 S형 균으로 형질 전환되었고, ⑥는 DNA 분해 효소가 아니라 단백질 분해 효소이다. 나머지 ③는 DNA 분해 효소이다.

- ㉠ DNA 분해 효소(③)의 기질은 DNA(Y)이다.
 X. III에는 DNA(Y)와 DNA 분해 효소(③)를 첨가하였으므로 DNA가 분해되어 살아 있는 R형 균이 S형 균으로 형질 전환이 일어나지 않는다. 따라서 생쥐의 생존 여부(㉠)는 '산다'이다. VI에는 단백질(X), DNA(Y), 단백질 분해 효소(⑥)를 첨가하였으므로 DNA가 분해되지 않아 살아 있는 R형 균이 S형 균으로 형질 전환이 일어난다. 따라서 생쥐의 생존 여부(㉡)는 '죽는다'이다.
 X. (다)의 IV에는 DNA(Y)와 단백질 분해 효소(⑥)를 첨가하였으므로 DNA에 의해 살아 있는 R형 균이 S형 균으로 형질 전환되었고, (라)에서 생쥐가 죽은 것이다. (다)의 IV에서 살아 있는 S형 균이 관찰된다. (다)의 V에는 단백질(X), DNA(Y), DNA 분해 효소(③)를 첨가하였고, ㉢은 '산다'이므로 DNA가 분해되어 살아 있는 R형 균이 S형 균으로 형질 전환이 일어나지 않는다.

다. 따라서 (다)의 V에서 살아 있는 S형 균이 관찰되지 않는다.

04 DNA의 구조

정상적인 이중 가닥 DNA 모형인 X는 5회전하였으므로 50개 염기쌍으로 이루어져 있다. X를 구성하는 수소 결합 막대 부품의 총개수는 129개이므로 X에서 A와 T의 염기쌍은 21개, G와 C의 염기쌍은 29개이다. X를 만들기 위해 필요한 부품은 디옥시리보스가 100개, 인산이 100개, A이 21개, T이 21개, G이 29개, C이 29개이다. 남은 부품으로 Y를 만들고 남은 인산 부품이 38개이므로 인산 부품은 62개 사용하였고, Y는 31개 염기쌍으로 이루어져 있다. Y를 만들고 남은 부품으로 이중 가닥 DNA 모형을 만들 수 없으므로 남은 수소 결합 막대 부품은 0개와 1개 중 하나이다. 남은 수소 결합 막대 부품이 0개인 경우 Y를 구성하는 수소 결합 막대 부품의 총개수가 71개이고, Y에서 A와 T의 염기쌍은 22개, G와 C의 염기쌍은 9개이다. 이때 Y를 만들고 남은 A이 4개이므로 준비한 A의 개수(㉠)는 47개이고, Y를 만들고 남은 C이 4개이므로 준비한 C의 개수(㉡)는 42개이다. ㉠ - ㉡ = 5이므로 조건을 만족시키지 못한다. 따라서 남은 수소 결합 막대 부품은 1개이고, Y를 구성하는 수소 결합 막대 부품의 총개수가 70개이며, Y에서 A와 T의 염기쌍은 23개, G와 C의 염기쌍은 8개이다. 이때 Y를 만들고 남은 A이 4개이므로 준비한 A의 개수(㉠)는 48개이고, Y를 만들고 남은 C이 4개이므로 준비한 C의 개수(㉡)는 41개이다. 남은 G와 T은 각각 2개이므로 처음 준비한 G의 개수(㉢)는 39개, T의 개수(㉣)는 46개이다.

X. ㉠은 46이다.

㉡. Y를 만드는 데 사용한 인산 부품이 62개이므로 디옥시리보스 부품도 62개 사용한 것이고, Y는 뉴클레오타이드 62개로 구성된다.

X. X를 만드는 데 필요한 G와 C의 개수는 모두 29개이다. X를 만들고 남은 G의 개수는 $39 - 29 = 10$ 개이고, C의 개수는 $41 - 29 = 12$ 개이다. 따라서 X를 만들고 남은 부품의 개수는 구아닌(G)이 사이토신(C)보다 적다.

05 DNA 복제 가설과 DNA 복제

실험 결과에서 I이 중충이면 I의 DNA 상대량이 G_2 에서 G_1 에서의 2배일 수 없으므로 I은 하충, II는 중충이다. I(하충)의 DNA 상대량이 G_2 에서 G_1 에서의 2배이므로 G_0 은 모든 DNA가 ^{15}N 로 표지되어 있고, ㉠은 ^{15}N 가 들어 있는 배지이며, ㉡은 ^{14}N 가 들어 있는 배지이다. ㉢가 ㉠(^{15}N 가 들어 있는 배지)이면 II(중충)의 DNA 상대량은 G_3 과 G_5 에서 서로 같으므로 ㉣는 ㉠이 아니다. ㉣는 ㉡이고, II(중충)의 DNA 상대량이 G_5 에서 G_3 에서의 3배인 조건을 만족한다.

㉠. ㉢는 ㉡이다.

㉡. 가설 1은 보존적 복제 가설, 가설 2는 반보존적 복제 가설이

다. 모든 DNA가 ^{15}N 로 표지된 G_0 을 ①(^{15}N 가 들어 있는 배지)에서 배양하여 얻은 G_2 에서는 모든 DNA가 하층에 있다. G_2 를 ②(^{14}N 가 들어 있는 배지)에서 배양하여 얻은 G_3 에서는 모든 DNA가 중층에 있다. 따라서 G_3 의 결과는 반보존적 복제 가설인 가설 2를 만족시킨다.

㉔. G_5 를 ①(^{15}N 가 들어 있는 배지)에서 배양하여 얻은 6세대 대장균(G_6)으로부터 DNA를 추출하고 원심 분리한 결과 DNA 상대량의 비는 상층 : 중층 : 하층 = 0 : 5 : 3이다. 따라서

$$\frac{\text{I(하층)의 DNA 상대량}}{\text{II(중층)의 DNA 상대량}} = \frac{3}{5} \text{이다.}$$

06 DNA 복제

t_2 일 때 ㉔에 Z가 있으므로 ㉔이 지연 가닥이다. Z의 염기 서열은 I의 5' 말단에서 4번째까지 염기 서열인 5'-CAAG-3'과 같다. 따라서 Z의 염기 서열은 5'-CAAG-3'이고, ㉔에 있는 다른 프라이머(X와 Y 중 하나)의 염기 서열은 5'-UGCC-3'이다. 선도 가닥인 ㉔에 있는 프라이머(X와 Y 중 하나)의 염기 서열은 5'-CGUA-3'이다. 피리미딘 계열 염기의 개수는 X가 Y보다 많으므로 ㉔에 있는 프라이머가 X이고, X의 염기 서열은 5'-UGCC-3'이다. 나머지 ㉔에 있는 프라이머가 Y이고 Y의 염기 서열은 5'-CGUA-3'이다.

㉘. ㉔에 Y가 있다.

㉔. ①의 3' 말단에서 2번째 염기는 I의 3' 말단에서 19번째 염기인 G과 상보적인 염기이므로 C이다. Z의 염기 서열은 5'-CAAG-3'이므로 Z의 5' 말단 염기는 C이다.

㉘. ㉔에 속하는 I의 일부와 II의 일부는 서로 상보적이므로 퓨린 계열 염기의 개수와 피리미딘 계열 염기의 개수가 서로 같다.

㉔에서 $\frac{\text{피리미딘 계열 염기의 개수}}{\text{퓨린 계열 염기의 개수}} = 1$ 이다. ㉔은 I과 상보적인

II로부터 새로 합성된 가닥이므로 ㉔의 염기 서열은

5'-UGCCAAGGTTTCAGGCTTACG-3'이다.

㉔에서 $\frac{\text{피리미딘 계열 염기의 개수}}{\text{퓨린 계열 염기의 개수}} = \frac{10}{10} = 1$ 이다.

따라서 $\frac{\text{피리미딘 계열 염기의 개수}}{\text{퓨린 계열 염기의 개수}}$ 는 ㉔에서와 ㉔에서와 같다.

07 DNA 복제

(가)의 염기 개수는 240개이고 복제가 80% 진행된 상태이므로 새로 합성된 가닥 ①~㉔의 염기 개수를 더한 값은 192개이다. ①~㉔의 염기 개수 비는 ① : ㉔ : ㉔ = 3 : 4 : 5이므로 ①의 염기 개수는 48개, ㉔의 염기 개수는 64개, ㉔의 염기 개수는 80개이다. (가)와 ① 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수는 116개이므로

①에서 G+C은 20개, A+T+U은 28개이다. ㉔에서 $\frac{G+C}{A+T} = \frac{4}{5}$ 이므로 A+T은 25개이고, U의 개수는 3개이다. X의 염기

서열은 5'-UAGUUG-3'이다. ㉔에서 $\frac{G+C}{A+T} = 1$ 이고, Y에

서 U의 개수가 4개와 5개 중 하나이므로 이를 만족하는 ㉔에서 G+C은 30개, A+T은 30개, Y에서 U의 개수는 4개이다. Y의 염기 서열은 5'-UUGAUU-3'이고, 나머지 Z의 염기 서열

은 5'-UUUUUA-3'이다. ㉔에서 $\frac{G}{C} = \frac{2}{3}$ 이므로 G의 개수

는 12개, C의 개수는 18개이다. ㉔에서 G의 개수는 ㉔에서 C의 개수와 같으므로 ㉔에서 C의 개수는 12개, G의 개수는 8개이다.

㉔에서 $\frac{T}{G} = \frac{3}{4}$ 이므로 T의 개수는 6개이고, A의 개수는 19개이

다. (가)와 ㉔ 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수는 205개이므로

㉔에서 G+C은 45개, A+T+U은 35개이다. Z에서 U의 개수

는 5개이므로 ㉔에서 A+T은 30개이다. ㉔에서 $\frac{T}{A} = \frac{1}{2}$ 이므로

A의 개수는 20개, T의 개수는 10개이다. ㉔에서 G의 개수와 ㉔

에서 C의 개수는 같으므로 ㉔에서 C의 개수는 12개, G의 개수는

33개이다. (가)에서 G+C 함량은 50%이므로 G+C은 120개

이고, ①~㉔에서 G+C이 95개이므로 (가)의 복제되지 않은 부

분에서 G+C은 25개이다.

㉘. ㉔에서 A의 개수는 19개이다.

㉔. ㉔에서 G+C은 30개, A+T+U은 34개이므로 (가)와 ㉔ 사이의 수소 결합의 총개수는 $(30 \times 3) + (34 \times 2) = 158$ 개이다.

㉔. (가)에서 G+C 함량은 50%이므로 G+C은 120개이고, ㉔

~㉔에서 G+C이 95개이므로 (가)의 복제되지 않은 부분에서

G+C은 25개, 나머지 A+T은 23개이다. (가)의 복제되지 않은

부분에서 G+C 함량은 $\frac{25}{48}$ 이고, ㉔에서 A+T 함량은 $\frac{30}{80}$ 이

다. 따라서 (가)의 복제되지 않은 부분에서 G+C 함량은 ㉔에서

A+T 함량보다 크다.

07 유전자 발현

수능 2점 테스트

본문 109~113쪽

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

01 유전자 발현 과정

- ㉠은 인트론이고, 과정 I은 RNA 가공 과정이다.
㉠ 전사 주형 가닥의 3' → 5' 방향으로 전사가 진행된다. 따라서 전사 진행 방향은 ㉠이다.
㉡ RNA 가공 과정(I)은 핵에서 일어난다.
✗ 인트론(㉠)은 리보솜과 결합하지 않고, 성숙한 mRNA가 리보솜과 결합한다.

02 유전 정보의 중심 원리

- I은 DNA 복제, II는 전사, III은 번역이고, (가)는 DNA, (나)는 폴리펩타이드이다.
✗ (가)는 DNA이다.
㉡ DNA 복제(I)에 DNA 중합 효소, DNA 연결 효소가 관여하고, 전사(II)에 RNA 중합 효소가 관여한다.
㉢ mRNA로부터 폴리펩타이드를 합성하는 번역(III)은 세포질에서 일어난다.

03 번역

가능한 코돈을 정리하면 표와 같다.

인공 mRNA	반복되는 염기 서열	아미노산	가능한 코돈
I	5'-GC-3'	㉠알라닌, 아르지닌	GCG, CGC
II	5'-CA-3'	㉡트레오닌, 히스티딘	CAC, ACA
III	5'-CCG-3'	㉢알라닌, ㉣프롤린, 아르지닌	CCG, CGC, GCC
IV	5'-CAC-3'	㉤프롤린, ㉥트레오닌, 히스티딘	CAC, ACC, CCA
V	5'-CAGC-3'	(가)	CAG, AGC, GCC, CCA

㉠(알라닌)과 ㉡(알라닌)을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 서로 다르므로 I과 III에서 아르지닌을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 모두 CGC이고, ㉠을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 GCG이다. ㉡과 ㉢을 암호화하는 코돈에서 5' 말단 염기만 다른 경우는 ㉡(트레오닌)을 암호화하는 코돈의 염기 서열이 ACA, ㉣(프롤

린)을 암호화하는 코돈의 염기 서열이 CCA인 경우이다. II와 IV의 히스티딘을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 모두 CAC이다. IV에서 나머지 트레오닌(㉥)을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 ACC이다. ㉡과 ㉢을 암호화하는 코돈에서 3' 말단 염기만 다르므로 III에서 ㉣(프롤린)을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 CCG이다. III에서 나머지 알라닌(㉢)을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 GCC이다.

- ㉡. ㉣(프롤린)을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 CCA이다.
㉢. ㉡(트레오닌)을 암호화하는 코돈의 염기 서열이 ACA이고, ㉥(트레오닌)을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 ACC이므로 서로 다르다.
㉣. V에서 가능한 코돈은 CAG, AGC, GCC, CCA이다. 이중 GCC는 알라닌으로, CCA는 프롤린으로 번역된다. 알라닌과 프롤린은 모두 (가)에 포함된다.

04 전사와 번역

mRNA의 5' 말단이 사이토신(C)이므로 DNA 가닥 I이 전사 주형 가닥이다. I과 II는 상보적이므로 I의 염기 서열은 GGCGACCGG-㉠이다. mRNA의 염기 서열이 5'-CCG??CGCC-3'이므로 ㉡는 3' 말단이다.

- ✗ ㉡는 3' 말단이다.
㉢ 리보솜이 mRNA의 5' → 3' 방향으로 이동하며 폴리펩타이드가 합성되므로 프롤린과 발린 사이의 펩타이드 결합 ㉣가 발린과 알라닌 사이의 펩타이드 결합 ㉤보다 먼저 형성되었다.
㉥. ㉠을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 GUC이므로 ㉠을 운반하는 tRNA의 안티코돈에서 3' 말단 염기는 사이토신(C)이다.

05 1유전자 1효소설

최소 배지에 시트룰린을 첨가한 배지에서 성장하지 못한 ㉠은 c에 돌연변이가 일어난 것이고, 성장한 ㉡은 a에 돌연변이가 일어난 것이다.

- ㉢. ㉡은 a에 돌연변이가 일어난 것이다.
✗ 효소 B의 기질은 오르니틴이다.
✗ c에 돌연변이가 일어난 ㉠은 효소 C를 합성하지 못하므로 아르지닌을 합성할 수 없다. ㉠은 최소 배지에 오르니틴을 첨가한 배지에서도 아르지닌을 합성할 수 없으므로 성장하지 못한다.

06 번역

㉠은 리보솜의 E 자리에서 방출되는 tRNA이고, ㉡은 리보솜의 A 자리로 들어오는 tRNA이다.

- ✗ I은 폴리펩타이드의 1번째 아미노산인 메싸이오닌이다. 새로 들어오는 아미노산 II는 폴리펩타이드의 마지막 아미노산과 펩타이드 결합을 형성하여 폴리펩타이드를 신장시킨다. I과 II 사이에서 펩타이드 결합이 형성되지 않는다.

- ㉔. ㉔의 안티코돈과 상보적인 mRNA의 염기 서열은 5'-AAG-3'이므로 ㉔의 안티코돈은 3'-UUC-5'이다. ㉔의 안티코돈에서 3' 말단 염기는 유라실(U)이다.
- ㉕. ㉕은 리보솜의 A 자리로 들어온다.

07 유전자 발현

- X의 2번째 아미노산이 히스티딘이고, Y의 2번째 아미노산이 프롤린이므로 *x*로부터 전사된 mRNA의 2번째 코돈이 변하는 돌연변이가 일어난 것이다. X의 3번째 아미노산은 코돈이 GG○인 글리신이고, Y의 3번째 아미노산은 코돈이 UGG인 트립토판이므로 X의 2번째 아미노산인 히스티딘을 암호화하는 코돈은 CAU이다. *x*의 전사 주형 가닥에서 1개의 염기 ㉑(G)이 삽입되어 Y의 2번째 아미노산은 코돈이 CCA인 프롤린이 된 것이다. Y의 4번째 아미노산은 코돈이 AA○인 아스파라진이므로 X의 3번째 아미노산인 글리신(㉒)을 암호화하는 코돈은 GGA이다. X의 4번째 아미노산은 코돈이 ACO인 트레오닌이므로 Y의 4번째 아미노산인 아스파라진을 암호화하는 코돈은 AAC이다. Y는 4개의 아미노산으로 구성되므로 AAC 다음은 종결 코돈인 U○○이다. X의 4번째 아미노산인 트레오닌을 암호화하는 코돈은 ACU이다. X의 5번째 아미노산은 코돈이 AA○인 라이신이므로 Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈은 UAA이다.
- ㉘. ㉑은 구아닌(G)이다.
 - ㉔. 글리신(㉒)을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 GGA이다.
 - ㉕. Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UAA이다.

08 mRNA와 tRNA

- 아미노산과 결합하는 ㉒는 tRNA이고, 나머지 ㉑는 mRNA이다. ㉑은 아미노산이 붙어 있는 tRNA이다.
- ㉘. DNA로부터 전사되어 처음 만들어진 RNA는 RNA 가공 과정(I)을 거쳐 성숙한 mRNA인 ㉑가 된다. 프로모터는 DNA 부위이므로 ㉑에는 프로모터가 없다.
 - ㉔. RNA 가공 과정인 I은 핵에서 일어난다.
 - ㉘. tRNA(㉒)의 3' 말단 부위에 아미노산 결합 부위가 있다. ㉑에서 아미노산은 tRNA(㉒)의 3' 말단의 아미노산 결합 부위에 결합되어 있다.

09 전사

- ㉑은 mRNA의 5' 말단이다.
- ㉔. 전사 과정에서 mRNA는 5' → 3' 방향으로 합성되므로 ㉑은 5' 말단이다.
- ㉔. RNA 중합 효소는 DNA의 전사 주형 가닥의 3' → 5' 방향으로 이동하면서 mRNA를 합성한다. 따라서 RNA 중합 효소는 ㉑ 방향으로 이동한다.

- ㉘. (가)는 DNA의 일부이므로 (가)를 구성하는 당은 디옥시리보스이다. (나)는 RNA를 합성하는 뉴클레오타이드이므로 (나)를 구성하는 당은 리보스이다.

10 번역

- 12개의 염기로 구성된 I의 염기 서열은 5'-㉑㉒㉓㉔㉕㉖㉗㉘㉙㉚㉛㉜-3'이고, I로부터 번역된 폴리펩타이드 중 하나가 4개의 아미노산(㉑-아이소류신-㉒-㉓)이며, 2번째 아미노산인 아이소류신의 코돈이 모두 AU로 시작하므로 ㉑은 A, ㉒은 U이다. 코돈이 ㉑㉒㉓(UAU)인 아미노산은 타이로신이므로 ㉑는 타이로신, ㉒는 아이소류신이다. 15개의 염기로 구성된 II의 염기 서열은 5'-AU㉑AUAU㉒AUAU㉓AU-3'이고, II로부터 번역된 폴리펩타이드 중 하나의 아미노산 서열이 ㉑-㉒(타이로신)-㉑-아이소류신이다. 이때 2번째 아미노산이 타이로신인 경우는 II의 2번째 염기부터 번역된 것이다. 따라서 코돈 U㉑A는 ㉑를, ㉑AU는 ㉒를 암호화한다. 이를 만족하는 ㉑은 C이고, ㉒는 세린, ㉑는 히스티딘이다.
- ㉔. ㉑(U)과 ㉒(C)은 모두 피리미딘 계열 염기이다.
 - ㉘. 아이소류신(㉒)을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 AUA이고, 아이소류신(㉑)을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 AUC이다.
 - ㉔. II로부터 번역된 폴리펩타이드의 아미노산 서열로 가능한 것은 다음과 같다. 아이소류신-아이소류신-세린-타이로신-히스티딘, 세린-타이로신-히스티딘-아이소류신, 히스티딘-아이소류신-아이소류신-세린으로 총 3가지 경우이다. 이 중 2개의 ㉑(아이소류신)를 갖는 것이 있다.

11 유전자 발현

- X의 아미노산 서열은 다음과 같다.
- 메싸이오닌-트레오닌-아이소류신-아르지닌-타이로신-시스테인
- ㉑의 C이 G으로 치환되고 ㉑이 결실된다면 *y*로부터 합성된 Y에 류신이 없다. 따라서 ㉑은 결실되고 ㉑의 C이 G으로 치환된 것이다. Y의 아미노산 서열은 다음과 같다.
- 메싸이오닌-세린-히스티딘-타이로신-아이소류신-류신
- ㉘. ㉑의 C이 G으로 치환되었다.
 - ㉘. 류신(㉑)을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 CUU이다.
 - ㉔. X의 3번째 아미노산이 아이소류신이고, Y의 5번째 아미노산이 아이소류신이다. X와 Y에는 모두 아이소류신이 있다.

12 번역

- ㉑는 리보솜 대단위체, ㉒는 리보솜 소단위체이다.
- ㉘. 리보솜이 mRNA의 5' → 3' 방향으로 이동하면서 폴리펩타이드를 합성하므로 ㉑은 3' 말단이다.
- ㉔. I은 합성된 폴리펩타이드의 1번째 아미노산으로 메싸이오닌

이다.

✕. 폴리펩타이드 합성 과정에서 mRNA와 리보솜 소단위체가 결합하고, 개시 tRNA가 개시 코돈과 결합한 후, 리보솜 대단위체가 결합한다. mRNA에 리보솜 소단위체(㉑)가 리보솜 대단위체(㉒)보다 먼저 결합한다.

13 번역

tRNA ㉑은 리보솜의 A 자리에 위치하고, tRNA ㉒은 리보솜의 P 자리에 위치한다. I 을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 CGG이므로 I 은 아르지닌이다.

✕. I 은 아르지닌이다.

㉑. ㉑은 리보솜의 A 자리에 위치한다.

㉒. ㉒의 안티코돈과 상보적으로 결합하는 코돈의 염기 서열은 GUC이고, ㉑의 안티코돈의 염기 서열은 3'-CAG-5'이다.

㉑의 안티코돈에서 3' 말단 염기는 사이토신(C)이다.

14 유전자 발현

제시된 x 의 전사 주형 가닥으로부터 합성된 X는 6개의 아미노산으로 구성되어 있다. Y는 5개의 아미노산으로 구성되어 있으므로 x 로부터 전사된 mRNA의 6번째 코돈(UGU)이 종결 코돈(UGA)으로 바뀐 것이다. x 의 전사 주형 가닥의 5' 말단에서 8(㉑)번째 염기인 A이 T(㉒)으로 치환된 것이다. x 의 전사 주형 가닥의 5' 말단에서 16번째 염기인 G이 A으로 치환되면, x 로부터 전사된 mRNA의 4번째 코돈(CAA)이 종결 코돈(UAA)으로 바뀌고 3(㉓)개의 아미노산으로 구성된 Z가 합성된다.

㉑. ㉑은 타이민(T)이다.

✕. ㉑은 8, ㉒은 3이므로 ㉑+㉒=11이다.

㉓. Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UGA이고, Z가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UAA이므로 서로 다르다.

15 번역

X가 7개의 아미노산으로 구성되므로 x 에서 개시 코돈부터 종결 코돈까지 24개의 염기가 있다. I~III은 총 30개의 염기로 구성되므로 개시 코돈 이전의 염기 개수와 종결 코돈 이후의 염기의 개수를 더한 값은 6개이다. 개시 코돈은 AUG이므로 I에는 없다. ㉑이 U이면 II의 5' 말단으로부터 2~4번째 염기(A㉑G)가 개시 코돈 AUG이지만, I의 5' 말단으로부터 3~5번째 염기(AU)와 III의 5' 말단으로부터 3~5번째 염기(㉑㉑㉑)가 종결 코돈이 될 수 없다. 따라서 III의 5' 말단으로부터 5~7번째 염기(㉑㉑G)가 개시 코돈 AUG이고, II의 5' 말단으로부터 6~8번째 염기(㉑A㉑)가 종결 코돈 UAG이다. (가)는 III, (나)는 I, (다)는 II이고, ㉑은 G, ㉒은 A, ㉓은 C, ㉔은 U이다.

㉑. (나)는 I이다.

㉑. ㉑은 사이토신(C)이다.

✕. X가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UAG이다.

16 유전자 발현

㉑이 전사 주형 가닥이고 ㉒가 3' 말단이면 개시 코돈은 있지만 종결 코돈은 없으므로 조건에 맞지 않는다. ㉑이 전사 주형 가닥이고 ㉒가 5' 말단이면 개시 코돈이 없으므로 조건에 맞지 않는다. ㉑은 전사 주형 가닥이 아니다. ㉒가 5' 말단이면 개시 코돈은 있지만 종결 코돈은 없으므로 조건에 맞지 않는다. 따라서 ㉓는 3' 말단, ㉔는 5' 말단이다. x 로부터 전사된 mRNA의 염기 서열은 다음과 같다.

5'-CCUUAUGAGGUCCAUCCGUGUAACCUAACACU-3'

✕. ㉑은 전사 주형 가닥이 아니다.

✕. X는 7개의 아미노산으로 구성된다.

㉑. X의 4번째 아미노산을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 AUC이므로 X의 4번째 아미노산을 운반하는 tRNA의 안티코돈은 3'-UAG-5'이다. X의 4번째 아미노산을 운반하는 tRNA의 안티코돈에서 3' 말단 염기는 유라실(U)이다.

수능 3점 테스트

본문 114~119쪽

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

01 원핵세포와 진핵세포에서 유전자 발현

(가)에서 전사와 번역 과정이 함께 일어나고 있으므로 (가)는 원핵세포에서 일어나는 유전자 발현 과정의 일부이다. (나)에서 전사가 일어난 후 번역이 일어나므로 진핵세포에서 일어나는 유전자 발현 과정의 일부이다. I은 원핵세포, II는 진핵세포이다.

㉑. I은 원핵세포이다.

✕. (가)에서 리보솜은 mRNA의 5' → 3' 방향으로 이동하므로 ㉑는 5' 말단이다. (나)에서 ㉑은 DNA 이중 가닥 중 전사 주형 가닥의 3' → 5' 방향으로 이동하므로 전사 주형 가닥과 상보적인 가닥에서 ㉑는 3' 말단이다.

✕. ㉑과 ㉑은 모두 DNA로부터 RNA를 합성하는 전사 과정에 관여하므로 DNA 중합 효소가 아니고, RNA 중합 효소이다.

02 번역

x 로부터 번역이 시작될 때 1번째 코돈의 염기 서열로 가능한 경우는 CCU, CUG, UGC이고, 각각에서 번역되는 부분의 염기 서열(코돈) I~Ⅲ은 표와 같다.

구분	1번째 코돈	번역되는 부분의 염기 서열(코돈)
I	CCU	CCU-GCC-UGG-UUC-GUU
Ⅱ	CUG	CUG-CCU-GGU-UCG-UUC
Ⅲ	UGC	UGC-CUG-GUU-CGU

(나)는 4개의 아미노산으로 구성되므로 Ⅲ이 번역되어 (나)가 합성된다. (나)를 구성하는 발린을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 GUU이고, I에서 5번째 코돈이 GUU로 발린이므로 I이 번역되어 (다)가 합성된다. 나머지 Ⅱ가 번역되어 (가)가 합성된다.

㉠. (가)를 구성하는 1번째 아미노산(㉠)을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 CUG이다. Ⅲ에서 2번째 코돈의 염기 서열이 CUG이고, (나)를 구성하는 2번째 아미노산은 류신이므로 ㉠은 류신이다.

㉡. ㉡에 해당하는 아미노산으로 번역되는 부분의 염기 서열(코돈)은 GCC-UGG-UUC이다. (가)를 구성하는 페닐알라닌을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 UUC이므로 ㉡에는 페닐알라닌이 있다.

㉢. ㉢(세린)을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 UCG이고, ㉢(아르지닌)을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 CGU이다. 각 코돈은 3종류의 염기로 구성된다.

03 유전자 발현

전사 주형 가닥 X와 처음 만들어진 RNA Y는 상보적이다. I에서 ㉠~㉣ 중 ㉠만 없으므로 ㉣은 T과 U 중 하나이고, Ⅱ에서 ㉣의 개수(25개)와 I에서 A의 개수(15개)가 다르므로 I과 Ⅱ는 상보적이지 않다. I을 구성하는 염기의 개수 중 Ⅲ에서 A의 개수(25개), C의 개수(14개)와 동시에 같은 개수의 염기가 없으므로 I과 Ⅲ은 상보적이지 않다. 따라서 Ⅱ와 Ⅲ이 상보적이고, 각각 X와 Y 중 하나이며, I은 Z이다. Z(I)는 mRNA이어서 T이 없으므로 ㉣은 T이다. Ⅱ는 T(㉣)이 있으므로 DNA인 X이고, Ⅲ은 Y이다. DNA인 Ⅱ에서 ㉣의 개수가 0이므로 ㉣은 U이다. 나머지 ㉣은 G이다. Ⅲ에서 $\frac{A+T}{G+C} = \frac{5}{8}$ 이므로 $\frac{25+0}{G+14} = \frac{5}{8}$ 에서 G의 개수는 26개이다. I에서 $\frac{G+C}{A+T} = 2$ 이므로 $\frac{20+C}{15+0} = 2$ 에서 C의 개수는 10개이다. I의 염기 개수는 총 60개이고 ㉣의 염기 개수는 35개이므로 Ⅱ와 Ⅲ의 염기 개수는 모두 95개이다. 따라서 Ⅱ에서 A의 개수와 Ⅲ에서 U의 개수는 모두 30개이다. 표를 정리하면 다음과 같다.

구분	염기 수(개)				
	A	C	㉣(U)	㉣(G)	㉣(T)
I(Z)	15	?(10)	15	20	0
Ⅱ(X)	?(30)	?(26)	0	?(14)	25
Ⅲ(Y)	25	14	?(30)	?(26)	?(0)

㉠. x 로부터 전사된 I(Z)은 성숙한 mRNA이고, 번역 과정을 통해 폴리펩타이드를 합성하는 과정에 관여한다. 따라서 I에는 개시 코돈이 있다.

㉡. Ⅱ(X)에서 아데닌(A)의 개수는 30개이다.

㉢. 구아닌(G)의 개수는 I(Z)에서 20개, Ⅱ(X)에서 14개, Ⅲ(Y)에서 26개이다. 따라서 구아닌(G)의 개수는 $Y > Z > X$ 이다.

04 번역

x 로부터 합성되는 X는 5개의 아미노산으로 구성되고, y 로부터 합성되는 Y는 4개의 아미노산으로 구성된다. 그림의 ㉣의 번역 과정에서 아미노산 5개가 있으므로 ㉣은 x 이다. X의 아미노산 서열은 메싸이오닌-발린-류신-세린-히스티딘이고, Y의 아미노산 서열은 메싸이오닌-발린-류신-트레오닌이다.

㉠. ㉠은 x 이다.

㉢. I은 X의 5번째 아미노산인 히스티딘이고, 코돈의 염기 서열은 CAU이다. I을 암호화하는 코돈의 3' 말단 염기는 유라실(U)이다.

㉣. 표의 아미노산(류신, 발린, 세린, 트레오닌, 히스티딘, 메싸이오닌) 중 X와 Y를 공통으로 구성하는 아미노산은 메싸이오닌, 발린, 류신이므로 3가지이다.

05 유전자 발현

I이 전사 주형 가닥이 아니면 전사 주형 가닥으로부터 전사된 mRNA에는 개시 코돈(AUG)이 없으므로 I은 전사 주형 가닥이다. I로부터 전사된 mRNA의 염기 서열은 다음과 같다.

5'-UAGGAAUGGCCUCGCUUGGCUAGCUACUGACU-3'

X는 5개의 아미노산으로 구성되며, X가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UAG이다. x 에서 결실된 연속된 4개의 염기 쌍(㉣)에서 염기 간 수소 결합의 총개수는 10개이므로 ㉣에는 G과 C의 염기쌍이 2개, A과 T의 염기쌍이 2개 있다. ㉣ 중 I은 2종류의 염기로 구성되므로 ㉣ 중 I에는 A과 T 중 하나만, G과 C 중 하나만 있다. 이 조건을 만족하는 결실된 ㉣을 I에 표시(취소선 표시한 것)하면 다음과 같다.

5'-AGTCAGTAGCTAGCCAAGCGAGGCCATCCTA-3'

y 로부터 전사된 mRNA의 염기 서열은 다음과 같다.

5'-UAGGAAUGGCCUCGCCUAGCUACUGACU-3'

Y는 6개의 아미노산으로 구성되며, Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UGA이다.

㉠. I은 전사 주형 가닥이다.

✕. X가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UAG이고, Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UGA이므로 서로 다르다.

㉡. X를 구성하는 아미노산 개수는 5개이고, Y를 구성하는 아미노산 개수는 6개이다. $\frac{X\text{를 구성하는 아미노산 개수}}{Y\text{를 구성하는 아미노산 개수}} = \frac{5}{6} < 1$ 이다.

06 유전자 발현

제시된 가닥이 x 의 전사 주형 가닥이면 전사되었을 때 개시 코돈은 있지만 종결 코돈이 없으므로 조건에 맞지 않는다. 제시된 가닥과 상보적인 염기 서열을 갖는 가닥이 x 의 전사 주형 가닥이다. x 의 전사 주형 가닥의 염기 서열과 전사된 mRNA의 염기 서열은 각각 다음과 같다.

5'-CATCACTTATGGGAGACAGTGCCGGCTCATGGCTA-3'

5'-UAGCC AUG AGC CGG CAC UGU CUC CCA UAA GUGAUG-3'

X를 구성하는 아미노산 개수는 7개이고, 종결 코돈의 염기 서열은 UAA이다.

㉠이 1개의 아테닌(A) 결실이면 y 로부터 합성된 Y를 구성하는 아미노산 개수가 8개이므로 조건에 맞지 않는다. 따라서 ㉠은 1개의 염기 치환이고, ㉡은 1개의 아테닌(A) 결실이다. ㉠이 일어난 y 의 전사 주형 가닥의 염기 서열과 전사된 mRNA의 염기 서열은 각각 다음과 같다.

5'-CATCACTTATGGGAGTTCAGTGCCGGCTCATGGCTA-3'

5'-UAGCC AUG AGC CGG CAC UGA CUCCCAUAAGUGAUG-3'

㉠은 x 의 전사 주형 가닥에서 A이 T으로 치환(점선 표시한 것)된 것이고 Y를 구성하는 아미노산 개수는 4개, 종결 코돈의 염기 서열은 UGA이다. ㉡이 일어난 z 의 전사 주형 가닥의 염기 서열과 전사된 mRNA의 염기 서열은 각각 다음과 같다.

5'-CATCACTTATGGGAGTCAAGTGCCGGCTCATGGCTA-3'

5'-UAGCC AUG AGC CGG CAC GAC UCC CAU AAG UGA UG-3'

㉠은 y 의 전사 주형 가닥에서 1개의 A이 결실(취소선 표시한 것)된 것이고, Z를 구성하는 아미노산 개수는 8개, 종결 코돈의 염기 서열은 UGA이다.

㉠. ㉠은 1개의 염기 치환이다.

㉡. X가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UAA, Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UGA이므로 서로 다르다.

㉢. Z에서 5번째 아미노산을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 GAC이다.

07 1유전자 1효소설

최소 배지에 ㉠이 첨가된 배지에서 I이 성장하지 못하였으므로 ㉠은 아르지닌이 아니고, II는 성장하였지만 ㉡이 합성되지 않았으므로 ㉡은 아르지닌이 아니다. 따라서 ㉠이 아르지닌이다. 최소 배지에 ㉠이 첨가된 배지에서 III에서는 ㉡이 합성되었으므로 III은 $a\sim c$ 모두가 결실된 돌연변이가 일어난 것이 아니고, II는 성장하고 아르지닌(㉠)이 합성되었으므로 II는 $a\sim c$ 모두가 결실된 돌연변이가 일어난 것이 아니다. 따라서 I은 $a\sim c$ 모두가 결실된 돌연변이가 일어난 것이므로 I은 Z이다. ㉠이 오르니틴, ㉡이 시트룰린이라면 II에서 시트룰린(㉡)이 합성되지 않으면서 아르지닌(㉠)이 합성되어 성장할 수 없으므로 ㉠은 시트룰린, ㉡은 오르니틴이다. 최소 배지에 시트룰린(㉡)이 첨가된 배지에서 II에서는 오르니틴(㉠)이 합성되지 못하므로 a 가 결실된 돌연변이가 일어난 것이고, 아르지닌(㉠)이 합성되므로 c 가 결실된 돌연변이가 일어난 것이 아니다. 최소 배지에 시트룰린(㉡)이 첨가된 배지에서 III에서는 오르니틴(㉠)이 합성되었으므로 a 가 결실된 돌연변이가 일어난 것이 아니고, 아르지닌(㉠)이 합성되지 못하였으므로 c 가 결실된 돌연변이가 일어난 것이다. 최소 배지에 아르지닌(㉠)이 첨가된 배지에서 III에서는 시트룰린(㉡)이 합성되었으므로 b 가 결실된 돌연변이가 일어난 것이 아니다. 따라서 III은 c 만 결실된 돌연변이가 일어난 것이고, 나머지 II는 a 와 b 만 결실된 돌연변이가 일어난 것이다. II는 Y이고, III은 X이다.

㉠. II는 Y이다.

✕. III은 c 만 결실된 돌연변이가 일어났으므로 최소 배지에서 시트룰린(㉡)이 합성된다. ㉢은 '○'이다. 최소 배지에 시트룰린(㉡)이 첨가된 배지에서 II는 성장하였으므로 아르지닌(㉠)이 합성된다. ㉢은 '○'이다. II는 a 와 b 만 결실된 돌연변이가 일어났으므로 최소 배지에 아르지닌(㉠)이 첨가된 배지에서 시트룰린(㉡)이 합성되지 않는다. ㉢은 '×'이다.

㉣. 최소 배지에 오르니틴(㉠)을 첨가하여 배양하였을 때 I과 II는 b 가 결실된 돌연변이가 일어났으므로 시트룰린(㉡)이 합성되지 않는다. III은 c 만 결실된 돌연변이가 일어났으므로 시트룰린(㉡)이 합성된다. 따라서 I~III 중 최소 배지에 오르니틴(㉠)을 첨가하여 배양하였을 때 시트룰린(㉡)이 합성되는 돌연변이주의 수는 1이다.

08 유전자 발현

x 의 전사 주형 가닥의 염기 서열은 다음과 같고, X가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UGA이다.

5'-ACATCACTTGGATCTACCGATGGCTAACATCGGA-3'

Y에 있는 트립토판의 코돈은 UGG이고, x 의 전사 주형 가닥의 5' 말단으로부터 18번째 염기와 19번째 염기 사이에 A(㉠)이 삽

입(점선 표시한 것)되면 가능하다. y 의 전사 주형 가닥의 염기 서열은 다음과 같다.

5'-ACATCACTTGGATCTACCAGATGGCTAACATCGGA-3'

Y가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UAG이다. 따라서 Z가 합성될 때 사용된 종결 코돈의 염기 서열은 UAA이다. Z에 있는 아스파르트산의 코돈은 GAU와 GAC 중 하나이다. x 의 전사 주형 가닥의 5' 말단으로부터 9번째 염기와 10번째 염기 사이에 AA(㉔)가 삽입(점선 표시한 것)되고, 5' 말단에서 15번째 염기인 T(㉓)이 결실(취소선 표시한 것)되는 경우에 가능하다. z 의 전사 주형 가닥의 염기 서열은 다음과 같다.

5'-ACATCACTTAAAGGATCTACCGATGGCTAACATCGGA-3'

㉑. ㉓은 타이민(T)이다.

✕. Y에서 트립토판(㉒)은 마지막에 결합한 아미노산이고, Z에서 아스파르트산(㉔)은 마지막에 결합한 아미노산이 아니다. Z에서 마지막에 결합한 아미노산은 프롤린이다.

✕. ㉑은 x 의 전사 주형 가닥의 5' 말단으로부터 18번째 염기와 19번째 염기 사이에 삽입된 것이다. ㉓은 x 의 전사 주형 가닥의 5' 말단으로부터 9번째 염기와 10번째 염기 사이에 삽입된 것이다. 따라서 ㉑과 ㉓ 중 x 의 전사 주형 가닥의 5' 말단 염기로부터 더 가까운 곳에 삽입된 것은 ㉓이다.

09 유전자 발현

제시된 가닥이 전사 주형 가닥이 아니면 X의 합성이 개시 코돈에서 시작하여 종결 코돈에서 끝나는 조건을 만족하지 않는다. 따라서 제시된 가닥은 전사 주형 가닥이고, x 로부터 전사된 mRNA의 염기 서열과 X의 아미노산 서열은 다음과 같다.

5'-UUAC AUG CCG AGG UUC UAC AGU AAC UGA CGUUA-3'
메싸이오닌-프롤린-아르지닌-페닐알라닌-타이로신-세린-아스파라진

X~Z에는 모두 프롤린이 있다. x 의 전사 주형 가닥의 3' 말단으로부터 12, 13번째 염기인 CC가 결실될 경우, ㉒로부터 합성되는 아미노산 서열은 메싸이오닌-프롤린-아이소류신-류신-글루타민이고, x 의 전사 주형 가닥의 3' 말단으로부터 14, 15번째 염기인 AA가 결실될 경우, ㉒로부터 합성되는 아미노산 서열은 메싸이오닌-프롤린-아르지닌-류신-글루타민이다. ㉒로부터 합성된 폴리펩타이드에는 글루탐산이 없으므로 ㉒는 z 이고, 나머지 ㉔는 y 이다. Z에는 타이로신이 없으므로 X와 Y에 모두 타이로신이 있다. x 의 전사 주형 가닥의 3' 말단으로부터 19번째 염기 다음에 C가 삽입(점선 표시한 것)된 경우 y 로부터 전사된 mRNA의 염기 서열과 Y의 아미노산 서열은 다음과 같다.

5'-UUAC AUG CCG AGG UUC UACGAG UAA CUGACGUUA-3'
메싸이오닌-프롤린-아르지닌-페닐알라닌-타이로신-글루탐산

Y가 글루탐산과 타이로신이 있는 조건을 만족한다. X와 Y에 아

르지닌이 있으므로 Z에는 아르지닌이 없다. 따라서 z (㉒)는 x 의 전사 주형 가닥에서 CC가 결실(취소선 표시한 것)된 경우로 Z의 아미노산 서열은 메싸이오닌-프롤린-아이소류신-류신-글루타민이다.

㉑. ㉑과 ㉓은 모두 사이토신(C)으로 서로 같다.

✕. ㉒(z)로부터 전사된 mRNA의 염기 서열은 다음과 같다.

5'-UUAC AUG CCG AGGU CUA CAG UAA CUGACGUUA-3'

㉒로부터 합성된 폴리펩타이드(Z)의 3번째 아미노산을 암호화하는 코돈의 염기 서열은 AUU이고, 3' 말단 염기는 유라실(U)이다.

✕. ㉒로부터 합성된 폴리펩타이드(Y)를 구성하는 아미노산 개수는 6개이고, X를 구성하는 아미노산 개수는 7개이다.

08 유전자 발현의 조절

수능 2점 테스트

본문 129~132쪽

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

01 원핵생물의 유전자 발현 조절

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

✗. ㉠(젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자)은 젓당 오페론에 포함되지 않는다.

✗. ㉠(젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자)으로부터 젓당 오페론의 작동에 관여하는 억제 단백질이 생성된다.

㉣. 대장균 A를 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 배양하면 억제 단백질이 젓당 유도체와 결합하여 구조가 변형되어 작동 부위에 결합하지 못하게 되므로 ㉣(젓당 오페론의 구조 유전자)이 발현된다.

02 진핵생물의 유전자 발현 조절

진핵생물에서는 전사 전 단계, 전사와 전사 후 단계, 번역 단계 등 유전자 발현의 전체 과정에서 조절이 일어난다.

✗. 전사 전 단계에서는 염색질의 응축 정도를 변화시켜 유전자 발현을 조절한다. 염색질이 응축되면 전사가 잘 일어나지 않게 된다. 따라서 ㉠ 과정이 일어나면 유전자 a의 전사가 억제된다.

㉡. 전사 후 RNA 가공 과정인 ㉢에서 인트론이 제거된다.

✗. 전사 개시 복합체는 전사의 시작에 관여한다. 따라서 ㉣ 과정에서 전사 개시 복합체가 형성되지 않는다.

03 원핵생물의 유전자 발현 조절

㉠은 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자, ㉡은 젓당 오페론의 프로모터, ㉢은 젓당 오페론의 작동 부위, ㉣은 젓당 오페론의 구조 유전자이고, ㉤는 억제 단백질, ㉥는 RNA 중합 효소이다.

✗. ㉠(젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자)은 젓당의 유무와 관계없이 발현된다.

㉣. ㉣은 젓당 오페론의 구조 유전자이며, 구조 유전자(㉣) 중에 젓당 분해 효소 유전자가 있다.

㉣. 포도당은 없고 젓당이 있을 때 억제 단백질은 젓당 유도체와 결합하여 구조가 변형되므로 작동 부위에 결합하지 못한다. 이로 인해 RNA 중합 효소(㉥)는 젓당 오페론의 프로모터(㉡)에 결합하여 젓당 오페론의 구조 유전자를 전사한다.

04 원핵생물의 유전자 발현 조절

포도당과 젓당이 모두 있을 때 대장균은 포도당을 먼저 에너지원으로 이용하여 증식한다.

㉠. 구간 I에서 대장균은 주로 포도당을 에너지원으로 이용하여 증식한다.

㉡. 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자는 젓당의 유무와 관계없이 발현되므로 구간 II에서 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 발현된다.

㉢. 구간 III에서는 젓당 분해 효소가 작용하여 대장균이 젓당을 에너지원으로 이용하여 증식한다.

05 원핵생물의 유전자 발현 조절

I에서 억제 단백질이 생성되고, II에서 억제 단백질이 생성되지 않았으므로 I은 젓당 오페론의 작동 부위가 결실된 돌연변이이며, II는 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 돌연변이이다. 야생형 대장균에서 젓당의 유무와 관계없이 억제 단백질이 생성되므로 ㉠은 'O'이며, 억제 단백질과 젓당(젓당 유도체)이 결합하지 않았으므로 A는 포도당과 젓당이 모두 없는 배지이다. 포도당과 젓당이 모두 없는 배지에서 젓당 오페론의 작동 부위가 결실된 돌연변이(I)는 억제 단백질과 젓당(젓당 유도체)이 결합하지 못하므로 ㉡은 'x'이다.

㉢. A는 포도당과 젓당이 모두 없는 배지이다.

✗. ㉠은 'O'이고, ㉡은 'x'이다.

✗. I은 젓당 오페론의 작동 부위가 결실된 돌연변이이다.

06 초파리의 발생과 흡스 유전자

흡스 유전자는 초파리에서 처음 발견되었으며, 배아에서 몸의 각 체절에 만들어질 기관을 결정하는 핵심 조절 유전자들이다.

✗. 흡스 유전자는 다양한 생물의 염색체에서 발견된다.

㉢. 흡스 유전자의 중요성은 다양한 흡스 유전자 돌연변이 연구로 밝혀졌으며, 흡스 유전자에 이상이 생기면 돌연변이 개체가 발생할 수 있다.

✗. 초파리의 염색체에는 여러 개의 흡스 유전자들이 있는데, 각각이 발현되는 체절의 배열 순서와 같은 순서로 배열되어 있다.

07 원핵생물의 유전자 발현 조절

젓당 오페론의 구조 유전자로부터 전사가 일어나 mRNA가 형성되고 이후 번역이 일어나 젓당 분해 효소가 생성되므로, A는 젓당 분해 효소, B는 젓당 오페론의 구조 유전자로부터 전사된 mRNA이다.

✗. B는 젓당 오페론의 구조 유전자로부터 전사된 mRNA이다.

㉣. 젓당 오페론의 구조 유전자로부터 전사된 mRNA의 양은 t_2 일 때가 t_1 일 때보다 많다.

✗. t_2 는 배지에서 젓당이 고갈된 시점이므로 젓당 오페론의 작동

부위에 결합한 억제 단백질의 양은 t_3 일 때가 t_1 일 때보다 많다.

08 세포 분화와 유전자 발현 조절

세포에 따른 전사 인자의 차이와 유전자에 따른 조절 부위의 차이로 유전자 발현이 조절된다.

㉠. 한 개체의 체세포는 동일한 유전자를 갖는다. 따라서 간세포에도 인슐린 유전자가 있다.

✕. 세포에 따른 전사 인자의 차이와 유전자에 따른 원거리 조절 부위의 차이로 인해, 알부민 유전자는 간세포에서는 발현되고 이자 세포에서는 발현되지 않는다.

㉡. 진핵생물에서 전사는 핵에서 일어나므로 인슐린 유전자가 발현되는 과정에 핵에서 전사 인자가 인슐린 유전자의 조절 부위에 결합한다.

09 진핵생물의 유전자 발현 조절

진핵생물의 유전자에는 RNA 가공 후에도 남아 있는 부위인 엑손과 RNA 가공 과정에서 잘려나가는 부위인 인트론이 존재한다. 전사 후 RNA 가공 과정에서 인트론은 제거되고 엑손만 남게 되므로, ㉠은 mRNA, ㉡는 DNA이다.

㉠. ㉡는 mRNA이다.

㉢. mRNA와 결합하지 못한 DNA 부위가 두 군데이므로, x 에서 인트론의 수는 2이다.

✕. ㉠(mRNA)를 구성하는 뉴클레오타이드의 당은 리보스이며, ㉡(DNA)를 구성하는 뉴클레오타이드의 당은 디옥시리보스이다.

10 근육 세포의 분화

근육 모세포에서는 마이오디 유전자(유전자 a)가 발현되어 세포 분화의 운명이 결정된다. 마이오디 유전자는 전사 인자인 마이오디 단백질을 암호화한다.

㉠. A는 마이오디 단백질(MyoD)이다.

✕. 한 개체의 체세포는 동일한 유전자를 가지므로 마이오신 유전자와 액틴 유전자는 근육 세포뿐만 아니라 다른 체세포에도 존재한다.

㉢. 과정 I은 번역 과정으로 세포질에서 일어난다.

11 진핵생물의 유전자 발현 조절

㉠은 원거리 조절 부위, ㉡는 프로모터이며, ㉢은 전사 인자, ㉣은 RNA 중합 효소이다.

㉤. 진핵생물에서는 RNA 중합 효소 단독으로 전사를 시작할 수 없으며, 여러 전사 인자들과 함께 프로모터에 결합하여 전사 개시 복합체가 형성되어야 전사가 개시된다. 전사는 핵에서 일어나므로 과정 I은 핵에서 일어난다.

㉥. ㉠은 원거리 조절 부위이다.

✕. RNA 중합 효소(㉣)는 전사 개시에 프라이머를 필요로 하지 않는다.

12 세포의 분화 과정

하나의 수정란이 분열하여 분화된 세포는 수정란과 동일한 유전체를 갖지만, 세포에 따라 특정 유전자만 발현시켜 고유한 형태와 기능을 갖는다.

✕. 모근 세포는 수정란의 분열 결과 형성된 세포이며, 하나의 수정란에서 분화된 체세포의 유전체는 같다. 따라서 모근 세포에도 인슐린 유전자가 있다.

㉠. 이자 세포에는 인슐린 유전자의 발현에 필요한 전사 인자가 있어서 인슐린 유전자가 발현된다.

㉢. 모근 세포와 이자 세포는 모두 수정란과 동일한 유전체를 가진다.

13 초파리의 발생과 흑스 유전자

흑스 유전자는 배아에서 몸의 각 체절에 만들어질 기관을 결정하는 핵심 조절 유전자들이다. 초파리의 발생 과정에서 흑스 유전자는 각 체절에서 어떤 기관이 형성되는지를 결정하는 데 중요한 역할을 한다.

㉠. b 는 T_2 에서 발현된다.

㉢. 흑스 유전자인 $a\sim c$ 는 모두 핵심 조절 유전자이다.

✕. c 는 배 부분의 체절에서 기관 형성에 관여한다.

14 분화된 세포의 유전체

분화된 세포의 핵에는 하나의 개체를 형성할 수 있는 완전한 유전체가 있다.

㉠. 무핵 난자에 핵을 이식하는 핵치환 기술이 사용되었다.

✕. B에서 핵 속의 유전체는 핵을 제공한 A와 동일하다.

㉢. 세포 분화를 거쳐도 유전체의 유전 정보는 보존되므로 분화된 대부분의 세포는 하나의 개체를 형성할 수 있는 완전한 유전체를 가지고 있다.

15 진핵생물의 유전자 발현 조절

I에서 (나)가 발현되고, (다)가 발현되지 않았으므로, I에서 a 가 발현되고 b 와 c 중 하나가 발현되지 않는다. II에서 (가)가 발현되고 (나)가 발현되지 않았으므로 II에서는 $a\sim c$ 중 b 와 c 만 발현된다.

✕. I에서는 a 와 함께 b 와 c 중 하나만 발현되고, II에서는 b 와 c 만 발현되므로 ㉠은 '✕', ㉡는 '○'이다.

㉢. (다)의 전사는 (가)가 발현되어야 촉진된다고 하였으므로 I에서 (가)를 인위적으로 발현시킬 경우 (다)가 발현된다.

㉤. II에서 $a\sim c$ 중 b 와 c 만 발현된다.

16 근육 세포의 분화

세포 분화가 일어나기 위해서는 전구 세포로부터 특정 세포로의 결정이 일어나야 하며, 근육 세포는 배아 전구 세포로부터 분화한다. ㉠는 배아 전구 세포이고, ㉡는 근육 모세포이다.

㉠ 과정 I에서 근육 세포로의 분화가 결정되고, 근육 세포 형성에 관여하는 유전자의 발현이 일어나기 시작한다.

㉡ 과정 II에서 근육 모세포가 융합하여 다핵 세포가 형성된다. 다핵 세포는 근육 세포로 성장한다.

㉢ 배아 전구 세포(㉠)와 근육 모세포(㉡)의 유전체 구성은 서로 동일하다.

수능 3점 테스트

본문 133~139쪽

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

01 원핵생물의 유전자 발현 조절

㉠에서 야생형 대장균의 구조 유전자가 발현되지 않으므로, ㉠은 포도당은 없고 젓당이 있는 배지이며, ㉡은 포도당과 젓당이 모두 없는 배지이다. ㉢(포도당은 없고 젓당이 있는 배지)에서 I의 구조 유전자는 발현되지 않고, II의 구조 유전자는 발현되므로 I은 젓당 오페론의 프로모터가 결실된 돌연변이이고, II는 젓당 오페론의 작동 부위가 결실된 돌연변이이다.

✕. ㉠은 포도당은 없고 젓당이 있는 배지이다.

㉡ 야생형 대장균은 포도당은 없고 젓당이 있는 배지(㉠)에서 억제 단백질이 작동 부위에 결합하지 않으므로 ㉡는 'x'이며, 젓당 오페론의 작동 부위가 결실된 돌연변이(II)는 억제 단백질이 작동 부위에 결합하지 않으므로 ㉢는 'x'이다.

㉣ I(젓당 오페론의 프로모터가 결실된 돌연변이)은 ㉠(포도당은 없고 젓당이 있는 배지)에서 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자의 전사가 일어난다.

02 원핵생물의 유전자 발현 조절

야생형 대장균은 ㉠에서 젓당 오페론의 프로모터와 RNA 중합 효소가 결합하므로 ㉠는 포도당은 없고 젓당이 있는 배지이며, ㉡는 포도당과 젓당이 모두 없는 배지이다. I은 ㉡(포도당과 젓당이 모두 없는 배지)에서 젓당 분해 효소가 생성된다고 하였으므로 I은 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 돌연변이이고, II는 젓당 오페론의 구조 유전자가 결실된 돌연변이이다.

㉢ II는 젓당 오페론의 구조 유전자가 결실된 돌연변이이다.

㉣ I은 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 돌연변이이므로 억제 단백질이 생성되지 않는다.

✕. ㉡는 포도당과 젓당이 모두 없는 배지이므로 II(젓당 오페론의 구조 유전자가 결실된 돌연변이)는 ㉡에서 억제 단백질과 젓당(젓당 유도체)이 결합하지 않는다.

03 원핵생물의 유전자 발현 조절

야생형 대장균은 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 젓당 오페론의 프로모터와 RNA 중합 효소가 결합하고 억제 단백질이 생성되지만 억제 단백질과 작동 부위는 결합하지 않으므로 ㉠은 억제 단백질과 작동 부위의 결합이다. II에서 억제 단백질과 작동 부위가 결합하지 않았으므로 II는 젓당 오페론의 작동 부위에 결합하지 않는 억제 단백질을 생성하는 돌연변이이고, I은 젓당(젓당 유도체)이 결합하지 않는 억제 단백질을 생성하는 돌연변이이다. 젓당(젓당 유도체)이 결합하지 않는 억제 단백질을 생성하는 돌연변이(I)는 포도당은 없지만 젓당이 있는 배지에서 젓당 오페론의 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합이 일어나지 않으므로 ㉠은 젓당 오페론의 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합이고, ㉡은 억제 단백질의 생성이다.

㉢. ㉠은 '젓당 오페론의 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합'이다.

㉣ 야생형 대장균에서 억제 단백질은 젓당의 유무와 관계없이 생성되므로 ㉡는 'O'이며, II(젓당 오페론의 작동 부위에 결합하지 않는 억제 단백질을 생성하는 돌연변이)는 포도당은 없고 젓당이 있는 배지에서 ㉢(젓당 오페론의 프로모터와 RNA 중합 효소의 결합)이 일어나므로 ㉢는 'O'이다. 따라서 ㉡와 ㉢는 모두 'O'이다.

㉣ II(젓당 오페론의 작동 부위에 결합하지 않는 억제 단백질을 생성하는 돌연변이)는 포도당과 젓당이 모두 없는 배지에서 젓당 분해 효소를 생성한다.

04 초파리의 형태 형성

초파리의 앞쪽과 뒤쪽의 형태 형성은 유전자의 선택적 발현을 통한 단백질의 불균등한 분포에 의해 일어난다.

✕. (가)의 초파리의 난자에서 d가 전사된 mRNA의 농도는 앞쪽이 뒤쪽에 비해 낮다.

㉡. (나)의 초파리의 초기 배아에서 앞쪽은 뒤쪽에 비해 단백질 A와 C가 많이 발현된다.

✕. (가)의 초파리의 난자에서 b가 전사된 mRNA의 농도가 앞쪽과 뒤쪽에 걸쳐 일정하므로, (나)의 초파리의 초기 배아에서 단백질 B의 농도가 뒤쪽이 앞쪽에 비해 높은 것은 (가)의 초파리의 난자에서 b가 전사된 mRNA 농도가 뒤쪽이 앞쪽에 비해 높았기 때문이 아니다.

05 진핵생물의 유전자 발현 조절

(가)에서 a 와 c 또는 c 와 d 의 발현을 억제했을 때 모두 x 가 발현되므로, 전사 인자 C의 결합 부위는 IV이다. a 와 c 의 발현을 억제했을 때 y 가 발현되지 않으며, c 와 d 의 발현을 억제했을 때 y 가 발현되므로 전사 인자 A의 결합 부위는 II이다.

- ㉠. A의 결합 부위는 II이다.
- ㉡. y 의 전사를 촉진하는 전사 인자는 A와 C이다.
- ㉢. (가)에서 b 와 c 의 발현을 억제할 때 x 와 y 가 모두 발현된다.

06 진핵생물의 유전자 발현 조절

(나)가 w 라면 ㉠이 발현된 세포에서 (가), (나), (라)가, ㉡이 발현된 세포에서 (가), (나)가, ㉢이 발현된 세포에서 (다), (라)가 발현되어야 하는데 주어진 표에 부합하지 않으므로 (나)는 w 가 아니다. (라)가 w 라면 ㉠이 발현된 세포에서 (가), (나), (라)가, ㉡이 발현된 세포에서 (가), (나)가, ㉢이 발현된 세포에서 (가), (다), (라)가 발현되어야 하는데 주어진 표에 부합하지 않으므로 (라)는 w 가 아니다. 따라서 (다)가 w 이며, (나)는 z , (가)와 (라)는 x 와 y 중 서로 다른 하나이다.

- ㉠. ㉠이 발현되는 세포에서는 (나)와 (라), ㉡이 발현되는 세포에서는 (가)와 (나)가 발현된다. 따라서 ㉢와 ㉣는 모두 '×'이다.
- ㉡. II와 III에서 z 가 모두 발현되었으므로 (나)는 전사 인자 결합 부위 B와 C가 모두 있는 z 이다.
- ㉢. IV에서 w , x , y 가 발현되었으므로 IV는 ㉢이 발현된 세포이다.

07 생쥐의 흑색 유전자

야생형 생쥐 (가)에서는 가슴 부위에만 갈비뼈가 형성되었지만, 돌연변이 생쥐 (나)에서는 허리 부위까지 갈비뼈가 형성되었다.

- ㉠. 흑색 $b6$ 유전자의 발현 산물은 전사 인자이다.
- ㉡. 야생형 생쥐 (가)의 허리 부위에도 흑색 $b6$ 유전자는 있지만 발현이 되지 않는다.
- ㉢. 야생형 생쥐 (가)와 돌연변이 생쥐 (나)의 가슴 부위에서 모두 흑색 $b6$ 유전자가 발현되어 갈비뼈가 형성되었다.

08 원핵생물의 유전자 발현 조절

포도당과 젖당이 모두 있는 배지에서 대장균을 배양하면 대장균은 포도당을 에너지원으로 먼저 사용하므로, 구간 I에서 대장균은 포도당과 젖당 중 포도당을 에너지원으로 사용하여 증식하고, 구간 II에서 대장균은 젖당을 에너지원으로 사용하여 증식한다.

- ㉠. ㉠보다 ㉡의 농도가 먼저 감소하므로 ㉠은 포도당이다.
- ㉡. 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자는 포도당과 젖당의 유무와 상관없이 항상 발현된다. 따라서 구간 I에서 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 발현된다.
- ㉢. 구간 II에서 대장균은 젖당을 에너지원으로 이용하여 증식한다.

09 진핵생물의 유전자 발현 조절

핵심 조절 유전자는 다른 유전자의 발현을 조절하는 전사 인자를 암호화한다. I에서는 꽃받침과 꽃잎이, II에서는 수술과 암술이 정상적으로 형성되었으므로, I은 c 가, II는 a 가, III은 b 가 발현되지 않은 돌연변이이다.

- ㉠. 꽃잎 세포에서는 a 와 b 가, 수술 세포에서는 b 와 c 가 발현되므로 꽃잎과 수술의 형성에 필요한 유전자의 전사에는 B가 필요하다.
- ㉡. I에서 꽃받침이 형성되었으므로 I의 꽃받침 세포에는 A의 전사 인자 결합 부위가 있다.
- ㉢. III은 b 가 발현되지 않은 돌연변이므로 III의 꽃에서는 꽃받침과 암술이 모두 정상적으로 형성된다.

10 진핵생물의 유전자 발현 조절

III에서 유전자 x 를 제거했을 때 (가)가 발현되었으므로 X는 C에 결합한다. I에서 제거된 유전자가 없을 때 (다)가 발현되었으므로 I에서 발현되는 전사 인자는 B에 결합한다. I에서 유전자 z 가 제거되었을 때 (다)가 발현되지 않으므로 Z는 B에 결합한다. 따라서 I에서 발현되는 전사 인자는 Z이며, Y는 A에 결합한다. II에서 유전자 x 를 제거했을 때 (가)가 발현되었으므로 II에서 발현되는 전사 인자는 A와 B에 결합한다. 따라서 II에서 발현되는 전사 인자는 Y와 Z이다.

- ㉠. Z는 B에 결합한다.
- ㉡. ㉢는 '○'이며, ㉣는 '×'이다.
- ㉢. II에서 발현되는 전사 인자는 Y와 Z이다.

09 생명의 기원

수능 2점 테스트

본문 147~150쪽

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

01 화학적 진화설과 심해 열수구설

화학적 진화설은 원시 지구의 환경에서 무기물로부터 간단한 유기물이 합성되고, 간단한 유기물이 농축되어 복잡한 유기물이 생성되며, 복잡한 유기물로부터 형성된 유기물 복합체가 최초의 생명체가 되었다는 학설이다. 심해 열수구설은 화산 활동으로 에너지가 풍부하고, 간단한 유기물 합성에 필요한 물질이 높은 농도로 존재하는 심해 열수구에서 최초의 생명체가 탄생했다는 가설이다. ✕. 화학적 진화설에서 원시 지구 대기의 성분은 환원성 기체로 메테인(CH₄), 암모니아(NH₃), 수증기(H₂O), 수소(H₂)가 포함되어 있다.

- ㉠ 화학적 진화설에서 유기물의 합성 장소는 대기와 바다이고, 심해 열수구설에서 유기물의 합성 장소는 해저이다.
✕. 화학적 진화설과 심해 열수구설 모두에서 유기물 합성에는 에너지가 필요하다.

02 밀러와 유리의 실험

밀러와 유리는 원시 지구의 환경과 비슷한 조건을 조성하여 혼합 기체로부터 간단한 유기물이 합성됨을 확인하였다.

- ㉠ 혼합 기체에는 메테인(CH₄), 암모니아(NH₃), 수증기(H₂O), 수소(H₂)가 모두 포함된다.
㉡ U자관에 고인 물은 원시 지구의 바다를 재현한 것이다.
㉢ 전기 방전은 물질 합성에 필요한 에너지를 공급한다.

03 밀러와 유리의 실험

밀러와 유리의 실험에서 U자관 내의 아미노산의 농도는 증가했고, 암모니아의 농도는 감소했다.

- ㉠ A는 암모니아, B는 아미노산이다.
㉡ 아미노산(B)은 단백질의 기본 단위이다.
✕. 암모니아(A)는 무기물에, 아미노산(B)은 간단한 유기물에 해당한다.

04 화학적 진화설

화학적 진화설에 의하면 무기물로부터 간단한 유기물이 합성되

고, 간단한 유기물이 농축되어 복잡한 유기물이 생성되며, 복잡한 유기물로부터 유기물 복합체가 형성된다.

- ㉠ 화학적 진화설에 따르면 원시 대기(㉠)에는 환원성 기체 성분이 있다.
㉡ 폭스는 간단한 유기물인 아미노산의 혼합물을 고압 상태에서 가열하여 복잡한 유기물인 아미노산 중합체를 만들어 (가) 과정을 증명하였다.
㉢ 코아세르베이트는 유기물 복합체(㉢)에 해당한다.

05 코아세르베이트와 마이크로스피어

오파린은 복잡한 유기물의 혼합물로부터 액상의 막에 둘러싸인 작은 액체 방울 형태의 유기물 복합체인 코아세르베이트를 만들었다. 폭스는 아미노산 용액에 높은 열을 가해 아미노산 중합체를 만든 후, 이것을 물에 넣어 서서히 식혀 작은 액체 방울 형태의 유기물 복합체인 마이크로스피어를 만들었다.

- ㉠ A는 코아세르베이트, B는 마이크로스피어이다.
㉡ 코아세르베이트(A)와 마이크로스피어(B) 모두 일정 크기 이상이 되면 스스로 분열한다.
✕. 코아세르베이트(A)는 물로 구성된 막을, 마이크로스피어(B)는 단백질로 구성된 막을 갖는다.

06 유기물 복합체

리포솜, 마이크로스피어, 코아세르베이트는 모두 주변 환경으로부터 물질을 흡수하면서 커진다. 마이크로스피어와 리포솜은 모두 탄소 화합물로 된 막을 갖는다. 리포솜은 물속의 인지질이 뭉쳐 만들어졌다. 따라서 ㉠은 코아세르베이트, ㉡은 마이크로스피어, ㉢은 리포솜이다.

- ㉠ 코아세르베이트(㉠)는 탄소가 포함된 물질인 탄수화물, 단백질, 핵산의 혼합물로부터 만들어진다.
✕. ㉡은 마이크로스피어, ㉢은 리포솜이다.
㉢ 코아세르베이트(㉠), 마이크로스피어(㉡), 리포솜(㉢) 중 현재의 세포막과 가장 유사한 막 구조인 인지질 2중층을 갖는 것은 리포솜(㉢)이다.

07 DNA, 단백질, 리보자임

단백질은 아미노산으로 구성되고 촉매 기능을 할 수 있다. 리보자임은 촉매 기능을 할 수 있고, 유전 정보를 저장할 수 있다. DNA는 유전 정보를 저장할 수 있다.

- ✕. A는 리보자임, B는 단백질, C는 DNA이다.
✕. DNA(C)를 구성하는 당은 디옥시리보스이다.
㉢. ㉠은 '유전 정보를 저장할 수 있다.'이고, ㉡은 '촉매 기능을 할 수 있다.'이며, ㉢은 '아미노산으로 구성된다.'이다.

08 리보자임

리보자임은 RNA 단일 가닥을 구성하는 염기들끼리 상보적 결합을 하여 복잡한 모양으로 접힐 수 있어 다양한 입체 구조를 갖는다. 리보자임은 단백질로 구성된 효소 없이도 스스로 효소 작용을 하기도 한다.

✗. 타이민(T)은 RNA ㉠을 구성하는 염기가 아니다. RNA를 구성하는 염기는 아데닌(A), 유라실(U), 구아닌(G), 사이토신(C)이 있다.

○. X는 RNA ㉠을 분해하므로 촉매로 작용한다.

○. 리보자임은 RNA이므로 X를 구성하는 기본 단위는 뉴클레오타이드이다.

09 생명체의 유전 정보 체계

(가)는 RNA 기반의 유전 정보 체계이고, (나)는 RNA와 단백질 기반의 유전 정보 체계이고, (다)는 DNA 기반의 유전 정보 체계이다.

✗. RNA 우선 가설에 의하면 최초의 생명체의 유전 정보 체계는 RNA 기반의 유전 정보 체계(가)이다.

○. RNA와 단백질 기반의 유전 정보 체계(나)와 DNA 기반의 유전 정보 체계(다) 모두에서 단백질은 효소 기능을 담당한다.

✗. ㉠은 DNA, ㉡은 RNA이다. DNA(㉠)는 RNA(㉡)보다 화학적으로 안정하므로 유전 정보 저장에 더 유리하다.

10 생명체의 진화

최초의 생명체는 무산소 호흡하는 종속 영양 생물이었고, 이후 광합성하는 독립 영양 생물과 산소 호흡하는 종속 영양 생물이 순차적으로 출현하였다.

○. 최초의 생명체는 무산소 호흡을 했다.

✗. 최초의 광합성을 하는 독립 영양 생물이 출현한 후 최초의 산소 호흡을 하는 종속 영양 생물이 출현했다.

✗. 최초의 진핵생물은 단세포 생물이다.

11 생명체의 진화

최초의 다세포 진핵생물의 출현 시기는 최초의 단세포 진핵생물 출현 이후이고, 세포내 공생설에 따르면 미토콘드리아의 기원은 산소 호흡 세균이고, 엽록체의 기원은 광합성 세균이다. 따라서 A는 다세포 진핵생물, B는 산소 호흡 세균, C는 광합성 세균이다.

○. 다세포 진핵생물(A)은 핵막을 갖는다.

✗. 광합성 세균(C)은 독립 영양 생물이다.

✗. 최초의 산소 호흡 세균(B)은 최초의 광합성 세균(C)보다 나중에 출현했다.

12 생명체의 진화와 대기 성분의 변화

무산소 호흡 종속 영양 생물의 무산소 호흡 결과 대기에는 이산화 탄소가 증가하였다. 대기 중 이산화 탄소 농도의 증가와 유기물 양의 감소로 유기물을 스스로 합성하는 광합성 세균이 출현하였으며, 대기에는 산소의 농도가 증가하였다. 산소의 농도와 유기물의 양 증가로 산소를 이용하여 호흡하는 산소 호흡 세균이 출현하였다. 따라서 ㉠은 무산소 호흡 종속 영양 생물, ㉡은 광합성 세균, ㉢은 산소 호흡 세균이다.

✗. 세포내 공생설에 따르면 미토콘드리아의 기원은 산소 호흡 세균(㉢)이다.

○. 광합성 세균(㉡)은 빛에너지를 화학 에너지로 전환한다.

✗. 육상 생물 출현 시기에 산소 호흡 세균(㉢)은 존재했다.

13 진핵생물의 출현

막 진화설은 생명체가 가진 세포막이 세포 안으로 함입되어 막성 세포 소기관으로 분화되었다는 가설이고, 세포내 공생설은 독립적으로 생활하던 산소 호흡 세균과 광합성 세균이 숙주 세포와 공생하다가 각각 미토콘드리아와 엽록체로 분화되었다는 가설이다.

○. (가)는 세포내 공생설, (나)는 막 진화설이다.

○. 산소 호흡 세균(㉠)의 세포막은 미토콘드리아의 내막 구조와 유사하고, 산소 호흡 세균(㉠)과 미토콘드리아는 유사한 자체 DNA와 리보솜을 가지고 있다.

○. 막 진화설(나)에 따르면 세포막이 세포 안으로 함입되어 분화된 막성 세포 소기관에는 핵, 소포체, 골지체 등이 있다.

14 세포내 공생설

세포내 공생설에 따르면 산소 호흡 세균은 미토콘드리아로, 광합성 세균은 엽록체로 분화되었다.

○. ㉠은 산소 호흡 세균이고, ㉡은 광합성 세균이다.

✗. 광합성 세균(㉡)은 독립 영양 생물에 속한다.

○. 산소 호흡 세균(㉠)과 광합성 세균(㉡)은 모두 유전 물질을 갖는다.

15 다세포 진핵생물의 출현

독립된 단세포 진핵생물이 모여 군체를 이룬 후, 환경에 적응하는 과정에서 세포의 형태와 기능이 분화되어 다세포 진핵생물로 진화하였다.

✗. (가)는 단세포 진핵생물의 군체, (나)는 초기 다세포 진핵생물이다.

○. 단세포 진핵생물(㉠)과 초기 다세포 진핵생물(나)을 이루는 모든 세포는 모두 핵막을 갖는다.

㉠ 최초의 광합성을 하는 원핵생물은 초기 다세포 진핵생물(나)보다 먼저 출현했다.

16 생명체의 진화

광합성 세균이 산소 호흡 세균과 단세포 진핵생물보다 먼저 출현했으며, 이후 산소 호흡 세균과 단세포 진핵생물이 순차적으로 출현했다.

✗. ㉠은 광합성 세균, ㉡은 산소 호흡 세균, ㉢은 단세포 진핵생물이다.

✗. 산소 호흡 세균(㉡)은 원핵생물로 미토콘드리아를 갖지 않는다.

㉠. 단세포 진핵생물(㉢)은 단백질을 갖는다.

수능 3점 테스트

본문 151~153쪽

01 ② 02 ④ 03 ④ 04 ⑤ 05 ① 06 ③

01 화학적 진화설

화학적 진화설에 의하면 무기물로부터 간단한 유기물이 합성되고, 간단한 유기물이 농축되어 복잡한 유기물이 생성되며, 복잡한 유기물로부터 유기물 복합체가 형성된다. 폭스는 간단한 유기물인 아미노산의 혼합물을 고압 상태에서 가열하여 복잡한 유기물인 아미노산 중합체를 만들었다.

✗. 핵산은 복잡한 유기물에 해당한다.

✗. 폭스의 실험은 (나) 과정을 증명한 실험이다.

㉠. ③는 폭스이다.

02 밀러와 유리의 실험

밀러와 유리는 화학적 진화설의 원시 지구 환경과 비슷한 조건을 조성하여 혼합 기체로부터 간단한 유기물이 합성됨을 확인하였다.

✗. 혼합 기체에는 메테인(CH_4), 암모니아(NH_3), 수증기(H_2O), 수소(H_2)가 포함되지만 이산화 탄소(CO_2)는 포함되지 않는다.

㉠. (나) 과정은 수증기를 공급하고, 화산 폭발 등의 에너지로 인한 고온 상태를 재현한 것이다.

㉡. 밀러와 유리의 실험 결과 U자관 내 용액 속 암모니아의 농도는 감소하였고, 아미노산의 농도는 증가하였으므로 A는 암모니아, B는 아미노산이다.

03 유기물 복합체

리포솜, 마이크로스피어, 코아세르베이트는 모두 일정 크기 이상이 되면 분열할 수 있다. 리포솜과 마이크로스피어는 모두 탄소 화합물로 구성된 막을 가지고 있다. 리포솜은 물속에서 인지질이 뭉쳐 만들어졌다. 따라서 A는 코아세르베이트, B는 리포솜, C는 마이크로스피어이다.

㉠. ③와 ④는 모두 'O'이다.

✗. ㉠은 '탄소 화합물로 구성된 막을 가지고 있다.'이고, ㉡은 '물속에서 인지질이 뭉쳐 만들어졌다.'이며, ㉢은 '일정 크기 이상이 되면 분열할 수 있다.'이다.

㉣. 코아세르베이트(A), 리포솜(B), 마이크로스피어(C) 중 인지질 2중층의 막 구조를 갖는 것은 리포솜(B)이다.

04 DNA, 단백질, 리보자임

단백질과 리보자임은 모두 효소 기능을 할 수 있다. DNA와 리보자임은 유전 정보를 저장할 수 있으며, 기본 단위가 뉴클레오타이드이다.

㉠. C는 DNA이고, ③는 2이다.

㉡. A는 단백질이다.

㉣. B는 리보자임이다. 리보자임(B)의 구성 성분에는 리보스가 있고, DNA의 구성 성분에는 디옥시리보스가 있다.

05 생명체의 진화

최초의 생명체는 무산소 호흡 종속 영양 생물이었고, 이후 광합성하는 독립 영양 생물과 산소 호흡하는 종속 영양 생물이 순차적으로 출현하였다.

㉠. A는 최초의 무산소 호흡 종속 영양 생물, B는 최초의 광합성 세균, C는 최초의 산소 호흡 세균이다.

✗. 최초의 광합성 세균(B)은 독립 영양을 한다.

✗. 최초의 무산소 호흡 종속 영양 생물(A)과 최초의 산소 호흡 세균(C)은 모두 빛에너지를 화학 에너지로 전환하지 못한다.

06 세포내 공생설

세포내 공생설에 따르면 산소 호흡 세균은 미토콘드리아로, 광합성 세균은 엽록체로 분화되었으므로 ㉠은 미토콘드리아, ㉡은 엽록체이다. 단백질과 리보자임 중 리보자임만 유전 정보를 저장할 수 있다. 단백질과 리보자임은 모두 촉매 기능을 할 수 있다. 따라서 ㉠은 리보자임, ㉡은 단백질이다.

㉣. 엽록체(㉡)는 단백질(㉢)을 갖는다.

㉠. 원시 원핵세포에서 세포막이 세포 안으로 함입되어 핵, 소포체, 골지체 등으로 분화된 이후 산소 호흡 세균과 광합성 세균이 각각 미토콘드리아와 엽록체로 분화되었다. 따라서 (가)와 (나)는 모두 핵막을 갖는다.

✗. 리보자임(㉠)의 기본 단위는 뉴클레오타이드이다.

10 생물의 분류와 다양성

수능 2점 테스트

본문 161~164쪽

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

01 학명

학명은 속명과 종소명으로 구성된다. A와 D는 모두 *Juniperus* 속에 속하고, B와 C는 모두 *Pinus* 속에 속한다.

- ㉠ C의 학명에서 *densiflora*(㉠)는 종소명이다.
- ㉡ 생물의 분류 단계에서 강은 목보다 상위 분류 단계이다. A와 B는 모두 구과목에 속하므로 같은 강에 속한다.
- ㉢ A와 B는 종소명이 같지만 속명이 다르고, A와 D는 속명이 같다. 따라서 A와 B의 유연관계는 A와 D의 유연관계보다 멀다.

02 학명과 계통수

A와 C는 *Bos* 속에 속한다. 생물의 분류 단계에서과는 속보다 상위 분류 단계이므로 C는 소과에 속한다.

- ㉣ C의 학명은 속명과 종소명으로 나타내었으므로 이명법을 사용하였다.
- ㉤ B만 사슴과에 속하므로 ㉠은 C, ㉡은 D, ㉢은 B이다.
- ㉥ 생물의 분류 단계에서 목은 과보다 상위 분류 단계에 해당하며 ㉠과 ㉡은 모두 소과에 속하므로 같은 목에 속한다.

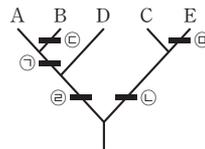
03 계통수와 분류 단계

계통수에서 최근의 공통 조상을 공유할수록 생물종 사이의 유연관계가 가깝다.

- ㉦ ㉠과 ㉡의 유연관계가 ㉠과 ㉢의 유연관계보다 가깝다. ㉠과 ㉢은 ㉡가 같고, ㉣는 다르다. 생물의 분류 단계에서 목은 과보다 상위 분류 단계에 해당하므로 ㉡는 목, ㉣는 과이다.
- ㉧ ㉠과 ㉡은 같은 A과에 속하므로 같은 I 목에 속한다. 따라서 ㉢과 ㉣은 같은 I 목에 속한다.
- ㉨ ㉠과 ㉡의 유연관계는 ㉠과 ㉢의 유연관계보다 가깝다.

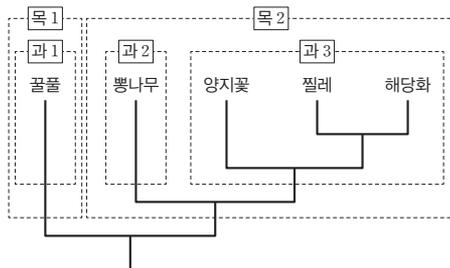
04 계통수

비슷한 특징을 많이 공유한 생물일수록 유연관계가 가깝고 계통수에서 최근의 공통 조상을 공유한다. 따라서 A~E가 가지는 특징을 기준으로 계통수를 나타내면 그림과 같다.



05 계통수

꿀풀, 뽕나무, 양지꽃, 질레, 해당화에서 더 최근의 공통 조상을 공유하는 뽕나무, 양지꽃, 질레, 해당화가 하나의 목에 속하고, 나머지 꿀풀이 또 다른 하나의 목에 속한다. 또한 뽕나무, 양지꽃, 질레, 해당화에서 더 최근의 공통 조상을 공유하는 양지꽃, 질레, 해당화가 하나의 과에 속한다.



- ㉠ 생물의 분류 단계에서 강은 목보다 상위 분류 단계이므로 뽕나무와 해당화는 같은 강에 속한다.
- ㉡ 양지꽃과 질레는 같은 과에 속한다.
- ㉢ 뽕나무와 꿀풀의 유연관계는 뽕나무와 해당화의 유연관계보다 멀다.

06 특징에 따른 분류

A과에 속하는 (가), (나), (다)는 모두 꽃잎이 4장이고, B과에 속하는 (라)는 꽃잎이 5장이다. ㉠속에 속하는 (가)와 (다)는 가는 뿌리와 타원 모양의 잎을 가지고 있고, ㉡속에 속하는 (나)는 굵은 뿌리와 토끼풀 모양의 잎을 가지고 있다.

- ㉢ 꽃잎의 수가 과를 분류하는 특징이다.
- ㉣ 생물의 분류 단계에서 목은 과보다 상위 분류 단계이고, (가)와 (나)는 같은 A과에 속하므로 같은 목에 속한다.
- ㉤ (가)는 (다)와 같은 과이고 (라)와는 다른 과이므로 (가)와 (다)의 유연관계는 (가)와 (라)의 유연관계보다 가깝다.

07 3역 6계 분류 체계

진정세균계는 세균역에, 고세균계는 고세균역에 속한다. 원생생물계, 식물계, 균계, 동물계는 모두 진핵생물역에 속한다.

- ㉠ 세균역에 속하므로 진정세균계이다.
- ㉡ ㉢은 식물계, ㉣은 동물계이다. 식물계(㉢)와 동물계(㉣)에 속하는 생물은 모두 진핵생물이므로 핵막을 가지고 있다.
- ㉤ 고세균계와 진정세균계(㉠)의 유연관계는 고세균계와 식물계(㉢)의 유연관계보다 멀다.

08 3역 6계 분류 체계

민들레는 진핵생물역의 식물계에, 붉은뽕곰팡이는 진핵생물역의 균계에, 메테인 생성균은 고세균역의 고세균계에 속한다.

✕. 민들레와 붉은뽕곰팡이는 모두 미토콘드리아를 가지고 있다.
✕. 메테인 생성균은 (나)의 특징 중 1가지(리보솜이 있다.)만 갖는다.

㉠. 민들레와 붉은뽕곰팡이는 모두 진핵생물역에 속한다.

09 3역 6계 분류 체계

균계와 동물계의 유연관계는 균계와 식물계의 유연관계보다 가까우므로 A는 동물계, B는 식물계, C는 진정세균계이다.

✕. 동물계(A)에 속하는 생물은 DNA가 있지만 세포벽이 없으며, 종속 영양 생물이다.

㉡. 식물계(B)에 속하는 생물은 세포벽이 있다.

✕. 식물계(B)에 속하는 생물은 진핵생물로 핵막이 있지만 진정세균계(C)에 속하는 생물은 원핵생물로 핵막이 없다.

10 식물의 분류

소나무와 옥수수는 모두 관다발을 가지고 있지만 우산이끼는 관다발을 가지고 있지 않다. 소나무는 겉씨식물에 속하고, 옥수수는 속씨식물에 속한다.

㉢. A는 소나무, B는 옥수수, C는 우산이끼이다.

✕. 옥수수(B)는 종자로 번식하고, 우산이끼(C)는 포자로 번식한다.

㉣. 소나무(A), 옥수수(B), 우산이끼(C)는 모두 식물계에 속하므로 셀룰로스 성분의 세포벽이 있다.

11 식물의 분류

장미, 빨이끼, 쇠뜨기는 모두 엽록소 a를 가지고 있다. 장미는 종자식물, 쇠뜨기는 비종자 관다발 식물이므로 장미와 쇠뜨기는 모두 관다발을 가지고 있다. 장미는 종자로 번식한다.

㉤. A는 쇠뜨기, B는 빨이끼, C는 장미이다.

㉥. ㉠과 ㉡는 모두 '○'이다.

㉦. ㉢은 '종자로 번식한다.', ㉣은 '관다발을 가지고 있다.', ㉤은 '엽록소 a를 가지고 있다.'이다.

12 식물의 분류

벼와 은행나무는 모두 종자로 번식하고, 벼에는 씨방이 있다.

㉧. A는 벼, B는 은행나무, C는 석송이다.

㉨. 석송(C)은 포자로 번식한다.

✕. 벼(A), 은행나무(B), 석송(C)은 모두 식물계에 속하고, 세포벽을 가지고 있다.

13 동물의 분류

달팽이, 예쁜꼬마선충, 지렁이는 모두 선구동물에 속하고, 불가사리는 후구동물에 속하므로 ㉩는 선구동물, ㉪는 후구동물이다. 달팽이와 예쁜꼬마선충은 모두 체절이 없지만 지렁이는 체절이 있다. 달팽이와 지렁이는 모두 촉수담륜동물에 속한다. 따라서 A는 달팽이, B는 예쁜꼬마선충, C는 지렁이, D는 불가사리이다.

✕. 선구동물(㉩)은 원구가 입이 되는 동물이다.

㉢. 예쁜꼬마선충(B)은 선형동물로 탈피동물에 속한다.

㉣. 달팽이(A)와 지렁이(C)는 선구동물(㉩)에 속하고, 불가사리(D)는 후구동물(㉪)에 속한다. 따라서 달팽이(A)와 지렁이(C)의 유연관계는 달팽이(A)와 불가사리(D)의 유연관계보다 가깝다.

14 동물의 분류

고양이, 오징어, 우렁쟁이, 지네는 모두 중배엽을 형성하고, 해파리는 중배엽을 형성하지 않는다. 오징어와 지네는 모두 원구가 입이 되는 선구동물에 속하고, 고양이와 우렁쟁이는 모두 원구가 항문이 되는 후구동물에 속한다. 지네는 탈피동물에 속하고, 오징어는 촉수담륜동물에 속한다. 따라서 A는 오징어, B는 지네, C는 우렁쟁이, D는 해파리이다.

㉤. 지네(B)는 절지동물에 속하므로 외골격을 가지고 있다.

㉥. 우렁쟁이(C)는 유생 시기에만 척삭이 나타났다가 없어지므로 척삭동물에 속한다.

✕. ㉩는 '촉수담륜동물에 속한다.', ㉪는 '원구가 항문이 된다.',

㉦는 '중배엽을 형성한다.'이다.

15 동물의 분류

오징어, 회충, 해삼은 모두 기관이 분화되어 있고, 3배엽성 동물에 속한다. 해면은 기관이 분화되어 있지 않고 배엽을 형성하지 않는다. 오징어와 회충은 모두 원구가 입이 되는 선구동물이고, 해삼은 원구가 항문이 되는 후구동물이다. 오징어는 촉수담륜동물에 속하고, 회충은 탈피동물에 속한다. 따라서 A는 해면, B는 해삼, C는 오징어, D는 회충이다.

✕. 해면(A)은 (가)의 특징을 모두 가지고 있지 않으므로 ㉠은 0이다.

✕. 해삼(B)은 후구동물에 속하므로 ㉢(원구가 입이 된다.)을 가지고 있지 않다.

㉣. 오징어(C)는 촉수담륜동물에 속한다.

16 동물의 분류

게와 지렁이는 모두 선구동물에 속하고, 창고기는 후구동물에 속한다. A와 B의 유연관계는 A와 C의 유연관계보다 가까우므로 C는 창고기이다. 게는 외골격을 가지고 있지만 지렁이는 외골격을 가지고 있지 않으므로 A는 지렁이, B는 게이다.

㉤. ㉩는 '외골격을 가지고 있다.', ㉪는 '척삭을 가지고 있다.'이다.

✗. ㉓는 '×'이다.

✗. 지렁이(A)와 개(B)는 선구동물에 속하고, 창고기(C)는 후구 동물에 속한다.

수능 3점 테스트 본문 165~167쪽

01 ④ 02 ① 03 ② 04 ⑤ 05 ④ 06 ⑤

01 학명과 계통수

A와 F는 모두 *Panthera* 속에 속하므로 A는 고양이과이고, B와 D는 모두 *Canis* 속에 속하므로 D는 개과이다.

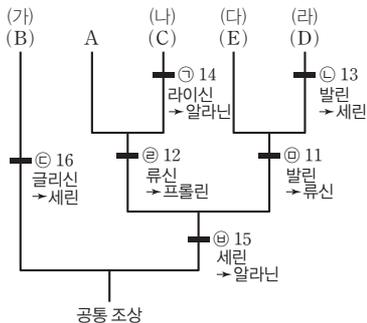
㉠. A, E, F는 고양이과에 속하는데, 이중 A와 F는 동일한 *Panthera* 속에 속하므로 더 최근에 공통 조상을 공유하고, *Felis* 속에 속하며 더 이전 시기에 분기한 ㉠이 E이다.

✗. 생물의 분류 단계에서 강은 목보다 상위 분류 단계인데 A와 B는 모두 식육목에 속하므로 A와 B는 같은 강에 속한다.

㉡. C와 F의 공통 조상이 C와 D의 공통 조상보다 더 최근에 존재하므로 C와 F의 유연관계는 C와 D의 유연관계보다 가깝다.

02 계통수

계통수에서 (가)는 공통 조상의 아미노산으로부터 아미노산 치환이 1회만 일어난 종이므로 B이다. 아미노산 치환이 3회 일어난 (나)와 (라)는 각각 C와 D 중 하나이다. A와 C는 아미노산 서열이 유사하므로 (나)는 C이다. 따라서 (다)는 E, (라)는 D이다. 표의 아미노산 치환을 계통수에 나타내면 그림과 같다.



㉢. (다)는 E이다.

✗. ㉔은 아미노산 자리 11에서 일어난 아미노산 치환(발린 → 류신)이다.

✗. A~E는 3개의 과로 분류되므로 A와 C(나)가 같은 과에 속하고, D(라)와 E(다)는 같은 과에 속하므로 A와 E(다)는 같은 과에 속하지 않는다.

03 3역 6계 분류 체계

A는 진정세균계, B는 고세균계, C는 식물계, D는 동물계이다. (나)는 고세균계(B)에 속하므로 메테인 생성균이고, (다)는 밀씨가 있으므로 소나무이며, (라)는 기관계가 있으므로 지렁이이다. 따라서 (가)는 남세균이다.

✗. 소나무(다)는 식물계(C)에 속한다.

㉠. 메테인 생성균(나)과 소나무(다)는 모두 세포벽을 가지고 있다.

✗. 남세균(가)은 진정세균계(A)에 속하고, 메테인 생성균(나)은 고세균계(B)에 속하며, 지렁이(라)는 동물계(D)에 속한다. 따라서 남세균(가)과 메테인 생성균(나)의 유연관계는 메테인 생성균(나)과 지렁이(라)의 유연관계보다 멀다.

04 식물의 분류

민들레, 석송, 소나무, 솔이끼는 모두 셀룰로스 성분의 세포벽이 있다. 민들레, 석송, 소나무는 모두 관다발이 있지만 솔이끼는 관다발이 없다. 민들레와 소나무는 종자를 만들어 번식하고, 민들레는 밀씨가 씨방 안에 들어 있다.

㉠. ㉓는 3이다.

㉡. A는 소나무, B는 솔이끼, C는 석송, D는 민들레이다.

㉢. 민들레(D)는 모두 뿌리, 줄기, 잎의 구별이 뚜렷하다.

05 동물의 분류

벌과 오징어는 모두 중배엽을 형성하지만 말미잘은 중배엽을 형성하지 않는다. 벌에는 체절이 있지만 말미잘과 오징어에는 체절이 없다. 따라서 (가)는 벌, (나)는 오징어, (다)는 말미잘이다.

㉠. 벌(가)은 탈피동물에 속한다.

✗. 새우는 절지동물이므로 새우와 유연관계가 가장 가까운 A는 벌(가)이고, 다음으로 유연관계가 가까운 B는 오징어(나)이며, C는 말미잘(다)이다.

㉡. 오징어(나)는 외투막을 가지고 있고, 벌(가)과 말미잘(다)은 모두 외투막을 가지고 있지 않으므로 '외투막을 가지고 있다.'는 ㉠에 해당한다.

06 동물의 분류

갯지렁이와 꽃게는 모두 선구동물이지만 창고기는 후구동물이다. 꽃게는 탈피를 하며, 창고기는 척삭을 가지고 있다. 따라서 A는 꽃게, B는 갯지렁이, C는 창고기이다.

㉠. ㉓는 '×'이다.

㉡. ㉠은 '척삭을 가지고 있다.'이고, ㉢은 '탈피를 한다.'이고, ㉣은 '선구동물이다.'이다.

㉤. 꽃게(A)와 갯지렁이(B)의 유연관계는 꽃게(A)와 창고기(C)의 유연관계보다 가깝다.

11 생물의 진화

수능 2점 테스트

본문 175~178쪽

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

01 생물 진화의 증거

생물 진화의 증거에는 화석상의 증거, 비교해부학적 증거, 진화발생학적 증거, 생물지리학적 증거, 분자진화학적 증거가 있다.

㉠ DNA 염기 서열을 비교하면 생물 간의 진화적 유연관계를 알 수 있으며, 이는 분자진화학적 증거에 해당한다.

㉡ 상동 형질(상동 기관)은 공통 조상으로부터 물려받은 형태적 특징이고, 상사 형질(상사 기관)은 공통 조상으로부터 물려받지 않았지만 서로 형태적으로 유사해진 특징이다. 상동 형질과 상사 형질은 비교해부학적 증거에 해당한다.

㉢ 화석을 연구하면 지층이 형성될 당시의 생물 다양성과 환경의 특성을 알 수 있다.

02 비교해부학적 증거

비교해부학적 증거에는 상동 형질(상동 기관), 상사 형질(상사 기관), 흔적 기관이 있다.

㉣ 잠자리의 날개와 박쥐의 날개는 공통 조상으로부터 물려받지 않았지만 서로 형태적으로 유사해진 특징이므로 상사 형질(상사 기관)의 예에 해당한다.

㉤ 박쥐의 날개와 사자의 앞다리는 해부학적 구조와 발생 기원이 같은 상동 형질(상동 기관)의 예에 해당한다.

㉥ 사자의 앞다리와 박쥐의 날개는 상동 형질(상동 기관)의 예에, 박쥐의 날개와 잠자리의 날개는 상사 형질(상사 기관)의 예에 해당하므로 박쥐와 사자의 유연관계는 박쥐와 잠자리의 유연관계보다 가깝다.

03 생물 진화의 증거

돼지의 배아와 쥐의 배아에서 초기 배아의 형태가 유사한 것은 진화발생학적 증거의 예에, 유대류가 오스트레일리아에 대부분 분포하는 것은 생물지리학적 증거의 예에, 참새의 날개와 나비의 날개는 발생 기원이 다르지만 기능이 유사한 것은 비교해부학적 증거의 예에 해당한다.

㉦ (가)는 진화발생학적 증거, (나)는 생물지리학적 증거, (다)는 비교해부학적 증거이다.

㉧ '그랜드 캐니언 협곡의 남쪽과 북쪽에는 서로 다른 종의 영양

다람쥐가 살고 있다.'는 생물지리학적 증거(나)의 예에 해당한다.
㉨ 참새의 날개와 나비의 날개는 발생 기원이 다르므로 ㉣은 상사 형질(상사 기관)의 예에 해당한다.

04 화석상의 증거

현생 고래는 뒷다리가 흔적으로만 남아 있지만 고래 조상 종의 화석에서는 온전한 뒷다리가 발견된다. 이는 육상 생활을 하던 포유류의 일부가 고래로 진화하였음을 보여준다.

㉩ A가 B보다 먼저 출현했으므로 A의 화석은 B의 화석보다 오래된 지층에서 발견되었다.

㉪ 고래 조상 종의 화석과 오늘날의 고래를 통해 고래의 진화 과정을 알 수 있는 것은 생물 진화의 증거 중 화석상의 증거에 해당한다.

㉫ 고래의 가슴지느러미는 고래 조상 종의 앞다리에서 변화된 것이다. 고래의 가슴지느러미(㉬)와 침팬지의 앞다리는 상동 형질(상동 기관)의 예에 해당한다.

05 분자진화학적 증거

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

㉭ 여러 생물의 단백질 사이토크롬 c의 아미노산 서열에서 사람의 단백질 사이토크롬 c의 아미노산 서열과 차이 나는 아미노산의 수를 비교하는 것은 분자진화학적 증거에 해당한다.

㉮ 사람의 단백질 사이토크롬 c의 아미노산 서열과 차이 나는 아미노산의 수가 적을수록 사람과 유연관계가 가깝다. 따라서 사람과 개의 유연관계는 사람과 거북의 유연관계보다 가깝다.

㉯ 공통 조상이 존재했던 시기가 가까울수록 DNA 염기 서열이나 단백질의 아미노산 서열이 유사하다. 따라서 공통 조상에서 분화한 지 오래될수록 아미노산 서열에서 차이 나는 아미노산 수가 많아진다.

06 돌연변이, 병목 효과, 유전자 흐름

돌연변이는 DNA의 염기 서열에 변화가 생겨 새로운 대립유전자자가 나타나는 현상이고, 병목 효과는 자연재해 등으로 집단의 크기가 급격히 감소할 때 유전자풀이 달라지는 현상이며, 유전자 흐름은 두 집단 사이에서 개체의 이주나 배우자의 이동으로 두 집단의 유전자풀이 달라지는 현상이다.

07 창시자 효과

창시자 효과는 원래의 집단에서 일부 개체들이 모여 새로운 집단을 형성할 때 나타나는 현상이다.

㉺ 과정 I과 II에서 모두 딱정벌레 집단의 개체 수가 증가하였으므로 딱정벌레 집단의 크기가 증가하였다.

㉻ (가)에서 (나)가 형성되는 과정에서 창시자 효과가 일어났다.

㉔. (가)와 (다)는 대립유전자 빈도가 서로 다르므로 (가)와 (다)의 유전자풀은 서로 다르다.

08 돌연변이, 자연 선택

돌연변이는 DNA 염기 서열에 변화가 생겨 새로운 대립유전자가 나타나는 현상이고, 자연 선택은 생존율과 번식률을 높이는 데 유리한 어떤 형질을 가진 개체가 다른 개체보다 이 형질에 대한 대립유전자를 더 많이 남겨 대립유전자의 빈도가 변화하는 현상이다.

ㄱ. I 과 III에서 P의 빈도와 P*의 빈도가 각각 다르므로 유전자풀은 I 과 III에서 서로 다르다.

㉔. I에서는 P*가 없고 II에서는 P*가 있으므로 (가)는 돌연변이이다.

ㄴ. (나)는 자연 선택이고, 자연 선택은 환경 변화에 대한 개체의 적응 능력과 관계가 있다.

09 자연 선택

I에서 II로 시간이 지나는 동안 자연 선택이 일어나 환경 변화에 적합한 대립유전자를 가진 개체의 비율이 증가했다.

㉔. P에서 부리 크기에 대한 변이는 I에서 II에서보다 크다.

㉔. 부리 크기가 ㉔인 개체 수는 I에서 II에서보다 많다.

ㄱ. I에서 II로 시간이 지나는 동안 자연 선택을 통해 부리 크기에 따른 개체 수가 변했으므로 I에서 II로 되는 과정에서 P의 유전자풀은 변하였다.

10 병목 효과와 유전자 흐름

(가)에서 개체의 이주로 인해 유전자풀이 달라졌으므로 (가)는 유전자 흐름이고, (나)는 병목 효과이다.

㉔. (가)는 유전자 흐름이다.

㉔. 병목 효과(나)에 의해 대립유전자 빈도가 변화될 수 있다.

㉔. 인간의 남획으로 인한 북방코끼리물범(바다표범) 집단의 유전자풀의 변화는 병목 효과(나)의 예에 해당한다.

11 종분화

첫 번째 섬 분리 이후 A에서 B로의 종분화가 일어났고, 두 번째 섬 분리 이후 A에서 C로의 종분화가 일어났다.

㉔. 지리적 격리는 종분화가 일어나는 요인 중 하나이다.

ㄱ. A와 C는 서로 다른 생물학적 종이므로 섬 I의 A와 C 사이에서 생식 능력이 있는 자손이 태어나지 않는다.

㉔. A와 C의 유연관계는 A와 B의 유연관계보다 가깝다.

12 종분화

바다에 의해 지리적 격리가 생긴 이후 A에서 B로의 종분화가 일어났다.

㉔. A와 B는 서로 다른 생물학적 종이므로 A와 B는 생식적으로 격리되어 있다.

㉔. A로부터 새로운 종인 B가 분화하는 과정에는 돌연변이를 비롯한 여러 가지 진화 요인이 작용한다.

㉔. 바다가 생긴 이후 A가 B로 분화되는 과정이 일어났다.

13 하디·바인베르크 평형

I은 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이므로 I에서 A의 빈도를 p , a의 빈도를 q 라 하면, 유전자형이 AA인 개체의 비율은 p^2 , Aa인 개체의 비율은 $2pq$, aa인 개체의 비율은 q^2 이다.

$$q^2 = \frac{3600}{10000} \text{이므로 } q \text{는 } \frac{3}{5} \text{이다.}$$

㉔. ㉔ = $10000 \times 2pq = 4800$ 이다.

㉔. $p+q=1$ 이므로 I에서 A의 빈도는 $\frac{2}{5}$ 이다.

ㄱ. I은 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이므로 세대가 거듭되더라도 짧은 날개를 가진 개체의 비율은 변하지 않는다.

14 하디·바인베르크 평형

A의 빈도를 p , a의 빈도를 q 라 하자. 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이라면 유전자형이 AA인 개체의 비율은 p^2 , Aa인 개체의 비율은 $2pq$, aa인 개체의 비율은 q^2 이다.

㉔. I~V에서 유전자형 AA, Aa, aa인 개체의 비율은 표와 같다.

유전자형 \ 집단	I	II	III	IV	V
AA	0.70	0.49	0.36	0.36	0.64
Aa	0.20	0.42	0.48	0.28	0.32
aa	0.10	0.09	0.16	0.36	0.04

따라서 II, III, V는 모두 하디·바인베르크 평형이 유지되는 집단이다.

㉔. 집단에서 AA, Aa, aa인 개체의 비율이 각각 ㉔, ㉔,

㉔이라면 A의 빈도는 $\frac{2\text{㉔}+\text{㉔}}{2\text{㉔}+2\text{㉔}+2\text{㉔}}$ 이고, a의 빈도는

$\frac{\text{㉔}+2\text{㉔}}{2\text{㉔}+2\text{㉔}+2\text{㉔}}$ 이다. 따라서 I~V에서 A와 a의 빈도는 표와 같다.

대립유전자 \ 집단	I	II	III	IV	V
A	0.8	0.7	0.6	0.5	0.8
a	0.2	0.3	0.4	0.5	0.2

따라서 $\frac{\text{I과 II에서 A 빈도의 합}}{\text{III과 IV에서 a 빈도의 합}} = \frac{0.8+0.7}{0.4+0.5} = \frac{5}{3}$ 이다.

㉠. V에서 유전자형이 AA인 개체의 비율이 0.64이다. 따라서 V에서 유전자형이 AA인 개체 수는 aa인 개체 수의 16배이다.

15 하디·바인베르크 평형

I에서 A의 빈도를 p , A*의 빈도를 q 라 하자. A가 A*에 대해 완전 열성이라면 $\frac{\text{갈색 꼬리털 대립유전자 수}}{\text{갈색 꼬리털을 갖는 개체 수}} = \frac{2p^2+2pq}{p^2} = \frac{2}{p} = \frac{5}{3}$ 이므로 $p = \frac{6}{5}$ 이다. p 는 1보다 클 수가 없으므로 A가 A*에 대해 완전 우성이다.

㉡. 유전자형이 AA*인 개체의 꼬리털 색은 갈색이다.

㉢. $\frac{\text{A의 수}}{\text{갈색 꼬리털을 갖는 개체 수}} = \frac{2p^2+2pq}{p^2+2pq} = \frac{2}{1+q} = \frac{5}{3}$ 이므로 $p = \frac{4}{5}$, $q = \frac{1}{5}$ 이다.

㉣. F₁이 유전자형이 AA*인 암컷에게서 A와 A*를 물려받을 확률은 각각 $\frac{1}{2}$ 이고, 임의의 수컷에게서 A를 물려받을 확률은 $\frac{4}{5}$, A*를 물려받을 확률은 $\frac{1}{5}$ 이다. 따라서 F₁이 갈색 꼬리털을 가질 확률은 $1 - (\text{F}_1\text{이 흰색 꼬리털을 가질 확률}) = 1 - \frac{1}{2} \times \frac{1}{5} = \frac{9}{10}$ 이다.

16 하디·바인베르크 평형

I에서 A의 빈도를 p_1 , A*의 빈도를 q_1 이라 하고, II에서 A의 빈도를 p_2 , A*의 빈도를 q_2 라 하자. I에서 유전자형이 AA*인 개체의 비율은 $2p_1q_1$, AA인 개체의 비율은 p_1^2 이다. I에서 $\frac{\text{유전자형이 AA*인 개체의 비율}}{\text{유전자형이 AA인 개체의 비율}} = \frac{2p_1q_1}{p_1^2} = \frac{2q_1}{p_1} = \frac{1}{2}$ 이므로 p_1 은 0.8, q_1 은 0.2이다. I과 II의 개체 수를 각각 N 이라고 하면 I에서 긴 날개를 가진 개체 수는 $0.96N$ 이고, II에서 긴 날개를 가진 개체 수는 $(1-q_2^2)N$ 이다. I과 II의 개체들을 모두 합쳐서 긴 날개를 가진 개체의 비율을 구하면 $\frac{0.96N + (1-q_2^2)N}{2N} = \frac{1.96 - q_2^2}{2} = \frac{9}{10}$ 이므로 p_2 는 0.6, q_2 는 0.4이다. II의 긴 날개 수컷 집단에서 A의 빈도는 $\frac{2p_2^2+2p_2q_2}{2p_2^2+4p_2q_2} = \frac{p_2+q_2}{p_2+2q_2} = \frac{1}{1+q_2} = \frac{5}{7}$, A*의 빈도는 $1 - (\text{A의 빈도}) = 1 - \frac{5}{7} = \frac{2}{7}$ 이다. II에서 임의의 짧은 날개 암컷의 유전자형은 A*A*이므로 II에서 임의의 긴 날개 수컷과 임의의 짧은 날개 암컷과 교배하여 자손(F₁)을 낳을 때, 이 F₁이 긴 날개를 가질 확률은 II의 긴 날개 수컷 집단에서 A의 빈도인 $\frac{5}{7}$ 이다.

수능 3월 테스트

본문 179~183쪽

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

01 생물 진화의 증거

현존하는 여러 생물의 해부학적 특징을 비교해 보면 이들이 공통 조상을 갖는지, 서로 다른 조상으로부터 진화했는지를 알 수 있다. DNA 염기 서열이나 단백질의 아미노산 서열과 같은 분자생물학적 특징을 비교해 보면 생물 간의 진화적 유연관계를 알 수 있다.

㉠. 바다사자와 침팬지의 앞다리는 공통 조상으로부터 물려받은 형태적 특징으로 상동 형질(상동 기관)의 예에 해당한다.

㉡. (나)에서 공통 조상에서 분화한 지 오래될수록 아미노산 서열 차이가 커진다.

㉢. (가)는 비교해부학적인 증거에, (나)는 분자진화학적 증거에 해당한다.

02 유전자들의 변화 요인

자연 선택, 창시자 효과, 병목 효과 모두 대립유전자 빈도를 변화시키는 요인이다.

㉠. 창시자 효과는 원래의 집단에서 적은 수의 개체들이 다른 지역으로 이주하여 새로운 집단을 형성할 때 나타나는 현상이다. 따라서 A는 창시자 효과, B는 자연 선택이다.

㉡. ㉠은 '원래의 집단에서 적은 수의 개체들이 다른 지역으로 이주하여 새로운 집단을 형성할 때 나타나는 현상이다.'이고, ㉢은 '대립유전자 빈도를 변화시키는 요인이다.'이다.

㉣. 두 집단 사이에서 개체의 이주나 배우자의 이동으로 두 집단의 유전자풀이 달라지는 현상은 유전자 흐름이다.

03 유전자들의 변화 요인

돌연변이와 유전자 흐름은 모두 집단에 없던 새로운 대립유전자를 제공할 수 있다.

㉠. (가)는 방사선, 화학 물질, 바이러스 등으로 DNA의 염기 서열에 변화가 생겨 새로운 대립유전자가 나타나 대립유전자의 빈도가 달라지는 현상이므로 돌연변이이다. 따라서 (나)는 유전자 흐름, (다)는 자연 선택이다.

㉢. 유전자 흐름(나)은 두 집단 사이에서 개체의 이주나 배우자의 이동으로 두 집단의 유전자풀이 달라지는 현상이다.

㉣. 자연 선택(다)이 일어나면 환경에 적합한 형질을 가진 개체의 비율이 증가한다.

04 병목 효과와 유전자 흐름

유전자 흐름은 두 집단 사이에서 개체의 이주나 배우자의 이동으로 두 집단의 유전자풀이 달라지는 현상이다.

- ㉠. ㉢에서 가뭄으로 인해 개구리의 개체 수가 크게 감소하여 대립유전자 빈도가 변하였으므로 병목 효과가 일어났다.
- ㉡. ㉠에서 다른 지역으로부터 B를 가진 개구리가 이주해 와 대립유전자의 빈도가 변하였으므로 유전자 흐름이 일어났다.
- ㉢. I에서 III으로 되는 과정에서 대립유전자의 빈도가 변하였으므로 P의 유전자풀은 변하였다.

05 종분화

산맥 형성 후에 A에서 B로의 종분화가 일어났고, 섬의 분리 후에 A에서 C로의 종분화가 일어났다.

- ㉠. A로부터 C가 분화되는 과정이 가장 최근에 일어난 종분화이므로 ㉠은 B이다.
- ✕. A와 C는 서로 다른 생물학적 종이므로 A의 유전자풀은 C의 유전자풀과 다르다.
- ㉢. A에서 B로의 종분화가 일어나고, A에서 C로의 종분화가 일어나는 과정에서 돌연변이를 비롯한 여러 가지 진화 요인이 작용한다.

06 종분화

고리종은 종분화를 위한 생식적 격리가 연속적이며, 점진적으로 일어나고 있음을 보여주는 사례이다.

- ㉠. 코르테즈무지개늘래기와 파란머리늘래기의 종소명은 다르다.
- ✕. (가)의 종분화 과정에서 파나마 지협 생성으로 대서양과 태평양의 연결이 끊어졌으므로 지리적 격리는 있었다.
- ㉢. 엔사티나도롱뇽 7개 집단(A~G)은 고리종이므로 (나)는 종분화가 점진적인 변화에 의해 일어날 수 있음을 보여주는 사례이다.

07 하디·바인베르크 평형

I에서 A의 빈도를 p , A*의 빈도를 q 라 하자. ㉠이 AA라면 I에서 유전자형이 AA인 개체들을 제외한 나머지 개체들을 합친 집단에서는 A*가 A보다 많으므로 A*의 빈도는 $\frac{1}{2}$ 보다 크다. 따라서 ㉠은 AA*이다. I에서 유전자형이 AA*인 개체들을 제외한 나머지 개체들을 합쳐서 구한 A*의 빈도는 $\frac{2q^2}{2p^2+2q^2} = \frac{q^2}{2q^2-2q+1} = \frac{1}{17}$ 이다. 따라서 p 는 $\frac{4}{5}$, q 는 $\frac{1}{5}$ 이다. I에서 (가)가 발현된 개체 수는 (가)가 발현되지 않은 개체 수보다 적으므로 A는 (가) 미발현 대립유전자이고, A*는 (가) 발현 대립유전자이며, A*는 A에 대해 완전 우성이다. F₁이 유전자형이

AA*(㉢)인 암컷에게서 A와 A*를 물려받을 확률은 각각 $\frac{1}{2}$ 이고, 임의의 수컷에게서 A를 물려받을 확률은 $\frac{4}{5}$ 이며, A*를 물려받을 확률은 $\frac{1}{5}$ 이다. 따라서 F₁에게서 (가)가 발현될 확률은 $1 - (F_1에서 (가)가 발현되지 않을 확률) = 1 - \frac{1}{2} \times \frac{4}{5} = \frac{3}{5}$ 이다.

08 하디·바인베르크 평형

I에서 A의 빈도를 p_1 , A*의 빈도를 q_1 , II에서 A의 빈도를 p_2 , A*의 빈도를 q_2 라 하자. A는 A*에 대해 완전 우성이므로 I에서 유전자형이 AA*인 암컷이 임의의 수컷과 교배하여 자손(F₁)을 낳을 때, 이 F₁이 회색 몸일 확률은 (암컷에서 A*를 물려받을 확률) × (수컷에서 A*를 물려받을 확률)이다. $\frac{1}{2} \times q_1 = \frac{3}{8}$ 이므로 p_1 은 $\frac{1}{4}$, q_1 은 $\frac{3}{4}$ 이다. I에서 검은색 몸 개체 수 = $\frac{1-q_1^2}{q_1^2} = \frac{7}{4}$ 이므로 p_2 와 q_2 는 모두 $\frac{1}{2}$ 이다.

- ✕. A*의 빈도는 I($\frac{3}{4}$)에서가 II($\frac{1}{2}$)에서보다 크다.
- ✕. I에서 $\frac{\text{검은색 몸 대립유전자 수}}{\text{회색 몸 개체 수}} = \frac{2p_1^2+2p_1q_1}{q_1^2} = \frac{8}{9}$ 이다.
- ㉢. II에서 유전자형이 AA인 개체와 AA*인 개체를 합쳐서 A의 빈도를 구하면

$$\frac{2 \times \text{유전자형이 AA인 개체의 비율} + \text{유전자형이 AA*인 개체의 비율}}{2 \times \text{유전자형이 AA인 개체의 비율} + 2 \times \text{유전자형이 AA*인 개체의 비율}} = \frac{2p_2^2+2p_2q_2}{2p_2^2+4p_2q_2} = \frac{1}{1+q_2} = \frac{2}{3}$$

09 하디·바인베르크 평형

A*의 빈도가 0인 집단에서는 모두 ㉠이 발현되지 않으므로 A는 ㉠ 미발현 대립유전자이고, A*는 ㉠ 발현 대립유전자이다. A와 A*의 빈도가 각각 $\frac{1}{2}$ 인 집단에서 $\frac{1}{4}$ 은 ㉠이 발현되고 $\frac{3}{4}$ 은 ㉠이 발현되지 않으므로 A는 A*에 대해 완전 우성이다.

- ✕. 유전자형이 AA*인 개체에게서 ㉠이 발현되지 않는다.
- ㉡. p 가 0.7인 집단에서 ㉠이 발현된 개체 수는 $10000 \times 0.7^2 = 4900$ 이다.

㉢. $\frac{\text{유전자형이 AA*인 개체 수}}{\text{㉠이 발현된 개체 수}} = \frac{2pq}{p^2} = \frac{4}{3}$ 이므로 p 는 $\frac{3}{5}$ 이다.

10 하디·바인베르크 평형

I에서 A의 빈도를 p , A*의 빈도를 q 라고 하면 I에서 A의 빈도와 B의 빈도의 합은 1이므로 B의 빈도는 q , B*의 빈도는 p 이다. I의 개체 수를 N 이라고 하면 A는 A*에 대해 완전 우성이므로 검은색 몸 암컷의 개체 수는 $\frac{(1-q^2)N}{2}$ 이다. B*가 B

에 대해 완전 우성이라면 긴 날개 수컷의 개체 수는 $\frac{q^2 N}{2}$ 이다.

$\frac{\text{긴 날개 수컷의 개체 수}}{\text{검은색 몸 암컷의 개체 수}} = \frac{q^2}{1-q^2} = \frac{16}{21}$ 이므로 $q = \frac{4}{\sqrt{37}}$ 이다.

$\frac{4}{\sqrt{37}}$ 는 $\frac{1}{2}$ 보다 크므로 B가 B*에 대해 완전 우성이고, 긴 날개

수컷의 개체 수는 $\frac{(1-p^2)N}{2}$ 이다. $\frac{\text{긴 날개 수컷의 개체 수}}{\text{검은색 몸 암컷의 개체 수}} =$

$\frac{1-p^2}{1-q^2} = \frac{16}{21}$ 이므로 p 는 $\frac{3}{5}$, q 는 $\frac{2}{5}$ 이다.

㉠ 긴 날개 대립유전자 B가 짧은 날개 대립유전자 B*에 대해 완전 우성이므로 유전자형이 BB*인 개체는 긴 날개를 갖는다.

✕. I에서 A의 빈도는 0.6이다.

㉡ F₁이 유전자형이 AA*인 암컷에게서 A와 A*를 물려받을 확률은 각각 $\frac{1}{2}$ 이고, 임의의 수컷에게서 A를 물려받을 확률은 $\frac{3}{5}$, A*를 물려받을 확률은 $\frac{2}{5}$ 이다. F₁이 검은색 몸을 가질 확률은 $1 - (F_1\text{이 회색 몸을 가질 확률}) = 1 - \frac{1}{2} \times \frac{2}{5} = \frac{4}{5}$ 이다.

F₁이 유전자형이 BB*인 암컷에게서 B와 B*를 물려받을 확률은 각각 $\frac{1}{2}$ 이고, 임의의 수컷에게서 B를 물려받을 확률은 $\frac{2}{5}$, B*를 물려받을 확률은 $\frac{3}{5}$ 이다. 따라서 F₁이 짧은 날개일 확률은

$\frac{1}{2} \times \frac{3}{5} = \frac{3}{10}$ 이다. 몸 색과 날개 길이를 결정하는 유전자는 서로

다른 상염색체에 있으므로 F₁이 검은색 몸에 짧은 날개일 확률은

$\frac{4}{5} \times \frac{3}{10} = \frac{6}{25}$ 이다.

12 생명 공학 기술과 인간 생활

수능 2점 테스트

본문 189~190쪽

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

01 제한 효소

X로 잘린 부위의 5' 말단 부위에는 4개의 염기로 이루어진 단일 가닥 부위를 갖는다.

✕. X가 인식하는 염기 서열에서의 DNA 염기 순서는 5' → 3' 방향으로 읽을 때 양쪽 가닥의 염기 서열이 동일하다고 하였으므로 ㉠은 C과 상보적 염기쌍을 이루는 G이고, ㉡은 X의 인식 부위 중 5'로부터 4번째 염기이므로 T이고, ㉢은 G과 상보적 염기쌍을 이루는 C이다.

㉣. X는 DNA의 특정 염기 서열을 인식하여 자르며, 잘린 부위는 단일 가닥 부위를 가지므로 X로 잘려져 생긴 단일 가닥 부위는 서로 상보적으로 결합할 수 있다.

㉤. X로 잘려 생긴 단일 가닥 부위끼리는 염기 사이의 수소 결합으로 이어질 수 있지만 DNA의 당-인산 골격의 연결은 DNA 연결 효소에 의해서 연결될 수 있다.

02 조직 배양

조직 배양 기술을 활용하면 아버지와 똑같은 형질을 가지고 있는 식물체를 만들 수 있다.

㉠. 캘러스(㉠)는 미분화 상태의 세포 덩어리로 세포 분열을 통해 다양한 기관으로 분화한다.

✕. 과정 I에서는 조직 배양 기술이 사용되었다. 조직 배양 기술은 생물체에서 떼어낸 세포나 조직을 배양액(영양 배지)에서 체세포 분열을 통해 증식시키는 기술이다. 따라서 과정 I에서 감수 분열이 일어나지 않는다.

㉢. 조직 배양 기술을 활용하면 유전 형질이 동일한 식물을 대량으로 생산할 수 있어 번식 능력이 약하거나 멸종 위기의 식물을 인공적으로 증식시킬 수 있다.

03 유전자 재조합 모의 실험

가위는 DNA의 특정 염기 서열을 인식하여 자르는 제한 효소의 역할을, 셀로판테이프는 잘린 DNA를 붙이는 DNA 연결 효소의 역할을 한다.

㉠. 유전자 재조합 모의 실험에서 가위는 제한 효소를, 셀로판테이프는 DNA 연결 효소를 의미한다.

✕. 재조합 DNA에는 인슐린 유전자가 포함되어 있으므로 인슐

린 유전자가 플라스미드에 부착된 2곳이 모두 제한 효소의 절단 위치가 된다.

✕. ㉠은 플라스미드뿐만 아니라 ㉠의 인식 서열을 갖는 원핵세포와 진핵세포의 DNA 모두에 작용할 수 있다.

04 핵치환

복제 동물을 만드는 과정에는 핵치환 기술이 사용된다.

○. ㉠은 핵이 제거된 무핵 난자에 젓샘 세포(체세포)의 핵을 이식하는 핵치환 기술로 만들어진 것이다.

✕. D는 A의 젓샘 세포(체세포)가 가진 핵으로 치환된 ㉠의 발생으로 태어났으므로 A의 핵에 있는 유전 정보를 물려받았다. C는 세포 ㉠으로부터 유래한 배아가 자랄 자궁만을 제공했을 뿐 D에게 유전 정보를 물려주지 않았다.

○. 핵치환 기술을 이용하여 동물을 복제하면 한 개체의 유전 정보가 그대로 복제된 동물에게 전달되므로 우수한 형질을 가진 동물을 보존하는 데 이 기술이 사용될 수 있다.

05 줄기세포

A는 유도 만능(역분화) 줄기세포, B는 배아 줄기세포, C는 성체 줄기세포이다.

○. 분화가 끝난 체세포를 다시 역분화시켜 얻은 줄기세포는 유도 만능(역분화) 줄기세포(A)이다.

○. 배아 줄기세포(B)는 장차 태아로 발생할 잠재성을 가진 배아를 이용해 줄기세포를 만들기 때문에 생명 윤리에 대한 논란이 크다. 반면에 유도 만능(역분화) 줄기세포(A)는 분화가 끝난 성체의 체세포를 역분화시켜 만들기 때문에 배아 줄기세포보다 생명 윤리 논란이 적다.

○. 배아 줄기세포(B)는 신체를 이루는 모든 세포와 조직으로 분화할 수 있지만, 성체 줄기세포(C)는 분화될 수 있는 세포의 종류가 한정되어 있다.

06 유전자 치료

○. ㉠은 대립유전자 T를 바이러스의 DNA에 삽입하여 재조합 DNA를 만드는 과정으로 대립유전자 T만을 잘라내고, 이를 바이러스 DNA에 삽입할 때 유전자 재조합 기술이 이용될 수 있다.

○. 바이러스(㉠)는 정상 대립유전자 T를 환자의 골수 세포로 운반하는 DNA 운반체로 작용한다.

✕. 건강해진 환자(㉡)에게 이식된 골수 세포만 정상 대립유전자 T를 가지며, 이 환자의 생식 기관에서 생식세포를 생성하는 모세포는 대립유전자 T를 가지고 있지 않으므로 이 환자의 생식세포는 T를 가지고 있지 않다.

07 세포 융합

세포 융합으로 만들어진 잡종 세포는 융합된 두 세포의 특징을 모두 가지게 된다.

○. 과정 I에서 세포 융합이 이루어지려면 세포막의 바깥쪽을 둘러싸고 있는 단단한 세포벽이 제거되어야 한다.

○. 과정 II에서 세포벽이 제거된 토마토 세포(㉠)와 감자 세포가 하나의 잡종 세포(㉡)로 융합되는 세포 융합 기술이 사용되었다.

✕. 잡종 세포(㉡)는 토마토 세포(㉠)와 감자 세포가 융합되어 생성된다. 잡종 세포(㉡)는 토마토 세포(㉠) 이외에 감자 세포에서 유래한 DNA 염기 서열도 가지고 있으므로 토마토 세포(㉠)와 잡종 세포(㉡)의 전체 DNA 염기 서열은 동일하지 않다.

08 생명 공학 기술의 활용 사례

복제 양 돌리를 탄생시키는 데 사용된 생명 공학 기술에는 핵치환 기술, 조직 배양 기술이 있으며, 해충 저항성 옥수수 개발에 사용된 생명 공학 기술에는 유전자 재조합 기술, 조직 배양 기술이 있고, 줄기세포를 이용한 질병 치료에 사용된 생명 공학 기술에는 조직 배양 기술이 있다.

✕. ㉠은 핵치환 기술, ㉡은 유전자 재조합 기술이다.

○. 유전자 재조합 기술(㉡)에는 DNA 운반체와 유용한 유전자가 들어 있는 DNA를 연결시키기 위한 DNA 연결 효소가 사용된다.

○. 유전자 재조합 기술에 의해 탄생한 해충 저항성 옥수수와 같은 LMO는 식량 증산이라는 긍정적인 측면에도 불구하고, 사람이나 가축에 대한 안정성 문제가 지속적으로 제기되고 있다는 부정적인 측면이 부각되고 있다.

수능 3점 테스트

본문 191~197쪽

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

01 유전자 재조합 기술

재조합 플라스미드를 생성할 때 재조합되지 않은 플라스미드도 함께 존재하며, 재조합 플라스미드를 대장균에 도입하는 과정에서 플라스미드가 도입되지 않은 대장균도 생긴다. 따라서 재조합 플라스미드를 가진 대장균만을 선별하기 위해 플라스미드에 있는 항생제 A 저항성 유전자와 젓당 분해 효소 유전자가 사용된다.

✕. 어떤 생물의 유전체 DNA에서 유용한 유전자를 잘라낼 때 유용한 유전자의 모든 부분을 온전한 상태로 잘라낼 수 있는 절단

위치를 가진 제한 효소를 사용해야 한다. 따라서 제한 효소 I 과 II는 적절하지 않다. 따라서 ㉠으로는 III이 가장 적절하다.

㉡. 상보적인 염기 간에 수소 결합으로 일시적으로 결합된 외부 DNA와 플라스미드 P를 DNA 연결 효소(㉢)로 연결해야 한다.

㉣. ㉣에는 재조합 플라스미드를 가진 대장균도 있지만, 재조합되지 않은 플라스미드를 가진 대장균도 존재할 수 있다. 재조합 플라스미드의 경우 x 가 젓당 분해 효소 유전자 사이에 삽입되므로 재조합 플라스미드를 가진 대장균은 젓당 분해 효소를 생성할 수 없다. 따라서 재조합 플라스미드를 갖는 대장균만을 얻기 위해서는 ㉣를 Z가 포함된 배지에서 배양하여 흰색의 균체만을 선별하는 과정이 필요하다.

02 단일 클론 항체

암세포(㉠)는 반영구적으로 분열할 수 있는 특징을 가지고 있고, B 림프구(㉡)는 항체를 생성하는 특징을 가지고 있으며, 잡종 세포(㉢)는 이 2가지 특징을 모두 가지고 있다. 따라서 표를 완성하면 아래와 같다.

세포	㉠ (항체를 생성한다.)	㉡ (반영구적으로 분열할 수 있다.)
㉠	×	○
㉡	○(○)	×
㉢	?(○)	㉣(○)

(○: 있음, ×: 없음)

㉠. ㉠은 B 림프구(㉡)가 가지는 특징이므로 '항체를 생성한다.'이다.

㉡. B 림프구는 특징 ㉠(항체를 생성한다.)를 가지므로 ㉣는 '○'이고, 암세포(㉠)와 B 림프구(㉡)가 세포 융합되어 생성된 잡종 세포(㉢)는 암세포(㉠)와 B 림프구(㉡)가 가진 두 특징을 모두 가지므로 ㉣도 '○'이다.

㉢. 잡종 세포(㉢)를 만드는 데 암세포 ㉠에 대한 항체를 생성하는 B 림프구가 사용되었고, 잡종 세포(㉢)에서 만들어지는 단일 클론 항체는 암세포 ㉠과 항원 항체 반응을 하기 때문에 암세포 ㉠과 ㉢은 동일한 항원을 가지고 있다.

03 유전자 재조합

DNA 조각 I에서 제한 효소에 의해 잘려져 생긴 5' 말단 단일 가닥 부위의 염기 서열을 보면 네 번째 염기와 다섯 번째 염기가 ㉠로 같다. 이처럼 제한 효소가 인식하는 부위에서 동일한 염기가 반복되는 경우는 제한 효소 ㉠뿐이다. 따라서 ㉠은 G, ㉡은 A, ㉢은 T, ㉣은 C이다.

㉣. ㉠은 G, ㉡은 A, ㉢은 T, ㉣은 C이다.

㉤. I에서 왼쪽 말단 부위는 제한 효소 ㉠에 의해 잘렸고, 오른쪽 말단 부위는 제한 효소 ㉡에 의해 잘렸다.

㉣. II의 5' 말단 단일 가닥 부위의 염기 서열은 5'-TCGA...-3'으로, 잘려진 플라스미드 P의 5' 말단 단일 가닥 부위의 염기와의 상보적 결합을 할 수 없다. 따라서 재조합 플라스미드 Q는 I을 포함한다.

04 단일 클론 항체

(가)는 항체가 있는 혈청을 얻는 방법이고, (나)는 세포 융합 기술을 이용하여 단일 클론 항체를 생산하는 방법이다.

㉣. ㉣에는 한 종류 이상의 항체가 존재하며, ㉤에는 한 종류의 항체만 존재한다.

㉥. 과정 I은 B 림프구와 암세포를 융합시켜 잡종 세포를 만드는 과정으로 세포 융합 기술이 사용된다.

㉦. ㉠에서 선별된 잡종 세포는 암세포의 특징을 가지고 있어 반영구적으로 세포 분열을 할 수 있다.

05 유전자 변형 생물체 생산

재조합 플라스미드는 세균 ㉠에 의해 식물 세포의 유전체로 이식된다.

㉡. 유용 유전자를 절단하고, 이 유전자를 절단된 플라스미드에 끼워 연결하여 재조합 플라스미드를 만드는 과정에서 유전자 재조합 기술이 사용되었다.

㉣. 유용 유전자(㉠)는 진핵생물인 X의 유전체에 존재하므로 X에서 ㉠이 발현될 때에는 원핵세포의 유전자 발현에 관여하는 오페론의 조절을 받지 않는다.

㉤. 캘러스(㉡)는 미분화된 세포 덩어리로 캘러스로부터 뿌리, 줄기, 잎 등 모든 기관이 분화되어 독립된 개체가 생성된다.

06 줄기세포

㉠가 만들어지는 과정에서 무핵 난자에 A의 체세포의 핵을 이식하는 핵치환 기술이 사용되었다. 따라서 ㉠의 핵이 가진 유전 정보는 A의 체세포의 핵이 가지는 유전 정보와 일치한다.

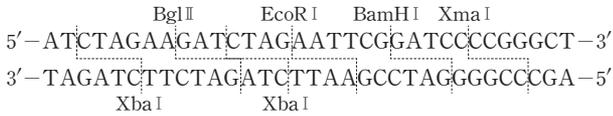
㉡. ㉠은 배반포의 내세포 덩어리에서 얻었으므로 배아 줄기세포에 해당한다.

㉣. ㉠은 A의 체세포의 핵을 이식받은 난자로부터 유래하였으므로 ㉠의 핵 속에 존재하는 모든 유전자는 A의 체세포의 핵에 있는 모든 유전자와 염기 서열이 같으며, B의 체세포의 핵에 있는 모든 유전자와는 염기 서열이 같지 않다.

㉤. ㉠의 핵에 있는 유전 정보는 A의 체세포의 핵에 있는 유전 정보와 일치하므로 ㉠을 A와 B에 각각 이식하면 면역 거부 반응은 A에서가 B에서보다 작게 나타난다.

07 유전자 재조합

x 는 서로 상보적인 가닥으로 이루어진 DNA이므로, 제시된 염기 서열을 통해 나머지 한 가닥의 염기 서열을 알 수 있다. DNA x 의 염기 서열과 제한 효소 BamHI, XmaI, BglII, EcoRI, XbaI에 의해 절단되는 위치는 그림과 같다.



Ⅹ. x 에서 BamHI의 절단 위치는 1곳이다. 그런데 시험관 II에서 생성된 DNA 조각 수는 4이므로 ㉠은 x 에서 절단 위치가 2곳이어야 한다. 따라서 ㉠은 XbaI이다.

시험관 IV에서 x 가 EcoRI에 의해 절단되면 염기 개수가 34개인 DNA 조각과 32개인 DNA 조각이 만들어진다. 그런데 EcoRI과 ㉡을 함께 처리하면 염기 개수가 32개인 DNA 조각이 ㉡에 의해 절단되어 염기 개수가 10개인 DNA 조각과 22개인 DNA 조각이 더 생성되므로 ㉡은 XmaI이다. 나머지 ㉢은 BglII이다.

㉣. 시험관 III에서 x 를 BglII(㉣)와 XmaI(㉤)로 절단했을 때 생성된 DNA 조각 중 가장 많은 수의 염기를 갖는 DNA 조각은 염기 개수가 36개인 조각이므로 이 조각에는 EcoRI이 인식하여 절단하는 염기 서열 부위가 있다.

㉥. 시험관 V에서 XbaI(㉦)과 XmaI(㉧)에 의해 x 가 절단되면 4개의 DNA 조각이 생성되며, 이때 생성된 각 DNA 조각의 염기 개수는 8개, 10개, 18개, 30개이다. 이때 가장 적은 수의 염기를 갖는 DNA 조각에는 A이 3개, G이 1개 존재하므로 퓨린 계열 염기의 개수는 4개이다.

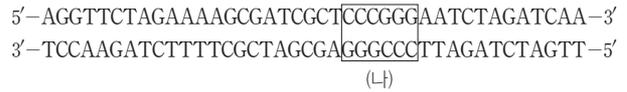
08 유전자 재조합

I에서 (나)와 (다)에 의해 3개의 DNA 조각이 생성되었으므로 x 는 2곳이 절단되었다. II에서 (가)와 (나)에 의해 4개의 DNA 조각이 생성되었으므로 x 는 3곳이 절단되었다. III에서 (가)와 (다)에 의해 4개의 DNA 조각이 생성되었으므로 x 는 3곳이 절단되었다. 따라서 x 는 (가)의 절단 위치를 2곳, (나)의 절단 위치를 1곳, (다)의 절단 위치를 1곳 가지고 있다.

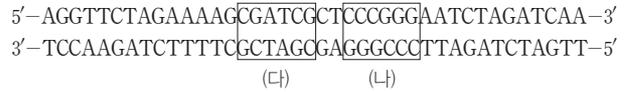
x 는 서로 상보적인 가닥으로 이루어진 DNA이므로, 제시된 염기 서열을 통해 나머지 한 가닥의 염기 서열을 알 수 있다. 따라서 DNA x 의 염기 서열은 다음과 같다.



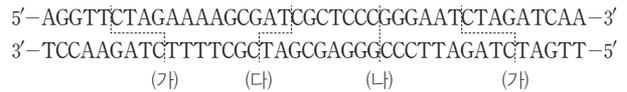
(나)는 x 에 1곳의 인식 부위를 가지므로 연속된 염기가 반복되는 패턴으로 분석하면 다음과 같다.



그러므로 ㉠은 G이고, ㉡은 C이며, 이를 바탕으로 (다)의 인식 부위를 분석하면 다음과 같다.



그러므로 ㉢은 A, ㉣은 T이다. 이를 바탕으로 (가)~(다)에 의해 절단되는 위치를 표기하면 다음과 같다.



Ⅹ. ㉠은 G, ㉡은 A, ㉢은 T, ㉣은 C이다.

㉣. x 는 (가)의 절단 위치를 2곳, (나)의 절단 위치를 1곳, (다)의 절단 위치를 1곳 가지고 있다.

㉥. IV에서 생성되는 각 DNA 조각의 염기 개수는 14개, 14개, 16개, 16개, 20개이다. 따라서 생성된 DNA 조각 중 가장 큰 조각이 갖는 염기의 개수는 20개이다.

[인용 사진 출처]

돼지 배아 ©Universal Images Group North America LLC / Alamy Stock Photo
 쥐 배아 ©SINCLAIR STAMMERS / SCIENCE PHOTO LIBRARY