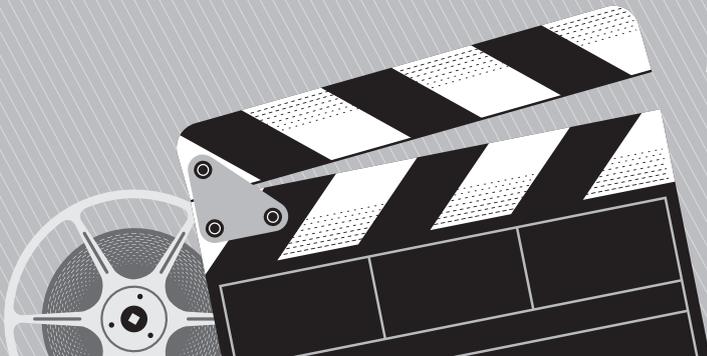


EBS 수능완성 생명 과학 II  
**정답과 해설**



# I. 세포와 물질대사

## THEME 01 세포(1)

\* 낮은 끝 문제로 유형 익히기 \*

본문 5쪽

정답 ②

예설 | 1~3차 원심 분리를 통해 ㉠~㉢이 ㉡ → ㉠ → ㉢의 순서로 침전되고, ㉣이 상층액에 남는다. 따라서 ㉠은 엽록체, ㉡은 핵, ㉢은 리보솜, ㉣은 미토콘드리아이다.

정답맞이기 > ㉡. ㉢은 미토콘드리아(㉢)를 침전시키는 3차 원심 분리, ㉠은 엽록체(㉠)를 침전시키는 2차 원심 분리이다. 따라서 3차 원심 분리 속도(㉢)가 2차 원심 분리 속도(㉠)보다 크다.

오답맞이기 > ㉠. ㉠~㉢ 중 1차 원심 분리 결과 가장 먼저 침전되는 ㉡이 핵이다.

㉡. 미토콘드리아(㉢)에는 DNA가 있지만, 리보솜(㉢)에는 DNA가 없다.

테마별 수능 필수유제

본문 6~7쪽

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

### 01

예설 | (가)는 조직 배양법(세포 배양법), (나)는 주사 전자 현미경을 이용한 관찰, (다)는 자기 방사법이다. A는 미토콘드리아, B는 거친면 소포체이다.

정답맞이기 > ㉠. (가)는 조직 배양법(세포 배양법)으로 생물체에서 떼어낸 조직이나 세포를 배양액이나 배지에서 무균 상태로 배양하면서 세포 분열 및 세포 분화 과정을 연구하는 데 이용된다.

㉡. (나)에 이용되는 주사 전자 현미경은 세포 표면 및 세포 소기관 표면 등의 미세 구조가 가지는 입체적인 형태를 관찰하기에 적합하다.

오답맞이기 > ㉢. 티민(T)은 DNA를 구성하는 염기이다. 따라서 방사성 동위 원소로 표지된 티민(T)은 DNA의 합성에 이용되며 DNA 복제가 일어나는 핵이나 미토콘드리아(A)에 집중된다.

### 02

예설 | 광원이 가시광선이고 최대 해상력이 0.2 μm인 A는 광학 현미경이며, 광원이 전자선이고 최대 해상력이 광학 현미경보다 우수한 B는 투과 전자 현미경이다. 주사 전자 현미경은 최대 해상력이 광학 현미경보다 작고 투과 전자 현미경보다 큰 0.005 μm이다.

정답맞이기 > ㉡. A는 광원이 가시광선인 광학 현미경이므로 시료가 가진 고유의 색을 구분할 수 있다.

㉢. B는 투과 전자 현미경으로, 전자선을 시료에 투과시켜 시료 단면의 상을 얻는 데 이용된다.

오답맞이기 > ㉠. 주사 전자 현미경의 최대 해상력은 약 0.005 μm이며, 최대 해상력이 약 0.2 μm인 광학 현미경보다 최대 해상력이 우수하다.

### 03

예설 | 세포 분획법은 원심 분리의 회전 속도와 시간을 조절하여 세포 소기관의 크기와 밀도 차에 따라 세포 소기관을 분리하는 방법이다. 세포 분획을 위한 원심 분리의 회전 속도는 세포 소기관의 밀도와 반비례한다. 세포 소기관의 크기가 작고 밀도가 작을수록 세포 분획을 위한 원심 분리 속도는 빨라진다.

정답맞이기 > ㉡. 소포체의 밀도는 미토콘드리아의 밀도보다 작으므로 미토콘드리아가 분리된 시험관에서도 침전되지 않고 상층액에 존재한다. 따라서 상층액 ㉡과 ㉢에 모두 침전되지 않은 소포체가 있다.

오답맞이기 > ㉠. 핵의 밀도가 엽록체의 밀도보다 크므로 핵을 분리하기 위한 회전 속도 ㉢은 엽록체를 분리하기 위한 회전 속도 ㉡보다 느리다.

㉢. 핵과 엽록체는 모두 미토콘드리아보다 밀도와 크기가 크므로 미토콘드리아가 침전되는 회전 속도 ㉡로 원심 분리하면 핵과 엽록체는 분리되지 않고 함께 침전된다.

### 04

예설 | 대물렌즈의 배율을 변화시킬 때 보이는 크기가 변하는 눈금 ①은 대물 마이크로미터의 눈금이며, 배율 변화에도 상의 크기에 변화가 없는 눈금 ②는 접안 마이크로미터의 눈금이다.

정답맞이기 > ㉡. ①을 가지는 마이크로미터는 대물 마이크로미터이므로 현미경의 재물대 위에 놓는다.

오답맞이기 > ㉠. 접안 마이크로미터 1눈금의 길이는 배율 X에서  $\frac{5 \times 10 \mu\text{m}}{10} = 5 \mu\text{m}$ 이고, 배율 Y에서  $\frac{10 \times 10 \mu\text{m}}{5} = 20 \mu\text{m}$ 이다.

세포의 길이는  $5 \mu\text{m} \times ① \text{ 눈금} = 20 \mu\text{m} \times 20 \text{ 눈금} = 400 \mu\text{m}$ 이므로, ①은 80이다.

㉡. 배율 Y에서보다 배율 X에서의 접안 마이크로미터 1눈금의 길이가  $\frac{1}{4}$ 이므로 배율 X는 배율 Y의 4배이다.

### 05

예설 | (가)는 주사 전자 현미경을 이용한 현미경 관찰법, (나)는 자기 방사법, (다)는 세포 분획법이다.

정답맞이기 > ㉡. 방사성 동위 원소로 표지된  $^{14}\text{CO}_2$ 를 주입하고 방사성을 띠는 유기물의 합성 과정을 파악함으로써 암반응(캘빈 회로)이 밝혀졌다. 이 과정에는 자기 방사법(나)이 이용되었다.

㉢. 원심 분리를 이용하여 밀도와 크기에 따라 세포 소기관을 분리하는 연구 방법으로 세포 분획법(다)이 이용된다. 세포 분획법을 통해 밀도와 크기가 큰 미토콘드리아를 소포체보다 먼저 분리할 수 있다.

오답맞이기 > ㉠. 시료 표면에 전자선을 쬐일 때 방출된 전자를 이용하여 시료 표면의 입체상을 관찰하는 데 이용되는 것은 주사 전자 현미경이다. 투과 전자 현미경은 전자선을 시료에 투과시켜 시료 단면의 2차원 평면상을 얻는 데 이용된다.

## 06

**예설** 원심 분리를 하면 밀도가 큰 성분은 침전되고 밀도가 작은 성분은 상층액에 남게 된다. 핵, 리보솜, 엽록체, 미토콘드리아를 밀도 순으로 배열하면, 핵 > 엽록체 > 미토콘드리아 > 리보솜이다.

A는 미토콘드리아, B는 리보솜, C는 핵, D는 엽록체이다.

원심 분리 속도는 II > I > III의 순서로 빠르다. I~III 중 원심 분리 속도가 중간인 I에 의해 침전된 핵(C)과 엽록체(D)는 원심 분리 속도가 가장 느린 III에 의해 분리되고, I에 의해 상층액에 위치한 미토콘드리아(A)와 리보솜(B)은 원심 분리 속도가 가장 빠른 II에 의해 분리된다.

**정답맞이기** ㄱ. 리보솜(B)을 구성하는 물질은 RNA와 단백질이므로, B에는 RNA가 존재한다.

ㄴ. 원심 분리 I의 결과에서 미토콘드리아(A)는 상층액, 핵(C)은 침전물에 위치하므로 A보다 C의 밀도가 크다.

ㄷ. 밀도가 작은 세포 소기관을 침전시키는 데 더 빠른 원심 분리 속도가 필요하다. 밀도가 큰 핵(C)과 밀도가 작은 엽록체(D)를 모두 침전시키는 원심 분리 I의 속도는 밀도가 큰 핵(C)만 침전시키는 원심 분리 III의 속도보다 빠르다.

## 07

**예설** 식물체에서 떼어 낸 일부 조직을 배양액에서 무균 상태로 배양하는 세포 배양법(조직 배양법)이 적용되었다.

**정답맞이기** ㄱ. 형성층에서 떼어 낸 A는 식물의 조직 중 분열이 가능한 분열 조직이다.

ㄷ. 번식 능력이 약하거나 멸종 위기 식물의 일부 조직을 떼어 이를 배양하면 완전한 식물 개체를 얻어 그 수를 늘릴 수 있으므로 이들 식물들의 대량 증식을 통한 보존에 이용할 수 있다.

**오답짜이기** ㄴ. B는 분열 조직인 A로부터 체세포 분열을 통해 얻은 캘러스이므로 유전자 구성이 동일하다.

## 08

**예설** 정상 세포와 돌연변이 세포의 세포 소기관 A 모두에서 방사능이 검출되었으므로 세포 소기관 A는 단백질의 분비 경로에서 가장 첫 경로임을 알 수 있다. 세포 소기관 B는 정상 세포와 돌연변이 세포 III에서만 방사능이 검출되었으므로 분비 경로의 마지막 단계이다. 따라서 정상 세포에서 합성된 단백질의 이동 경로는 리보솜(A) → 거친면 소포체(C) → 골지체(B) → 세포 밖이다.

**정답맞이기** ㄱ. 방사성 동위 원소에서 방출되는 방사능이 어디에서 검출되는지를 추적하여 해당 방사성 동위 원소로 표지된 물질의 이동 경로를 추적하는 연구 방법을 자기 방사법이라고 한다. 이 실험에서도 방사성 동위 원소로 표지된 아미노산을 이용하여 단백질의 합성 및 이동 경로를 추적하였으므로 자기 방사법이 이용되었다.

ㄴ. 돌연변이 세포 III에서는 세포 밖에서만 방사능이 검출되지 않았으므로 분비 경로 중 골지체(B) → 세포 밖으로 이동하는 골지체의 분비 단계에 이상이 나타났다.

**오답짜이기** ㄷ. 리보솜(A)에서 합성된 단백질의 이동 경로는 거친면 소포체(C) → 골지체(B) → 세포 밖이다.

## 테마별 수능 심화문제

본문 8~9쪽

09 ⑤

10 ⑤

11 ③

12 ②

## 09

**예설** (가)는 핵, (나)는 엽록체, (다)는 미토콘드리아이다.

**정답맞이기** ㄱ. 엽록체(나)에서는 광합성이 일어나 CO<sub>2</sub> 소비가 일어나고, 미토콘드리아(다)에서는 세포 호흡이 일어나 ATP가 생성된다. 따라서 ㉠과 ㉡는 모두 '○'이다.

ㄴ. 미토콘드리아(다)를 분획하는 원심 분리 속도에서는 미토콘드리아보다 밀도가 작은 리보솜이 침전되지 않고 상층액 ㉢에 남게 된다. 엽록체(나)와 미토콘드리아(다)는 모두 자체 리보솜을 가진다.

ㄷ. 엽록체(나)를 분획하는 3000g에서 엽록체보다 밀도가 큰 세포 소기관도 함께 침전되므로 침전물에는 핵과 엽록체가 모두 있다.

## 10

**예설** ㉠배에서 세포 X와 겹치는 접안 마이크로미터 눈금 수가 16이고, X의 길이는 48 μm이므로 16 × ③ μm = 48 μm이다. 따라서 ③은 3이며, ③의 2배인 ④는 6이다. ⑥ × 6 μm = 48 μm이므로 ⑥은 8이며, ⑥의 1/2인 ⑤는 4이다. 4 × ④ μm = 48 μm이므로 ④는 12이다.

**정답맞이기** ㄱ. (가)에서 접안 마이크로미터 5눈금의 길이와 대물 마이크로미터 3눈금의 길이는 모두 30 μm이다.

ㄴ. 현미경의 배율은 접안 마이크로미터 1눈금의 길이에 반비례하므로 ㉠이 200, ㉡이 50이다.

ㄷ. 50(㉡)배에서 접안 마이크로미터 1눈금의 길이(④)는 12 μm이다.

## 11

**예설** A는 핵, B는 리보솜, C는 거친면 소포체, D는 골지체이다.

**정답맞이기** ㄱ. 방사성 동위 원소에서 방출되는 방사능이 어디에서 검출되는지를 추적하여 해당 방사성 동위 원소로 표지된 물질의 이동 경로를 추적하는 연구 방법을 자기 방사법이라고 한다. 이 실험에서도 방사성 동위 원소로 표지된 물질을 세포에 공급하여 연구가 진행되므로 자기 방사법이 이용되었다.

ㄷ. 방사성 동위 원소로 표지된 아미노산을 세포에 공급하면 단백질 합성에 이용되므로 단백질 합성 및 이동 경로인 '리보솜(B) → 거친면 소포체(C) → 골지체(D) → 세포 밖'의 순서로 방사선의 강도가 시간에 따라 높아진다.

**오답짜이기** ㄴ. (가)에서 티민(T)은 DNA를 구성하는 염기이므로 DNA가 복제되는 엽록체, 핵(A), 미토콘드리아에서 방출되는 방사선의 강도가 높아지며, (나)에서 유라실(U)은 RNA를 구성하는 염기이므로 DNA가 전사되어 RNA가 합성되는 엽록체, 핵(A), 미토콘드리아와 전사된 RNA로 구성된 리보솜(B)에서 방출되는 방사선의 강도가 높아진다.

# 12

**해설** | 원심 분리를 하면 밀도가 큰 성분은 침전되고 밀도가 작은 성분은 상층액에 남게 된다. 핵, 엽록체, 미토콘드리아를 밀도 순으로 배열하면, 핵 > 엽록체 > 미토콘드리아이다. 상층액 A에는 세포질 성분이 포함되고, B, C, D에는 각각 미토콘드리아, 엽록체, 핵이 포함되어 있다.

**정답맞히기** > 다. 미토콘드리아가 포함된 B에서는 기질 수준 인산화와 산화적 인산화로 ATP가 생성되며, 엽록체가 포함된 C에서는 광인산화로 ATP가 생성된다.

**오답짜이기** > 가. '리보솜이 있고, CO<sub>2</sub>가 소모되는 세포 소기관이 있다.'는 엽록체가 포함된 C의 특징이다.

나. 세포 호흡을 통한 O<sub>2</sub>의 소모는 미토콘드리아 내막에서 일어나는 산화적 인산화에 의해 일어난다. 세포질 성분인 A에서 포도당의 해당 과정이 일어나더라도 O<sub>2</sub>는 소모되지 않으며, 미토콘드리아가 포함된 B에 포도당을 공급하더라도 해당 과정을 거치지 못해 TCA 회로와 산화적 인산화가 일어나지 못하므로 O<sub>2</sub>는 소모되지 않는다.

THEME



## 02 세포(2)

\* 낮은 끝 문제로 유형 익히기 \*

본문 11쪽

**정답** ③

**해설** | (가)는 사람의 간세포, (나)는 남세균, (다)는 시금치의 엽육 세포이고, A는 세포벽, B는 엽록체, C는 소포체이다. ㉠은 '×', ㉡는 '○', ㉢은 '×', ㉣은 '○'이다. 세포벽(A)과 엽록체(B)가 없고 소포체(C)가 있는 (가)는 동물 세포인 간세포이다. 세포벽(A)은 있지만 엽록체(B)와 소포체(C)가 없는 (나)는 원핵세포인 남세균이다. 세포벽(A), 엽록체(B), 소포체(C)를 모두 가지는 (다)는 식물 세포인 엽육 세포이다.

**정답맞히기** > 가. 세포 X에는 세포벽(A), 소포체, 엽록체가 모두 있으므로, X는 식물 세포인 엽육 세포(다)이다.

나. A는 세포벽, B는 엽록체, C는 소포체이다. 엽록체(B)에는 DNA와 이로부터 전사된 RNA가 있다.

**오답짜이기** > 다. ㉠~㉣ 중 '○'의 개수는 2이다.

테마별 수능 필수유제

본문 12~13쪽

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

### 01

**정답맞히기** > 가. 2중막 구조를 갖는 핵막으로 둘러싸인 핵에서는 복제를 통한 DNA 합성, 전사를 통한 RNA 합성이 모두 일어난다. 또한 세포질에서 번역 결과 생성된 단백질의 일부가 핵공을 통해 들어와 핵 내에 존재한다.

다. 2중막 구조를 갖는 미토콘드리아에서도 DNA와 RNA가 모두 합성된다. 또한 번역 결과 생성된 단백질도 미토콘드리아에 존재한다.

**오답짜이기** > 나. 리보솜을 구성하는 물질은 RNA와 단백질이다. 따라서 리보솜은 인지질 2중층 구조를 갖는 막으로 둘러싸여 있지 않다.

### 02

**해설** | A는 매끈면 소포체, B는 인, C는 리보솜, D는 리소솜이다.

**정답맞히기** > 가. 매끈면 소포체(A)에서는 지질 합성이 일어난다.

나. 인(B)과 리보솜(C)의 구성 물질에는 모두 RNA와 단백질이 있다.

다. 리소솜(D)에는 단백질로 구성된 가수 분해 효소가 포함되며, 단백질은 리보솜(C)에서 합성된다.

### 03

**해설** | A는 인, B는 핵막, C는 핵공, D는 염색사이다.

**정답맞이기** ▶ 나. 핵공(C)은 핵 내부와 세포질 사이의 물질 이동 통로이다. 따라서 세포질의 리보솜에서 생성된 DNA 중합 효소 등의 단백질이 핵공(C)을 통해 핵으로 이동한다.

ㄷ. 인(A)은 RNA와 단백질, 염색사(D)는 DNA와 단백질로 구성된다.

**오답맞이기** ▶ 가. 핵막(B)은 인지질 2층층의 구조를 가지는 막이 2층막의 구조를 이루고 있지만, 인(A)은 막 구조가 아니다.

## 04

**예설** | A는 얇고 유연한 1차 세포벽이고, B는 세포막과 1차 세포벽 사이에 만들어진 두껍고 단단한 2차 세포벽이며, C는 세포막이다.

**정답맞이기** ▶ ㄷ. 세포벽은 전투과성을 가지며, 세포막(C)이 선택적 투과성을 가진다.

**오답맞이기** ▶ 가. 2차 세포벽(B)은 식물 세포가 성숙하면서 세포막과 1차 세포벽(A) 사이에 만들어지므로 A는 B보다 먼저 형성되었다.

나. 1차 세포벽은 A이며, C는 세포막이다.

## 05

**예설** | A는 미토콘드리아, B는 리보솜, C는 매끈면 소포체이다.

**정답맞이기** ▶ 나. 근육 세포에는 근육 원섬유의 수축과 이완에 소모되는 ATP를 공급하기 위해 미토콘드리아(A)가 발달되어 있다.

**오답맞이기** ▶ 가. 효소를 구성하는 단백질은 리보솜에서 생성된다.

ㄷ. 리보솜(B)에서 생성되는 호르몬은 단백질계 호르몬이다. 정소에서 생성되는 남성 호르몬의 구성 성분은 스테로이드이며, 매끈면 소포체(C)에서 생성된다.

## 06

**예설** | A는 핵, B는 엽록체, C는 미토콘드리아, D는 리보솜이다.

**정답맞이기** ▶ 나. 세포 분획법으로 밀도가 더 큰 엽록체(B)는 밀도가 더 작은 미토콘드리아(C)보다 먼저 침전되어 분리된다.

ㄷ. 미토콘드리아(C)에는 전사를 통해 DNA로부터 생성된 RNA와 리보솜을 구성하는 RNA 등이 있으며, 리보솜(D)은 RNA와 단백질로 구성되어 있다.

**오답맞이기** ▶ 가. 핵(A), 미토콘드리아(C), 리보솜(D)은 동물의 간세포와 식물의 공변세포에 모두 있다. 엽록체(B)가 있는 (가)는 식물의 공변세포이며, (나)는 동물의 간세포이다.

## 07

**예설** | A는 미토콘드리아, C는 리보솜이며, B와 D는 각각 엽록체와 중심립 중 하나이다. (다)는 남세균이며, (가)와 (나)는 각각 동물의 간세포와 식물의 공변세포 중 하나이다.

**정답맞이기** ▶ ㄷ. 미토콘드리아(A)에는 전사를 통해 DNA로부터 생성된 RNA와 리보솜을 구성하는 RNA 등이 있으며, 리보솜(C)은 RNA와 단백질로 구성되어 있다.

**오답맞이기** ▶ 가. 펩티도글리칸 성분의 세포벽을 가진 것은 남세균인(다)이다.

나. 원핵생물인 남세균(다)에는 막으로 둘러싸인 세포 소기관이 없으므로 엽록체가 없다.

## 08

**예설** | 근육의 수축과 이완에 필요한 ATP 공급을 위해 근육 세포에는 미토콘드리아(나)가 많이 들어 있다. 단백질로 이루어진 소화 효소 등의 분비를 위해 이자 세포에는 골지체(가)가 많이 들어 있다. 식균 작용(식세포 작용)으로 세포 내로 이동시킨 세포 내의 물질을 분해하는 백혈구에는 세포 내 물질을 가수 분해하는 효소를 포함하는 리소좀(다)이 많이 들어 있다.

**정답맞이기** ▶ 나. 미토콘드리아(나)에는 자체 DNA의 전사 및 번역에 의해 생성된 단백질들이, 리소좀(다)에는 단백질로 이루어진 가수 분해 효소가 있다.

**오답맞이기** ▶ 가. (가)는 골지체이다.

ㄷ. 리소좀(다)의 가수 분해 효소는 골지체(가)로부터 이동한 것이다.

### 테마별 수능 심화문제

본문 14~15쪽

09 ⑤

10 ①

11 ②

12 ⑤

## 09

**예설** | dTTP를 구성하는 물질로 제시된 그림 (나)가 디옥시리보스이므로 디옥시리보스가 포함된 핵산에 해당하는 물질은 DNA이다. 리보솜, 리소좀, 미토콘드리아 중 DNA가 포함된 세포 소기관은 미토콘드리아뿐이므로 A는 미토콘드리아이고, ㉠이 DNA이다. B는 리소솜, C는 리보솜, ㉡은 단백질, ㉢은 인지질이다.

**정답맞이기** ▶ 가. 미토콘드리아(A)에는 단백질(㉡), DNA(㉠), 인지질(㉢)이 모두 있으므로 ㉣는 '○'이다. 리보솜(C)의 구성 물질은 RNA와 단백질(㉡)이므로 ㉤는 '○'이다.

나. 세포 내 소화를 담당하는 리소솜(B)에는 가수 분해 효소가 있다.

ㄷ. ㉠은 DNA이므로 구성 원소에 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 인(P)이 있다.

## 10

**예설** | A는 염색사, B는 인, C는 핵공이다. (가)는 전자선을 시료에 투과시켜 시료 단면의 상을 얻었으므로 투과 전자 현미경이다.

**정답맞이기** ▶ 나. 염색사(A)의 DNA로부터 전사되어 생성된 tRNA는 핵공(C)을 통해 세포질로 이동하여 번역에 이용된다.

**오답맞이기** ▶ 가. 전자 현미경의 경우 세포에 전자선을 쬐어 주어야 하기 때문에 세포를 고정 및 탈수시키는 과정에서 세포가 죽는다. 따라서 전자 현미경을 이용해 살아 있는 아메바를 관찰하기에는 적합하지 않다.

ㄷ. 인(B)은 RNA와 단백질로 구성된 구조로 막 구조를 가지지 않

는다.

### 11

**예설** | A는 사람의 간세포, B는 남세균, C는 시금치의 공변세포이다.  
㉠은 '리보솜이 있다.', ㉡은 '엽록체가 있다.', ㉢은 '핵막이 있다.'이다.

**정답맞이기** > 나. 진핵세포인 동물의 간세포(A)에는 미토콘드리아가 있다.

**오답짜이기** > 가. 남세균(B)에는 엽록체가 없으므로 ㉡는 '×'이다. 공변 세포(C)에는 엽록체가 있으므로 ㉢는 '○'이다.

다. 공변세포(C)에는 세포벽이 있으나, 간세포(A)에는 세포벽이 없다.

### 12

**예설** | A는 미세 소관, B는 미세 섬유이다.

**정답맞이기** > 가. A는 미세 소관이다.

나. 특징 ㉠은 섬모와 편모 형성에 관여하는 미세 소관만 가지는 특징이므로, '섬모와 편모 형성에 관여한다.'는 ㉡에 해당한다.

다. 미세 섬유(B)는 액틴 단백질로 구성되며, 단백질을 구성하는 기본 단위는 아미노산이다.

THEME



## 세포막을 통한 물질의 이동

\* **같은 꼴 문제로 유형 익히기** \*

본문 17쪽

**정답** ①

**예설** | 능동 수송, 단순 확산, 촉진 확산 중 저농도에서 고농도로 물질이 이동하는 것은 능동 수송뿐이므로 I은 능동 수송이다. 단순 확산과 촉진 확산 중 물질 이동에 막 단백질이 이용되는 것은 촉진 확산이므로 III은 촉진 확산이고, II는 단순 확산이다.

**정답맞이기** > 가. ㉠은 농도 평형 상태를 벗어나 농도가 증가하므로 ㉠은 능동 수송(I)에 의해 이동한다. 따라서 이러한 이동 방식에 에너지가 소모된다.

**오답짜이기** > 나. ㉠의 세포 안 농도는 농도 평형 상태에 접근하고 있으므로, ㉡은 확산에 의해 이동한다. 따라서 ㉡은 능동 수송(I)에 의해 이동하지 않는다.

다. 능동 수송(I)을 통한 물질 이동에는 막 단백질이 이용되므로 ㉢는 '○'이고, 단순 확산(II)을 통해 물질이 저농도에서 고농도로 이동하지는 못하므로 ㉣는 '×'이다.

테마별 수능 필수유제

본문 18~19쪽

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

### 01

**예설** | 세포막을 구성하는 인지질과 단백질은 그 위치가 고정되어 있지 않고 유동적이다. 만약 세포막의 유동성이 없다면 구역 A에만 탈색 처리하였으므로 구역 B의 형광은 일정하게 유지되어야 한다. 하지만 그림 (나)에서 구역 B의 형광 세기는 감소하고 있다. 이는 세포막의 유동성에 의해 영향을 받고 있다는 것을 보여준다.

**정답맞이기** > 가. 구역 A에서 탈색 처리를 시작한 후 구역 B의 형광이 줄어드는 것을 통해 구역 A의 탈색된 단백질이 구역 B까지 이동한 것을 추론할 수 있다.

다. 세포막을 구성하는 인지질도 유동성을 가지므로 세포막 단백질을 대신하여 인지질을 대상으로 실험하더라도 단백질의 경우와 동일하다.

**오답짜이기** > 나. 구역 A의 탈색 처리를 중단하면 구역 B의 형광 세기는 희석된 상태에서 일정하게 유지되므로 증가하지 않는다.

### 02

**예설** | 막 단백질 (가)는 수송 단백질, (나)는 효소 단백질, (다)는 수용체 단백질이다.

**정답맞이기** ▶ 나. (나)는 화학 반응을 촉매하여 물질대사에 관여하는 막 단백질이다.

**오답맞이기** ▶ 가.  $O_2$ 와  $CO_2$ 는 수송 단백질을 거치지 않고 인지질 2중층을 통해 단순 확산된다.

다. 뉴런에서 활동 전위가 발생할 때 열리는  $Na^+$  통로 단백질은 수송 단백질(가)의 예이며, 수용체 단백질(다)의 예로는 갑상샘 자극 호르몬(TSH) 수용체 단백질이 있다.

### 03

**예설** | 세포의 부피가 0.9일 때 원형질 분리 상태이므로 팽압은 0이고, 삼투압=흡수력이다. 식물 세포를 저장액에 넣었을 때 물이 유입되면서 삼투압이 작아질수록 팽압은 커지고, 삼투압과 팽압이 같아질 때 팽압이 최대가 된다.

**정답맞이기** ▶ 나. 세포의 부피가 0.9일 때 세포의 팽압(㉑)은 0이고, '삼투압=흡수력(㉒)+팽압(㉑)'이므로 세포의 삼투압은  $8+0=8$ 이다.

**오답맞이기** ▶ 가. 물의 유입으로 세포의 부피가 증가하면서 함께 증가하는 ㉑가 팽압이고, 감소하는 ㉒는 흡수력이다.

다. 세포의 크기가 최대일 때 팽압(㉑)은 최대이며 흡수력(㉒)은 0이다. 세포의 부피가 1.2일 때 흡수력(㉒)은 2.5이므로 이 세포의 크기가 최대는 아니다.

### 04

**예설** | 물질 이동에 ATP가 사용되는 II는 능동 수송이고,  $Na^+$  통로를 통한  $Na^+$ 의 이동은 촉진 확산에 해당하므로 I은 촉진 확산이며, III은 단순 확산이다.

**정답맞이기** ▶ 가. 촉진 확산(I)과 능동 수송(II)을 통한 물질 이동에 막 단백질이 이용되므로 '막 단백질을 이용한다.'는 (가)에 해당한다.

나. 촉진 확산(I)에는 ATP가 이용되지 않으며, 단순 확산(III)에서는 고농도에서 저농도로 물질이 이동하므로 ㉑과 ㉒은 모두 '없음'이다.

**오답맞이기** ▶ 다. 미토콘드리아 내막의 전자 전달계를 통한  $H^+$  이동은 능동 수송에 해당하므로 단순 확산(III)에 의해 일어나지 않는다.

### 05

**예설** |  $Na^+-K^+$  펌프는  $Na^+$  3개와  $K^+$  2개를 각각 생체막의 반대편으로 이동시킨다. 실험 결과에서 수면의 높이 변화가 나타났으므로 인공막을 경계로 양측의 이온 분포가 달라져 삼투 현상이 일어났다는 것을 알 수 있다. I에서  $Na^+-K^+$  펌프의 작동에 ATP가 사용됨으로써 I에서 ATP의 양이 감소하고,  $Na^+$ 의 농도는 감소하며  $K^+$ 의 농도는 증가하게 된다. 또한 II에서  $Na^+$ 의 농도는 증가하고  $K^+$ 의 농도는 감소하게 된다.

**정답맞이기** ▶ 가. I에서 II로 이동하는 물 분자의 양이 II에서 I로 이동하는 물 분자의 양보다 많아서 II의 수면이 높아졌다.

나.  $Na^+-K^+$  펌프에 의한 능동 수송으로  $Na^+$ 이 I에서 II로 이동하므로, 이 과정에서 ATP가 소모된다.

**오답맞이기** ▶ 다.  $Na^+-K^+$  펌프에 의해  $K^+$ 은 II에서 I로 이동하므로 I에서  $K^+$ 의 양이 증가한다.

### 06

**예설** | 물질 이동에 막 단백질이 관여하지 않는 A는 단순 확산이고, 막 단백질이 관여하지만 에너지 소비가 일어나지 않는 B는 촉진 확산이며, 막 단백질이 관여하고 에너지 소비가 일어나는 C는 능동 수송이다. X는 촉진 확산, Y는 단순 확산으로 이동한다.

**정답맞이기** ▶ 가. X는 수송 단백질의 수가 한정되어 있어 수송 단백질이 포화되는 경우 이동 속도가 일정해지는 촉진 확산이다. 따라서 X의 이동 방식은 B이다.

**오답맞이기** ▶ 나. Y의 이동 방식은 단순 확산이며, '[세포 안 농도]-[세포 밖 농도]'의 값이 증가할수록 Y의 이동 속도가 빨라진다. 따라서 Y의 농도는 세포 안에서가 세포 밖에서보다 높으며, 확산을 통해 세포 안에서 밖으로 이동한다.

다. 호르몬의 한 종류인 인슐린은 분비 단백질이므로 세포 외 배출에 의해 분비된다.

### 07

**예설** | A는 능동 수송, B는 단순 확산, C는 촉진 확산이다. ㉑은 'ATP를 사용한다.', ㉒은 '고농도에서 저농도로 물질이 이동한다.', ㉓은 '막 단백질을 이용한다.'이다.

**정답맞이기** ▶ 나. 단순 확산(B)과 촉진 확산(C)에는 ATP가 사용되지 않으며, 능동 수송(A)에만 ATP가 사용되므로 ㉑은 'ATP를 사용한다.'이다.

다. 화학 삼투에 의한 인산화에서 ATP 합성 효율을 통한  $H^+$ 의 이동 방식은 촉진 확산(C)에 해당한다.

**오답맞이기** ▶ 가. 물질 이동에 ATP가 사용되는 이동 방식 A는 능동 수송이다.

### 08

**예설** | ㉑은 ㉑의 세포 안 농도가 세포 밖 농도( $C_1$ )와 같은 상태에서 평형 상태를 벗어나 더 증가하고 있으므로 농도가 낮은 세포 밖에서 농도가 높은 세포 안으로 능동 수송되고 있다. ㉒은 ㉒의 세포 안 농도가 세포 밖 농도( $C_2$ )보다 낮은 상태에서 증가하여 세포 밖 농도와 같아지므로 세포 밖에서 세포 안으로 촉진 확산되고 있다.

**정답맞이기** ▶ 가. ㉑은 능동 수송으로 이동하므로 ㉑의 이동에 에너지가 소모된다.

나. ㉒의 세포 안 농도가 세포 밖 농도( $C_2$ )보다 낮은 상태에서 증가하여 세포 밖 농도와 같아지므로 ㉒은 막 단백질을 통해 세포 밖에서 안으로 촉진 확산된다.

**오답맞이기** ▶ 다. ㉒의 이동 속도는 그래프에서의 농도 변화율에 비례하므로  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 빠르다.

#### 테마별 수능 심화문제

본문 20~21쪽

09 ①

10 ①

11 ②

12 ①

## 09

**해설** | 그림의 식물 세포 A는 원형질 분리 상태이므로 설탕 용액 ㉠은 세포 내액에 비해 고장액이다. 설탕 용액 ㉠에 담겨 있던 식물 세포 A를 설탕 용액 ㉡에 옮긴 후 원형질 분리 상태의 세포가 한계 원형질 분리 상태가 되면서 세포 부피가 증가하였으므로 ㉡은 ㉠에 비해 저장액임을 알 수 있다. 저장액에 넣은 식물 세포에서는 물의 유입으로 팽압이 증가하고, 흡수력이 감소하여 세포 부피가 최대일 때 흡수력이 0이 되므로 X는 흡수력, Y는 팽압이다.

**정답맞이기** > ㄱ. ㉠에 담겨 원형질 분리 상태였던 세포가 ㉡에 옮긴 후 세포 부피가 증가함을 알 수 있으므로 설탕 용액의 농도는 ㉠이 ㉡보다 높다.

**오답맞이기** > ㄴ. 시간이  $t_1 \rightarrow t_2$ 로 흐를 때, 팽압(Y)은 0에서부터 증가하고, 삼투압은 감소하므로  $\frac{\text{팽압}(Y)}{\text{삼투압}}$ 은  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 작다.

ㄷ.  $V_2$ 일 때  $\frac{\text{흡수력}(X)}{\text{팽압}(Y)}$ 이 0이므로 흡수력(X)이 0이고 팽압(Y)이 최대인 최대 팽윤 상태이다. 이때 '삼투압=팽압(Y)'이므로 팽압(Y)은 삼투압과 흡수력(X)의 합과 같다.

## 10

**해설** | 물질 이동 방식 I은 막 단백질을 이용하지만 저농도에서 고농도로의 물질 이동이 없으므로 촉진 확산이다. II는 저농도에서 고농도로의 물질 이동이 가능하므로 능동 수송이다. III은 막 단백질을 이용하지 않으므로 단순 확산이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 능동 수송(II)에서는 막 단백질이 이용되므로 ㉠은 '○'이다.

**오답맞이기** > ㄴ. ㉠은 ㉡의 세포 안 농도가 세포 밖 농도( $C_2$ )보다 높은 상태에서 감소하여 세포 밖 농도와 같아지므로 세포 안에서 세포 밖으로 확산되고 있다. 하지만 III은 물질의 이동 방향이 '세포 밖 → 안'이므로 ㉡의 이동 방식은 III이 아니고 I이다.

ㄷ. 뉴런의 축삭돌기 막에서  $K^+$  통로를 통한  $K^+$ 의 이동 방식은 능동 수송(II)이 아니라 촉진 확산이다.

## 11

**해설** | 세포 밖의 물질이 세포막으로 싸여 세포 내로 들어오는 물질 이동 방식은 세포 내 섭취이며, 세포 내 섭취가 일어날 때는 에너지(ATP)가 사용된다.

**정답맞이기** > ㄴ. A가 세포막에 싸여 세포 내로 들어오는 세포 내 섭취 과정에는 에너지(ATP)가 소모된다.

**오답맞이기** > ㄱ. A는 인지질 단층의 구조를 가지지만, 세포막은 인지질 2층층의 구조를 가진다.

ㄷ. 세포 내 섭취는 물질의 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로도 일어날 수 있다.

## 12

**해설** | 반투과성 막 ㉡을 장치한 실험의 결과에서 두 용액의 높이에 차이가 없으므로 실험 전후 반투과성 막을 경계로 모든 분자가 자유롭게

게 통과할 수 있다는 것을 알 수 있다. 하지만 반투과성 막 ㉠을 장치한 실험의 결과에서는 두 용액의 높이에 차이가 생겼다. 이는 젓당이 분해되어 생성된 당당류는 반투과성 막을 통과하지만 이당류인 설탕은 반투과성 막을 통과하지 못하여 나타난 삼투 현상의 결과이다.

**정답맞이기** > ㄱ. A에서 용액의 높이가 증가한 이유는 젓당 분해 효소에 의해 분해되지 않는 이당류인 설탕 용액을 넣었기 때문이다. 이로 인해 A와 B 사이의 설탕 농도 차이에 의한 삼투 현상이 일어나 저장액(B)에서 고장액(A)으로 물이 이동하게 되었다.

**오답맞이기** > ㄴ.  $t$  시점에 A와 B의 포도당 농도는 동일하다. 하지만 B보다 A에 물이 더 많으므로 A와 B의 포도당 양은 서로 다르며, 포도당의 양은 A에서가 B에서보다 많다.

ㄷ. 반투과성 막 ㉡은 이당류가 모두 통과할 수 있다.

THEME  
04 효소

\* 낮은 골 문제로 유형 익히기 \* 본문 23쪽

**정답 ③**  
**예설** | 카탈레이스에 의해  $H_2O_2$ 가 분해될 때 발생하는  $O_2$ 가 거름종이에 달라붙으면 거름종이가 떠오르게 된다. 따라서 카탈레이스의 활성이 클수록 거름종이가 빨리 떠오른다.  
**정답맞이기** > 가. ①은 카탈레이스에 의해  $H_2O_2$ 가 분해될 때 발생하는  $O_2$ 이다.  
 나. 거름종이가 떠오르는 데 걸린 시간은 시험관 II에서가 III에서보다 짧았으므로 반응 속도는 II에서가 III에서보다 빨랐다. 따라서 효소·기질 복합체의 농도는 II에서가 III에서보다 높다.  
**오답맞이기** > 다. 반응 속도는 시험관 I에서 가장 빨랐으므로 카탈레이스는 pH가 산성일 때보다 중성일 때 더 높은 활성을 갖는다.

테마별 수능 필수유제 본문 24~25쪽

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

**01**  
**예설** |  $E_1$ 은 효소가 있을 때의 활성화 에너지,  $E_2$ 는 효소가 없을 때의 활성화 에너지이다.  
**정답맞이기** > 가.  $H_2O_2$ 가 갖는 에너지양은  $E_3 + E_4$ 이고,  $H_2O$ 과  $O_2$ 가 갖는 에너지양은  $E_4$ 이다.  
 다. 반응에 효소가 관여할 경우 활성화 에너지가 낮아지므로 카탈레이스가 있을 때의 활성화 에너지는  $E_1$ 이다.  
**오답맞이기** > 나.  $H_2O_2$ 가 분해되어  $H_2O$ 과  $O_2$ 가 생성되므로  $H_2O_2$ 는 반응물,  $H_2O$ 과  $O_2$ 는 생성물이다.

**02**  
**예설** | 효소 X는 A를 B와 C로 분해하는 반응을 촉매한다.  
**정답맞이기** > 가. 효소 반응에서 반응물을 효소의 기질이라고 한다. 따라서 A는 X의 기질이다.  
 나. Y는 효소·기질 복합체이다. 효소·기질 복합체가 형성되면 활성화 에너지가 낮아진다. 따라서 효소·기질 복합체인 Y의 생성량이 많을수록 반응 속도가 증가한다.  
**오답맞이기** > 다. 효소는 반응에서 소모되지 않으므로 반응이 진행되더라도 효소인 X의 양은 감소하지 않는다.

**03**  
**예설** | X는 ㉠을 분해하는 효소이다.  
**정답맞이기** > 나. ㉠은 X의 기질이다. 기질은 효소의 활성 부위에 결합

하여 효소·기질 복합체를 형성한다.  
**오답맞이기** > 가. 에너지의 크기는 ㉠이 ㉡보다 크다.  
 다. X는 효소이므로 반응에서 분해되지 않는다.

**04**  
**예설** | 실선으로 표시된 그래프는 효소가 없을 때의 에너지 변화이고, 점선으로 표시된 그래프는 효소가 있을 때의 에너지 변화이다.  
**정답맞이기** > 가. 반응물 중의 하나인 ㉠은 X의 기질이다.  
**오답맞이기** > 나. X가 있을 때의 활성화 에너지는 B+D이다.  
 다. D는 반응열로 효소의 양에 상관없이 일정하다.

**05**  
**예설** | 초기 반응 속도는 III > II > I 순으로 빠르다.  
**정답맞이기** > 가. I의 경우 t 시점까지 기질 농도가 전혀 감소하지 않았으므로 생성물이 만들어지지 않았다. 따라서 t 시점까지 생성물의 양은 0이다.  
 다. III의 경우 t 시점에서 이미 모든 반응이 끝난 상태이므로 효소·기질 복합체가 존재하지 않는 반면 II에서는 반응이 진행되고 있으므로 효소·기질 복합체의 농도는 II > III이다.  
**오답맞이기** > 나. I은 반응 속도가 0일 때의 그래프이다. pH 7에서 반응 속도가 0인 효소는 A이다.

**06**  
**예설** | 경쟁적 저해제를 처리할 경우 기질 농도가 높아지면 초기 반응 속도는 저해제를 처리하지 않았을 때와 같아진다. 반면 비경쟁적 저해제를 처리할 경우 기질 농도가 높아져도 초기 반응 속도는 저해제를 처리하지 않았을 때보다 느리다.  
**정답맞이기** > 나. ㉠과 ㉡을 각각 처리했을 때 기질 농도가 높아져도 저해제가 없을 때보다 초기 반응 속도가 느린 것으로 보아 ㉠과 ㉡은 모두 비경쟁적 저해제이다.  
**오답맞이기** > 가. ㉠은 비경쟁적 저해제이므로 A의 활성 부위가 아닌 별도의 조절 부위에 결합한다.  
 다. 저해제에 상관없이 활성화 에너지는 같다.

**07**  
**예설** | A는 효소의 활성 부위에 결합하여 기질이 결합하지 못하도록 하므로 경쟁적 저해제이다.  
**정답맞이기** > 가. A는 경쟁적 저해제이므로 X의 활성 부위에 결합한다.  
**오답맞이기** > 나. A는 경쟁적 저해제이므로 기질의 농도가 높을수록 A와 X의 결합이 억제된다.  
 다. A는 저해제이므로 A의 양이 증가하면 효소·기질 복합체의 양이 감소한다.

**08**  
**예설** | (가)는 기질로부터  $H_2$ 를 떼어 내는 효소이므로 기질을 산화시키는 산화 환원 효소이고, (나)는 물을 첨가하여 기질을 분해하는 효

소이므로 가수 분해 효소이며, (다)는 어떤 분자의 아미노기를 다른 분자로 옮기는 효소이므로 전이 효소이다.

**정답맞이기** > 가. (가)는 기질로부터  $H_2$ 를 떼어 내어 기질을 산화시키는 산화 환원 효소이다.

**오답짜이기** > 나. (나)는 큰 분자를 작게 분해하는 효소이므로 이화 작용을 촉매한다.

다. 소화 효소는 가수 분해 효소이므로 (나)에 해당한다.

크기가 작다.

**오답짜이기** > 다. B는 A의 촉매 기능을 활성화시키는 조효소이다.

## 12

**예설** | ㉠은 효소의 활성 부위가 아닌 별도의 조절 부위에 결합하여 효소의 기능을 억제하는 비경쟁적 저해제이다.

**정답맞이기** > 가. A~C 중 비경쟁적 저해제가 사용되었을 때의 초기 반응 속도 그래프는 C이다. A는 저해제가 사용되지 않았을 때의 초기 반응 속도 그래프이고, B는 경쟁적 저해제가 사용되었을 때의 초기 반응 속도 그래프이다.

다.  $S_1$ 일 때 초기 반응 속도는 A에서가 C에서보다 2배 빠르므로 효소·기질 복합체의 양은 A에서가 C에서보다 2배 많다.

**오답짜이기** > 나. A에서 반응의 활성화 에너지는  $S_1$ 일 때와  $S_2$ 일 때가 동일하다.

### 테마별 수능 심화문제

본문 26~27쪽

09 ④

10 ④

11 ③

12 ③

## 09

**예설** | B에서의 초기 반응 속도가 A에서보다 빠르므로 B는 기질 농도가  $S_2$ 일 때이고, A는 기질 농도가  $S_1$ 일 때이다.

**정답맞이기** > 가. A일 때보다 B일 때 효소·기질 복합체의 농도가 높으므로 초기 반응 속도는 B일 때가 A일 때보다 빠르다.

다. 기질 농도가  $S_3$ 일 때 효소는 포화되어 모든 효소가 반응에 참여하고 있으므로 기질 농도가 높아져도 더 이상 초기 반응 속도가 증가하지 않지만 효소의 양을 증가시키면 더 많은 효소·기질 복합체가 만들어질 수 있으므로 초기 반응 속도가 증가한다.

**오답짜이기** > 나.  $S_2$ 는 효소가 포화되어 기질 농도가 증가하여도 더 이상 초기 반응 속도가 증가하지 않는 상태로, 모든 효소가 기질과 결합하고 있다. 따라서 기질과 결합하지 않은 효소의 양은  $S_1$ 일 때가  $S_2$ 일 때보다 많다.

## 10

**예설** | 반응 속도가 빠를수록 생성물의 양 그래프는 기울기가 크다.

**정답맞이기** > 나. pH 7과 pH 8.5에서 반응이 일어나므로 효소 B에 의한 반응이다.

다. (나) 반응에서 pH 7일 경우  $t$  시점에서 생성물의 양에 더 이상 변화가 없는 것으로 보아 모든 기질이 반응하여 더 이상 기질이 남아 있지 않은 상태이므로 반응 속도는 0이다. 반면 pH 8.5일 경우 생성물의 양이 계속 증가하고 있으므로 반응 속도는 pH 8.5에서가 pH 7에서보다 빠르다.

**오답짜이기** > 가. A는 가수 분해 효소이다. 가수 분해는  $H_2O$ 을 가하여 결합을 끊는 반응으로  $H_2O$ 은 반응물에 해당한다.

## 11

**예설** | 단백질은 열에 의해 쉽게 변성되므로 단백질 성분인 주효소는 열을 가하면 기능을 잃는다.

**정답맞이기** > 가. A는 단백질로 되어 있는 주효소이고, B는 조효소이다. 단백질은 열에 의해 쉽게 변성된다.

나. B는 셀로판 주머니를 통과하여 비커로 빠져나갔으므로 분자의

THEME  
**05** 세포 호흡

\* **짧은 글 문제로 유형 익히기** \* 본문 30쪽

**정답** ①  
**예설** | ㉠은 아세틸 CoA, ㉡은 에탄올(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), ㉢은 젖산(C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>)이다.  
**정답맞이기** > ㄱ. 과정 I은 피루브산이 산화되어 아세틸 CoA가 만들어지는 과정이므로 미토콘드리아 내에서 일어난다.  
**오답짜이기** > ㄴ. ㉡은 에탄올(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), ㉢은 젖산(C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>)이므로 1분자당  $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 ㉡은 3이고, ㉢은 2이다. 따라서 1분자당  $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 ㉡이 ㉢보다 크다.  
 ㄷ. 아세틸 CoA가 만들어질 때와 에탄올이 만들어질 때는 탈탄산 반응이 일어나지만, 젖산이 만들어지는 과정에는 탈탄산 반응이 일어나지 않는다.

테마별 수능 필수유제					본문 31~34쪽
01 ④	02 ⑤	03 ②	04 ②	05 ②	
06 ③	07 ⑤	08 ②	09 ③	10 ③	
11 ④	12 ③	13 ②	14 ⑤	15 ⑤	
16 ②					

**01**  
**예설** | ATP의 생성은 동화, 분해는 이화 작용에 해당한다.  
**정답맞이기** > ㄴ. ATP가 분해될 때 방출되는 에너지를 이용하여 근육의 수축이 일어난다.  
 ㄷ. (나)는 고에너지 인산 결합이 분해되는 과정으로 인산 결합에 저장되어 있던 에너지가 방출된다.  
**오답짜이기** > ㄱ. (가)는 ADP에 P<sub>i</sub>이 결합하여 ATP가 되는 과정으로 동화 작용에 해당한다.

**02**  
**예설** | ATP는 5탄당의 일종인 리보스와 염기인 아데닌이 결합하여 만들어진 아데노신에 3개의 인산기가 결합한 것으로 인산과 인산 사이의 결합을 고에너지 인산 결합이라고 한다.  
**정답맞이기** > ㄱ. ㉠은 염기의 일종인 아데닌이다.  
 ㄴ. (가)는 고에너지 인산 결합이 분해되어 에너지를 방출하는 과정으로 이 과정에서 방출되는 에너지는 다양한 생명 활동에 이용된다.  
 ㄷ. 해당 과정에서 ATP가 분해되는 반응이 일어나며, ATP가 합성되는 반응은 해당 과정, TCA 회로, 산화적 인산화 과정에서 일어난다.

**03**  
**예설** | 반응 I은 TCA 회로, 반응 II는 전자 전달계에서 일어나는 반응이다.

**정답맞이기** > ㄴ. B는 미토콘드리아의 내막이다. 전자 전달계는 미토콘드리아의 내막에 존재한다.  
**오답짜이기** > ㄱ. 반응 I은 TCA 회로에서 일어나는 반응이므로 미토콘드리아의 기질인 C에서 일어난다.  
 ㄷ. 반응 II는 전자 전달계에서 일어나는 반응이다. 전자 전달계는 미토콘드리아 내막에 위치한다.

**04**  
**예설** | (가)는 해당 과정, (나)는 TCA 회로, (다)는 전자 전달계이다.  
**정답맞이기** > ㄴ. 산소는 전자 전달 과정에서 최종 전자 수용체이므로 산소가 없으면 전자 전달이 이루어지지 않으며, 전자 전달 과정에서 NADH와 FADH<sub>2</sub>의 산화가 일어나지 않으면 TCA 회로도 계속 진행될 수가 없다.  
**오답짜이기** > ㄱ. (가)는 해당 과정이다. 해당 과정에서는 기질 수준 인산화가 일어난다.  
 ㄷ. 해당 과정(가)은 세포질에서 일어나고, TCA 회로(나)와 전자 전달계(다)는 미토콘드리아에서 일어난다.

**05**  
**예설** | 해당 과정에서는 1분자의 포도당이 2분자의 피루브산으로 분해되는 과정에서 2분자의 NADH와 2분자의 ATP가 만들어진다.  
**정답맞이기** > ㄷ. (나)에서는 기질 수준 인산화에 의해 4분자의 ATP가 합성된다.  
**오답짜이기** > ㄱ. (가)에서는 포도당에 ATP의 에너지를 공급하여 과당 2인산을 만든다.  
 ㄴ. 해당 과정에서는 O<sub>2</sub>가 소비되지 않는다.

**06**  
**예설** | 1분자의 아세틸 CoA가 TCA 회로를 거치면서 완전히 분해되는 동안 2CO<sub>2</sub>, 3NADH, 1FADH<sub>2</sub>, 1ATP가 만들어진다.  
**정답맞이기** > ㄱ. (가)에서는 탈탄산 반응, 탈수소 반응, 기질 수준 인산화가 모두 일어난다.  
 ㄷ. TCA 회로에서는 1분자의 아세틸 CoA가 분해되어 2분자의 CO<sub>2</sub>가 생성된다.  
**오답짜이기** > ㄴ. (나)에서는 ATP가 생성되지 않고, NADH가 생성된다.

**07**  
**예설** | 해당 과정에서 만들어진 피루브산은 미토콘드리아 내로 들어가 산화되어 아세틸 CoA가 된다. 이 과정에서 CO<sub>2</sub>와 NADH가 생성된다.  
**정답맞이기** > ㄱ. (가)는 피루브산에 탈탄산 효소가 작용하여 카복시기 하나가 떨어져 CO<sub>2</sub>로 방출되는 과정이다.  
 ㄴ. ㉠은 NADH로 전자 전달계에 전자를 제공하는 전자 공여체 역

할을 한다.

ㄷ. 아세틸 CoA의 아세틸기는 TCA 회로를 거치는 동안 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O로 완전히 분해된다.

### 08

**예설** | ㉠은 옥살아세트산, ㉡은 시트르산, ㉢은 α-케토글루타르산, ㉣은 석신산(숙신산)이다.

**정답맞이기** > ㄴ. α-케토글루타르산으로부터 석신산(숙신산)이 만들어지는 과정에서 NADH와 ATP가 모두 생성된다.

**오답짜이기** > ㄱ. ㉠은 옥살아세트산으로 4탄소 화합물이고, ㉡은 시트르산으로 6탄소 화합물이다. 따라서 ㉠과 ㉡의 1분자당 탄소 수의 합은 10이다.

ㄷ. ㉢과 ㉣은 각각 석신산(숙신산)과 옥살아세트산으로 모두 4탄소 화합물이다. 따라서 과정 III에서는 탈탄산 효소가 작용하지 않는다.

### 09

**예설** | 전자 전달계에서 전자는 전자와 결합하려고 하는 경향성이 낮은 쪽에서 높은 쪽으로 이동한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 전자 전달계에서 NADH는 전자 공여체이고, O<sub>2</sub>는 최종 전자 수용체이므로 전자의 이동 방향은 NADH에서 O<sub>2</sub> 방향이다. 따라서 전자와 결합하려고 하는 경향은 O<sub>2</sub>가 NAD<sup>+</sup>보다 크다.

ㄴ. 전자 전달계에서 NADH가 산화되어 만들어진 NAD<sup>+</sup>는 TCA 회로로 공급되어 다른 물질을 산화시키는 산화제로 사용된다.

**오답짜이기** > ㄷ. 최종 전자 수용체인 O<sub>2</sub>가 공급되지 않으면 전자를 받아 환원된 상태인 사이토크롬 a가 전자를 줄 곳이 없으므로 사이토크롬 a는 환원된 상태로 전자 전달이 중지된다.

### 10

**예설** | 전자 전달계를 통해 전자가 이동하는 과정에서 미토콘드리아의 내막과 외막 사이의 막 사이 공간으로 H<sup>+</sup>이 능동 수송되어 막 사이 공간의 pH가 낮아진다.

**정답맞이기** > ㄱ. 전자 전달계의 최종 전자 수용체는 O<sub>2</sub>이다.

ㄷ. 막 사이 공간과 미토콘드리아 기질 사이에 형성된 H<sup>+</sup> 농도 기울기에 의해 H<sup>+</sup>이 ATP 합성 효소를 통해 확산될 때 ATP가 생성된다.

**오답짜이기** > ㄴ. 전자가 전자 전달계를 거치는 동안 미토콘드리아 기질인 (나)의 H<sup>+</sup>이 막 사이 공간으로 이동하므로 막 사이 공간인 (가)의 pH가 낮아진다.

### 11

**예설** | 안티마이신 A는 사이토크롬 b에서 c로의 전자 전달을 방해하므로 안티마이신 A를 처리하면 사이토크롬 b는 전자를 받아 환원된 상태에서 전자 전달을 멈추며, 사이토크롬 c 이후의 전자 운반체들은 전자를 다음 운반체로 전달하여 산화된 상태로 전자 전달을 멈춘다.

**정답맞이기** > ㄴ. NADH로부터 방출된 전자는 전자 전달계를 통해 이동하면서 에너지를 방출하고, 방출된 에너지는 ATP 합성에 이용된다.

따라서 NADH로부터 방출된 전자의 에너지는 O<sub>2</sub>와 결합하는 전자의 에너지보다 크다.

ㄷ. 안티마이신 A가 작용하면 사이토크롬 b의 전자가 사이토크롬 c로 전달되지 못하므로 사이토크롬 c는 전자를 잃고 산화된 상태로 전자 전달이 중지된다.

**오답짜이기** > ㄱ. 1분자의 FADH<sub>2</sub>가 전자 전달계를 통해 산화되면 2분자의 ATP가 생성되고, 1분자의 NADH가 전자 전달계를 통해 산화되면 3분자의 ATP가 생성된다.

따라서  $\frac{\text{FADH}_2 \text{ 1분자당 ATP 생성량}}{\text{NADH 1분자당 ATP 생성량}}$ 의 값은 1보다 작다.

### 12

**예설** | ㉠은 해당 과정으로 세포질에서 일어나고, ㉢~㉣은 각각 피루브산의 산화, TCA 회로, 전자 전달계로 미토콘드리아 내에서 일어난다.

**정답맞이기** > ㄱ. 세포 호흡의 전 과정을 통해 포도당이 O<sub>2</sub>와 반응하여 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O로 완전히 분해된다.

ㄷ. ㉣ 단계는 전자 전달계로 전자가 이동할 때 방출되는 에너지를 이용하여 미토콘드리아의 기질에서 막 사이 공간으로 H<sup>+</sup>을 이동시킨다.

**오답짜이기** > ㄴ. 해당 과정과 TCA 회로에서 만들어진 NADH는 전자 전달계에 전자를 제공해 주고 NAD<sup>+</sup>가 되어 다시 해당 과정과 TCA 회로에 공급된다. O<sub>2</sub>가 없으면 전자 전달계가 중단되어 NADH가 NAD<sup>+</sup>로 바뀌지 못하므로 TCA 회로가 계속 진행될 수 없다.

### 13

**예설** | 그림은 전자 전달계를 나타낸 것이다.

**정답맞이기** > ㄴ. 전자의 최종 수용체는 O<sub>2</sub>이므로 ㉢은  $\frac{1}{2}$ O<sub>2</sub>이다.

**오답짜이기** > ㄱ. ㉠은 FADH<sub>2</sub>로 TCA 회로에서 생성된 것이다.

ㄷ. FADH<sub>2</sub>로부터 방출된 전자가 전자 전달계를 거쳐 O<sub>2</sub>까지 이동하는 동안 전자의 에너지는 점차 감소한다. 따라서 전자의 에너지양은 전자 II가 전자 I보다 적다.

### 14

**예설** | (나)는 기질 수준 인산화를 나타낸 것이다.

**정답맞이기** > ㄴ. 과정 I에서는 포도당 1분자당 2NADH가 생성되므로 ㉠을 통해 4개의 전자가 전달되고, II에서는 8NADH와 2FADH<sub>2</sub>가 생성되므로 ㉢을 통해 20개의 전자가 전달된다.

따라서 ㉠을 통해 전달되는 전자 수는  $\frac{1}{5}$ 이다.

ㄷ. (나)는 기질 수준 인산화를 나타낸 것이다. 기질 수준 인산화는 해당 과정(I)과 TCA 회로(II)에서 모두 일어난다.

**오답짜이기** > ㄱ. I에서는 탈수소 반응만 일어나고, 탈탄산 반응은 일어나지 않는다.

### 15

**예설** | A는 포도당, B는 피루브산, C는 아세틸 CoA이다.

**정답맞이기** > ㄱ. (가)는 해당 과정이다. 해당 과정에서는 기질 수준 인산화에 의해 ATP가 생성된다.

ㄴ. (나)는 피루브산이 산화되어 아세틸 CoA로 되는 과정이다. 이 과정에서 탈탄산 효소가 작용하여 CO<sub>2</sub>가 방출된다.

ㄷ. 전자 전달 반응이 억제되면 NADH가 NAD<sup>+</sup>로 산화되지 못하므로 TCA 회로(다)에 NAD<sup>+</sup>가 공급되지 않아 NADH가 생성되지 않는다.

### 16

**예설** | (가)와 (다) 과정에서는 해당 과정에서 생성된 NADH가 피루브산을 환원시키는 데 이용되며, 이때 생성된 NAD<sup>+</sup>는 다시 해당 과정으로 공급된다.

(나) 과정에서는 피루브산이 아세틸 CoA로 되는 과정에서 NADH가 추가로 생성되며, 해당 과정과 (나) 과정에서 생성된 NADH는 전자 전달계로 들어가 산화적 인산화를 통해 ATP를 합성하는 데 사용된다.

**정답맞이기** > ㄴ. (나)는 산소 호흡 과정의 일부로 미토콘드리아 내에서 일어나는 과정이다.

**오답맞이기** > ㄱ. (가)와 (다)는 해당 과정에서 만들어진 NADH를 이용하여 피루브산을 환원시키는 과정에서 NAD<sup>+</sup>를 만들어 다시 해당 과정으로 공급하는 과정이다. 이 과정에서는 ATP가 생성되지 않는다.

ㄷ. (가)와 (다)는 발효 과정으로 O<sub>2</sub>가 소모되지 않는다.

**테마별 수능 심화문제**

본문 35~39쪽

17 ⑤	18 ②	19 ⑤	20 ①	21 ③
22 ②	23 ③	24 ①	25 ⑤	26 ④

### 17

**예설** | 시험관 II보다 시험관 I에서 산소 소비량이 증가한 것으로 보아 미토콘드리아 현탁액에 ADP와 P<sub>i</sub>만 첨가했을 때보다 호흡 기질 X를 함께 첨가했을 때 전자 전달 과정이 더 활발하게 일어났다.

**정답맞이기** > ㄴ. I에서 전자 전달 과정이 더 활발하게 일어났으므로 단위 시간당 H<sup>+</sup>의 이동량은 I에서가 II에서보다 많다.

ㄷ. II에서 첨가물을 첨가한 시점부터 산소 소비량이 증가하기 시작하였으므로 첨가물을 넣기 전보다 넣은 후에 전자 전달 과정이 더 활발하게 일어났다.

**오답맞이기** > ㄱ. 포도당은 해당 과정을 통해 피루브산으로 분해된 다음 미토콘드리아 내로 이동하여 세포 호흡에 이용된다. 따라서 포도당은 미토콘드리아 내에서 세포 호흡에 이용되지 못하므로 호흡 기질 X는 피루브산 또는 그 이후의 세포 호흡 중간 산물 중 하나일 것이다.

### 18

**예설** | I은 2분자의 ATP를 소모하여 포도당으로부터 과당 2인산이 만들어지는 과정으로 에너지 투입기에 해당하고, II는 과당 2인산이 2분자의 피루브산으로 분해되는 과정에서 4분자의 ATP가 합성되는 과정으로 에너지 수확기에 해당한다.

**정답맞이기** > ㄷ. (나)는 기질 수준 인산화를 나타낸 것으로, 에너지 수확기인 과정 II에서 일어난다.

**오답맞이기** > ㄱ. 과정 I은 ATP의 에너지를 흡수하여 일어나는 흡열 반응이다.

ㄴ. 해당 과정에서는 O<sub>2</sub>가 소비되지 않는다.

### 19

**예설** | ㉠은 포도당, ㉡은 ATP, ㉢은 과당 2인산이다. I에서 포도당(㉠)만 첨가하였을 경우 ATP(㉡)가 없으므로 과당 2인산이 만들어지지 않아 피루브산이 생성되지 않지만, III에서 과당 2인산(㉢)을 첨가하였을 경우 과당 2인산으로부터 피루브산이 만들어진다. 반면 IV에서는 포도당과 ATP를 함께 첨가하여 포도당으로부터 과당 2인산이 만들어지므로 피루브산이 생성되었다. V에서는 과당 2인산(㉢)으로부터 피루브산이 생성되는 과정에서 ATP가 만들어지고, 이 ATP가 다시 포도당(㉠)을 과당 2인산으로 만드는 과정에 사용되므로 첨가한 포도당(㉠)과 과당 2인산(㉢) 모두로부터 피루브산이 생성되었다.

**정답맞이기** > ㄱ. ㉠은 포도당, ㉡은 ATP, ㉢은 과당 2인산이다.

ㄴ. III에는 과당 2인산(㉢)을 첨가하였으므로 ATP의 소모는 일어나지 않고 피루브산이 생성되는 과정에서 ATP의 합성만 일어난다.

ㄷ. IV에서는 포도당 1분자로부터 2분자의 피루브산이 생성되는 과정에서 2분자의 ATP가 사용되었고, 4분자의 ATP가 새로 합성되었으므로  $\frac{\text{합성된 ATP 분자 수}}{\text{사용된 ATP 분자 수}}$ 는 2이다. 반면 V에서는 포도당 1분자와 과당 2인산 1분자로부터 4분자의 피루브산이 생성되는 과정에서 2분자의 ATP가 사용되었고, 8분자의 ATP가 새로 합성되었으므로  $\frac{\text{합성된 ATP 분자 수}}{\text{사용된 ATP 분자 수}}$ 는 4이다.

### 20

**예설** | I은 (가), II는 (다), III은 (나) 과정이며, ㉠은 기질 수준 인산화, ㉡은 탈수소 반응, ㉢은 탈탄산 반응이다.

**정답맞이기** > ㄱ. I은 (가) 과정이다. (가)에서는 탈수소 반응과 탈탄산 반응이 모두 일어난다. 따라서 ㉢은 '○'이다.

**오답맞이기** > ㄴ. III은 (나) 과정이다. (나)에서는 탈탄산 반응은 일어나지 않고 탈수소 반응만 일어나 NADH가 생성된다.

ㄷ. ㉢은 탈탄산 반응이다. 해당 과정에서는 탈탄산 반응이 일어나지 않는다.

### 21

**예설** | (가)는 화학 삼투적 인산화 과정을 나타낸 것으로, 산화적 인산화 과정의 일부이다. I은 미토콘드리아의 기질, II는 막 사이 공간이다.

**정답맞히기** > 가. I 은 미토콘드리아의 기질로 TCA 회로가 일어나는 장소이다.

다. 6분자의 CO<sub>2</sub>와 10분자의 H<sub>2</sub>O이 생성된 것으로 보아 피루브산 2분자가 분해된 것이다. 따라서 ATP는 산화적 인산화를 통해 28분자, 기질 수준 인산화를 통해 2분자가 만들어진다. 따라서 (나)의 ATP 분자 중에서 (가)를 통해 생성되는 분자의 비율은  $\frac{28}{30} = \frac{14}{15}$ 이다.

**오답피하기** > 나. ㉠은 2, ㉡은 5, ㉢은 30이므로 ㉠+㉡+㉢=37이다.

## 22

**예설** | X는 전자 전달을 억제하는 물질이고, Y는 ATP 합성 효소의 작용을 억제하는 물질이다.

**정답맞히기** > 나. X를 처리하면 전자 전달 과정이 억제되므로 NADH와 FADH<sub>2</sub>가 NAD<sup>+</sup>와 FAD로 산화되지 못한다. 따라서 TCA 회로에 NAD<sup>+</sup>와 FAD가 공급되지 않으므로 TCA 회로도 억제된다.

**오답피하기** > 가. X를 처리하면 전자 전달 과정이 억제되므로 막 사이 공간으로 H<sup>+</sup>의 능동 수송이 일어나지 않는다. 따라서 막 사이 공간의 pH는 X를 처리하기 전보다 높아진다.

다. Y를 처리하면 막 사이 공간에 축적되어 있는 H<sup>+</sup>이 ATP 합성 효소를 통해 빠져나오는 것이 억제되므로 미토콘드리아 내막 안팎의 H<sup>+</sup> 농도 차는 감소하지 않는다.

## 23

**예설** | 탄수화물의 분해 산물인 포도당은 세포 호흡의 첫 단계부터 투입되지만, 지방산과 아미노산에서 생성된 유기산은 세포 호흡의 중간 산물 형태로 중간 단계부터 투입된다.

**정답맞히기** > 가. 지방산이 분해되면 아세틸 CoA가 만들어지고, 아세틸 CoA는 TCA 회로로 공급된다.

나. 단백질의 분해 산물 중 일부는 피루브산으로 전환된 다음 미토콘드리아 내로 이동하여 세포 호흡 과정에 사용된다.

**오답피하기** > 다. 지방의 분해 산물인 지방산은 아세틸 CoA 형태로, 단백질의 분해 산물은 피루브산, 아세틸 CoA, TCA 회로의 중간 산물 등의 형태로 해당 과정을 거치지 않고 세포 호흡에 이용된다.

## 24

**예설** | 호흡률은  $\frac{\text{발생한 CO}_2\text{의 부피}}{\text{소비된 O}_2\text{의 부피}}$ 이다. C의 기체 부피 변화량은 소비된 O<sub>2</sub>의 부피에 해당하고, C의 기체 부피 변화량 - B의 기체 부피 변화량은 발생한 CO<sub>2</sub>의 부피에 해당한다.

**정답맞히기** > 가. KOH 용액은 염기성 용액이므로 산성 기체인 CO<sub>2</sub>와 중화 반응을 하여 CO<sub>2</sub>를 제거한다.

**오답피하기** > 나. 발아 중인 씨앗이 30분 동안 호흡할 때 발생한 CO<sub>2</sub>의 부피는 4이다.

다. 발아 중인 씨앗이 30분 동안 소비한 O<sub>2</sub>의 양은 5이고, 발생한 CO<sub>2</sub>의 양은 4이다. 따라서 호흡률은 0.8이다. 이를 통해 이 씨앗이 주로 이용하는 호흡 기질은 단백질임을 알 수 있다.

## 25

**예설** | I 은 시험관 내에 남아 있는 산소를 이용하여 산소 호흡이 일어나는 구간이고, II는 시험관 내의 산소가 모두 소모된 후 젖산 발효가 일어나는 구간이다.

**정답맞히기** > 가. 구간 I 은 산소 호흡이 일어나는 구간이다. 따라서 이 구간에서 산화적 인산화가 일어난다.

다. 구간 I 에서는 산화적 인산화 과정에서 NADH가 전자 전달계에 전자를 주고 산화되고, 구간 II에서는 NADH가 피루브산을 환원시키고 자신은 산화된다.

**오답피하기** > 나. ATP 합성 속도는 산소 호흡(구간 I)에서가 젖산 발효 과정(구간 II)에서보다 빠르다.

## 26

**예설** | (가)는 해당 과정이고, (나)와 (다)는 각각 젖산 발효와 알코올 발효 과정이다. (라)와 (마)는 각각 피루브산의 산화 과정과 TCA 회로이다.

**정답맞히기** > 가. 산소 호흡은 해당 과정과 피루브산의 산화 및 TCA 회로를 거치므로 (가) → (라) → (마) 순으로 일어난다.

다. I 은 시트르산이 α 케토글루타르산으로 바뀌는 과정이고, II는 α 케토글루타르산이 석신산(숙신산)으로 바뀌는 과정이다. 이 두 과정에서 모두 탈탄산 반응을 통해 CO<sub>2</sub>가 방출되고, 탈수소 반응을 통해 NADH가 생성된다.

**오답피하기** > 나. (나)와 (다) 과정에서는 NADH의 산화가 일어나며 ATP의 합성은 일어나지 않는다.

THEME  
06 광합성

\* 답은 끝 문제로 유형 익히기 \*

본문 42쪽

정답 ③

예설 | ㉠은 스트로마이다. (가)는 광합성의 비순환적 광인산화 반응에서 일어나는 물의 광분해 반응이고, (나)는 광합성의 암반응(캘빈 회로)에서 일어나는 NADPH의 산화 반응이다.

정답맞이기 > 다. 암반응에서 3PG(PGA)가 G3P로 환원되는 과정에서 ATP와 NADPH가 사용된다. NADPH의 산화 반응이 중단되면 스트로마(㉠)에서 3PG(PGA)의 G3P로의 환원이 중단되어 3PG(PGA)의 양은 증가하고, G3P의 생성은 억제된다. 그러므로 NADPH의 산화 반응이 중단되면 스트로마(㉠)에서 G3P의 양은 중단되기 전보다 감소한다.

오답피하기 > 가. (가)는 광합성의 비순환적 광인산화 반응에서 일어나는 물의 광분해 반응으로, 틸라코이드 내부에서 일어난다.

나. 비순환적 광인산화의 물의 광분해 과정에서 방출된 전자는 전자 전달계를 거친 후 최종 전자 수용체인 NADP<sup>+</sup>에 전달된다.

테마별 수능 필수유제

본문 43~46쪽

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

01

예설 | 엽록체 내부는 스트로마와 틸라코이드가 쌓여져 만들어진 구조물인 그라나로 구분된다. 스트로마는 엽록체의 기질 부분으로, 포도당 합성에 필요한 여러 가지 효소들이 존재한다. ㉠은 스트로마, ㉡은 틸라코이드 내부이다.

정답맞이기 > 나. 물의 광분해에서 방출된 전자(2e<sup>-</sup>)는 광계 II의 반응 중심 색소(P<sub>680</sub>)를 환원시킨다.

오답피하기 > 가. 물의 광분해는 틸라코이드에서 H<sub>2</sub>O이 2H<sup>+</sup>, 전자(2e<sup>-</sup>), 산소( $\frac{1}{2}$ O<sub>2</sub>)로 분해되는 반응이다.

다. 틸라코이드 막을 경계로 H<sup>+</sup>의 농도 기울기가 형성되어 광인산화가 일어난다. 틸라코이드 내부(㉡)의 H<sup>+</sup> 농도가 높을 때 광인산화가 일어나므로 광인산화가 일어날 때, 틸라코이드 내부(㉡)의 pH는 스트로마(㉠)의 pH보다 낮다.

02

예설 | 광계는 엽록체의 틸라코이드 막에 존재하며, 광계 II는 비순환

적 광인산화에 관여한다. 광합성 색소는 광합성에 필요한 빛에너지를 흡수하는 색소로 엽록소 a와 b, 잔토필, 카로틴 등이 있다. 종이 크로마토그래피법으로 광합성 색소를 분리했을 때의 전개율은 카로틴 > 잔토필 > 엽록소 a > 엽록소 b 순이다. 그러므로 ㉠은 잔토필, ㉡은 엽록소 a, ㉢은 엽록소 b이다.

정답맞이기 > 나. ㉠은 잔토필이고, ㉠의 전개율은  $\frac{2}{3}$ 이다.

다. ㉡은 엽록소 a이다. 엽록소 a는 광합성을 하는 모든 식물, 조류, 남세균에 있다. 고사리는 식물계의 양치식물에 해당한다.

오답피하기 > 가. 광계 I과 II의 반응 중심 색소는 모두 엽록소 a이다. 그러므로 ㉠은 ㉡이다. ㉢은 엽록소 b로, 엽록소 a에 빛에너지를 전달하는 보조 색소이다.

03

예설 | 450 nm 파장의 빛은 청자색을, 500 nm 파장의 빛은 녹색을 띤다. 흡수 스펙트럼은 빛의 파장에 따른 광합성 색소의 빛 흡수율을 그래프로 나타낸 것이다. 엽록소는 청자색광과 적색광을 잘 흡수하고 녹색광은 거의 흡수하지 않지만, 카로티노이드는 청자색광과 녹색광을 흡수하여 광합성을 돕는다. ㉠은 엽록소 b, ㉡은 엽록소 a이다.

정답맞이기 > 가. ㉠은 엽록소 b이고, 반응 중심 색소는 엽록소 a(㉡)이다. 엽록소 a를 제외한 나머지 색소들은 빛에너지를 흡수하여 엽록소 a에 전달해 주는 보조 색소에 해당한다.

나. 광계는 광합성 색소(엽록소와 카로티노이드)와 단백질로 이루어진 복합체이다. 광계의 반응 중심 색소는 엽록소 a(㉡)이다.

오답피하기 > 다. 자색광인 400 nm에서 빛 흡수율은 ㉡(엽록소 a)이 ㉠(엽록소 b)보다 크다.

04

예설 | 앞에서 분리한 엽록체와 옥살산철(III)을 시험관에 넣고 공기를 빼낸 다음 빛을 비추면 O<sub>2</sub>(㉠)가 발생하고 옥살산철(III)이 옥살산철(II)로 환원된다. 이를 통해 O<sub>2</sub>는 H<sub>2</sub>O이 분해(산화)되어 발생한 것임을 알 수 있다. 그러므로 ㉠은 옥살산철(III), ㉡은 옥살산철(II)이다.

정답맞이기 > 가. ㉠은 O<sub>2</sub>이다.

나. 빛이 있을 때, 엽록체에서는 물의 광분해에 의해 O<sub>2</sub>가 발생한다. 그러므로 (가)에서 물의 광분해가 일어났다.

다. ㉠은 옥살산철(III)이다. 철의 실험에서 옥살산철(III)은 전자를 수용하여 옥살산철(II)로 환원된다. 엽록체에서 ㉠과 같이 전자 수용체의 역할을 하는 물질은 NADP<sup>+</sup>이다. 엽록체에서 NADP<sup>+</sup>는 최종 전자 수용체이다.

05

예설 | 해감은 엽록소 a와 엽록소 b, 그리고 카로티노이드 색소를 가진 녹조류의 한 종류로, 광합성을 하는 원생생물이다. 앵겔만은 프리즘을 통과한 서로 다른 파장의 빛을 해감에 비춘 후 해감 주위에 호기성 세균이 모여든 분포를 관찰하여 어떤 파장의 빛에서 해감의 광합성이 활발하게 일어나는지를 확인하였다. ㉠은 엽록소 a, ㉡은 카로티노이드이다.

정답맞이기 > 가. 녹조류인 해감은 엽록소 a와 엽록소 b, 카로티노이드

색소를 모두 가지고 있다.

ㄷ. 호기성 세균은 광합성이 활발하여 산소(O<sub>2</sub>)의 발생이 많은 곳에 많이 분포한다. (가)에서 청자색광과 적색광이 비춰진 부위에 호기성 세균이 많이 분포하였으므로 해감의 엽록체에서는 적색광을 비출 때가 녹색광을 비출 때보다 광합성에 의한 산소(O<sub>2</sub>)의 발생이 활발하게 일어난다.

**오답피하기** > 나. 엽록체는 실험을 통해 녹색광보다는 청자색광과 적색광에서 광합성이 활발히 일어난다는 것을 증명하였다.

## 06

**예설** | 광합성은 빛이 필요한 단계인 명반응과 CO<sub>2</sub>가 필요한 단계인 암반응으로 구분된다. 명반응이 암반응보다 먼저 일어나야 포도당이 합성될 수 있으며, 광합성이 지속되기 위해서는 빛과 CO<sub>2</sub>가 모두 필요하다. 구간 I에서는 명반응과 암반응이 모두 일어나지 않고, II에서는 명반응만 일어난다. III에서는 II의 명반응에 의해 생성된 ATP와 NADPH를 이용한 암반응이 일시적으로 일어나며, IV에서는 명반응과 암반응이 모두 일어난다.

**정답맞이기** > 나. 명반응이 활발히 일어나면 틸라코이드 막을 통한 H<sup>+</sup>의 능동 수송과 물의 광분해가 활발히 일어나 틸라코이드 내부의 H<sup>+</sup> 농도는 증가한다. 그러므로 틸라코이드 내부의 H<sup>+</sup> 농도는 t<sub>2</sub>일 때가 t<sub>1</sub>일 때보다 높다.

ㄷ. NADPH의 산화는 암반응의 캘빈 회로에서 3PG(PGA)가 G3P로 전환되는 과정에서 일어난다. 캘빈 회로가 작동되면 포도당이 생성되므로 포도당이 생성되는 구간인 III과 IV의 스트로마에서 NADPH의 산화가 일어난다.

**오답피하기** > 가. ATP의 합성은 광계에서 방출된 고에너지 전자에 의해 틸라코이드 내부와 스트로마 사이의 H<sup>+</sup> 농도 기울기가 형성되는 명반응의 결과로 나타난다. 구간 II에서는 빛이 있어 명반응이 일어나므로 ATP가 생성되지만, 구간 I에서는 빛이 없어 명반응이 일어나지 않으므로 ATP가 생성되지 않는다.

## 07

**예설** | 루벤은 광합성 실험을 통해 광합성에서 발생하는 산소(O<sub>2</sub>)가 물의 광분해로 생성됨을 증명하였다.

**정답맞이기** > 가. 명반응에서 순환적 광인산화의 산물은 ATP이고, 비순환적 광인산화의 산물은 O<sub>2</sub>, ATP, NADPH이다. ①과 ②은 모두 O<sub>2</sub>이므로 비순환적 광인산화의 산물이다.

ㄷ. B에서 NADP<sup>+</sup>를 제거하면 광계 I을 통한 순환적 광인산화만 일어나므로 광계 II가 관여하는 물의 광분해가 일어나지 않아 O<sub>2</sub>가 발생하지 않는다.

**오답피하기** > 나. A와 B에서 발생하는 ①과 ②은 모두 물의 광분해에 의해 발생하는 O<sub>2</sub>이고, A와 B에 모두 H<sub>2</sub><sup>18</sup>O이 있으므로 ①과 ②은 모두 <sup>18</sup>O<sub>2</sub>가 있다. 그러나 A에서는 전체 H<sub>2</sub>O 중 H<sub>2</sub><sup>18</sup>O의 비율이 0.85%이므로 ①에는 최대 0.85%의 <sup>18</sup>O<sub>2</sub>가 있다. B에서는 전체 H<sub>2</sub>O 중 H<sub>2</sub><sup>18</sup>O의 비율이 0.20%이므로 ②에는 최대 0.20%의 <sup>18</sup>O<sub>2</sub>가 있다. 따라서 ①과 ②에서 전체 O<sub>2</sub> 중 <sup>18</sup>O<sub>2</sub>의 비율은 다르다.

## 08

**예설** | 명반응이 일어나면 고에너지 전자가 전자 전달계를 통해 전달되는 과정에서 방출된 에너지를 이용해 H<sup>+</sup>이 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송되므로 스트로마의 H<sup>+</sup> 농도는 감소하고 pH는 높아진다. 그러므로 ①은 빛 공급이고, ②은 빛 차단이다.

**정답맞이기** > 가. ① 이후 스트로마의 pH가 높아지고, t<sub>1</sub>에서 ATP가 합성되었으므로 ①은 빛 공급이다.

나. 명반응에서 ATP 합성은 틸라코이드 내부와 스트로마 사이의 H<sup>+</sup> 농도 기울기가 형성되어야 일어난다. 고에너지 전자가 전자 전달계를 통해 전달되는 과정에서 방출된 에너지를 이용해 H<sup>+</sup>이 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송되어 H<sup>+</sup> 농도 기울기가 형성된다. 이때 틸라코이드 내부의 H<sup>+</sup>이 ATP 합성 효소를 통해 스트로마로 확산되며 ATP가 합성된다. 따라서 t<sub>1</sub>일 때 틸라코이드 내부에서 스트로마로 H<sup>+</sup>의 확산이 일어난다.

ㄷ. 명반응에 의해 ATP와 NADPH가 생성되면 암반응의 캘빈 회로를 통한 포도당의 합성이 일어난다. 3PG(PGA)가 명반응에서 생성된 ATP와 NADPH에 의해 G3P로 전환된 후 G3P로부터 포도당의 합성이 일어나므로 t<sub>2</sub>일 때 3PG(PGA)의 환원이 일어난다.

## 09

**예설** | 광계 X의 반응 중심 색소에서 방출된 전자가 전자 전달계를 거쳐 다시 광계 X의 반응 중심 색소로 돌아오므로 명반응의 순환적 광인산화이다. 따라서 광계 X는 광계 I이다.

**정답맞이기** > 가. 순환적 광인산화는 광계 I이 관여하고, 광계 I의 반응 중심 색소(③)는 P<sub>700</sub>이다.

ㄷ. 전자 전달계에서 고에너지 전자의 이동으로 방출된 에너지는 H<sup>+</sup>을 틸라코이드 막을 통해 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송시킨다.

**오답피하기** > 나. 순환적 광인산화 과정에서는 물의 광분해에 의한 광계 I의 환원이 일어나지 않는다. 비순환적 광인산화 과정에서 물의 광분해가 일어나 이때 방출된 전자가 광계 II를 환원시킨다.

## 10

**예설** | 비순환적 광인산화에서는 전자 공여체인 물의 광분해를 통해 방출된 전자가 광계 II → 전자 전달계 → 광계 I → 전자 전달계 → NADP<sup>+</sup>(최종 전자 수용체)의 경로로 이동한다. 물의 광분해는 틸라코이드 내부에서 일어나므로 (가)는 틸라코이드 내부, (나)는 스트로마이다.

**정답맞이기** > 가. (나)는 스트로마이다.

**오답피하기** > 나. 물의 광분해는 틸라코이드 내부에서 H<sub>2</sub>O이 2H<sup>+</sup>, 전자(2e<sup>-</sup>), 산소( $\frac{1}{2}$ O<sub>2</sub>)로 분해되는 반응이다. ①은 산소(O<sub>2</sub>)이고, 광인산화에서 최종 전자 수용체로 사용되는 것은 NADP<sup>+</sup>이다.

ㄷ. 명반응이 일어날 때, 전자 전달계에서 고에너지 전자의 이동으로 방출된 에너지는 H<sup>+</sup>을 틸라코이드 막을 통해 스트로마(나)에서 틸라코이드 내부(가)로 능동 수송시킨다.

# 11

**예설** | 비순환적 광인산화에서는 물의 광분해를 통해 방출된 전자가 광계 II → 전자 전달계 → 광계 I → 전자 전달계 → NADP<sup>+</sup>(최종 전자 수용체)의 경로로 이동한다. 그러므로 (가)는 광계 II, (나)는 광계 I이다.

**정답맞이기** ▶ 나. X를 처리하면 전자 전달이 차단되고, 스트로마에서 틸라코이드 내부로 H<sup>+</sup>의 능동 수송이 감소하여 틸라코이드 내부의 H<sup>+</sup> 농도는 감소하고, 스트로마의 H<sup>+</sup> 농도는 증가한다.

그러므로  $\frac{\text{스트로마의 H}^+ \text{ 농도}}{\text{틸라코이드 내부의 H}^+ \text{ 농도}}$ 는 X를 처리한 후가 처리하기 전보다 크다.

**오답짜이기** ▶ 가. 비순환적 광인산화에서 전자의 최종 수용체는 NADP<sup>+</sup>이다. 전자(2e<sup>-</sup>)와 결합한 NADP<sup>+</sup>는 2H<sup>+</sup>과 반응하여 NADPH로 환원된다.

다. 광계 II(가)의 반응 중심 색소는 680 nm의 빛을 가장 잘 흡수하는 P<sub>680</sub>이고, 광계 I(나)의 반응 중심 색소는 700 nm의 빛을 가장 잘 흡수하는 P<sub>700</sub>이다. 그러므로 반응 중심 색소에서 가장 잘 흡수하는 빛의 파장은 (가)에서가 (나)에서보다 짧다.

# 12

**예설** | 광합성 과정은 명반응과 암반응의 2단계로 이루어진다. 명반응 과정에서 물의 광분해로 산소(O<sub>2</sub>)가 발생하고, ATP와 NADPH가 생성된다. 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)가 고정되어 포도당으로 합성되는 암반응에서는 명반응에서 생성된 ATP와 NADPH가 사용된다. (가)는 암반응이고, ㉠은 H<sub>2</sub>O, ㉡은 O<sub>2</sub>, ㉢은 NADPH, ㉣은 CO<sub>2</sub>이다.

**정답맞이기** ▶ 가. H<sub>2</sub>O(㉠)이 O<sub>2</sub>(㉡)로 되는 반응은 물의 광분해이고, 물의 광분해에서 방출된 전자는 광계 II의 반응 중심 색소인 P<sub>680</sub>을 환원시킨다.

나. 암반응(가)에서 포도당 1분자가 합성될 때 NADPH(㉢)는 12분자, CO<sub>2</sub>(㉣)는 6분자가 사용된다. 그러므로 포도당 1분자가 합성될 때 사용되는 ㉢과 ㉣의 분자 수의 비는 2 : 1이다.

다. CO<sub>2</sub>(㉣)는 암반응의 캘빈 회로에서 RuBP와 결합하여 3PG(PGA)가 된다. 1분자당 RuBP의 탄소 수는 5, 인산기 수는 2이므로 1분자당 인산기 수와 탄소 수의 비는 2 : 5이다.

# 13

**예설** | 캘빈의 실험 결과 A초 후에는 ㉠~㉣이 생성되었고, B초 후에는 ㉡이 생성되었으며, C초 후에는 ㉠과 ㉡이 생성되었으므로 물질의 생성 순서는 ㉡ → ㉠ → ㉢이다. 실험 결과의 순서는 B → C → A이다. 캘빈 회로에서 CO<sub>2</sub>는 RuBP와 결합하여 3PG(PGA)가 된 후 G3P로 환원되고, G3P의 일부가 RuBP로 재생된다. 따라서 ㉠은 G3P, ㉡은 3PG(PGA), ㉢은 RuBP이다.

**정답맞이기** ▶ 가. 1차 전개는 오른쪽에서 왼쪽으로, 2차 전개는 아래쪽에서 위쪽으로 일어난다.

1차 전개율은 과당 2인산이 ㉢(3PG)보다 크고, 2차 전개율은 ㉠(3PG)이 과당 2인산보다 크다. 그러므로  $\frac{2차 전개율}{1차 전개율}$ 은 과당 2인산이 3PG(PGA)보다 작다.

**오답짜이기** ▶ 나. 1분자당 탄소 수와 인산기 수는 표와 같다.

구분	탄소 수	인산기 수
과당 2인산	6	2
㉠(G3P)	3	1
㉢(3PG(PGA))	3	1
㉣(RuBP)	5	2

1분자당  $\frac{㉠의 인산기 수}{과당 2인산의 탄소 수} = \frac{1}{6}$ ,  $\frac{㉢의 인산기 수}{㉣의 탄소 수} = \frac{1}{5}$ 이다. 그

러므로 1분자당  $\frac{㉠의 인산기 수}{과당 2인산의 탄소 수}$ 는  $\frac{㉢의 인산기 수}{㉣의 탄소 수}$ 보다 작다.

다. ㉠(G3P)이 ㉣(RuBP)으로 전환되는 과정에서는 ATP만 사용된다. ㉢(3PG)이 ㉠(G3P)으로 전환되는 과정에서는 ATP와 NADPH가 모두 사용된다.

# 14

**예설** | 암반응에서 6분자의 RuBP는 6분자의 CO<sub>2</sub>와 결합하여 12분자의 3PG(PGA)가 되고, 12분자의 3PG(PGA)는 12분자의 ATP와 12분자의 NADPH를 사용하여 12분자의 G3P로 환원된다. 이중 2분자의 G3P가 포도당으로 합성된다. 그리고 나머지 10분자의 G3P는 6분자의 RuBP로 재생된다. 그러므로 I은 RuBP, II는 3PG(PGA), III은 G3P이고, ㉠은 6, ㉡은 12, ㉢은 12, ㉣은 2이다. (가)는 탄소 고정 과정, (나)는 3PG(PGA) 환원 과정, (다)는 RuBP 재생 과정이다.

**정답맞이기** ▶ 가. ㉠은 6, ㉡은 12, ㉢은 12, ㉣은 2이므로 ㉠+㉡+㉢+㉣=32이다.

나. 3PG(PGA)가 G3P로 환원될 때, NADPH는 NADP<sup>+</sup>로 산화된다. 그러므로 NADPH가 산화되는 과정은 (나)이다.

**오답짜이기** ▶ 다. 암반응에서 ATP가 사용되는 과정은 3PG(PGA)가 G3P로 환원되는 과정 (나)와 G3P가 RuBP로 재생되는 과정 (다)이다.

# 15

**예설** | 캘빈 회로에서 G3P의 일부는 포도당 합성에 이용되고, 나머지는 RuBP로 재생된다. G3P가 포도당 합성에 이용되는 과정에서는 인산기(P<sub>i</sub>)가 제거되고, RuBP로 재생되는 과정에서는 ATP가 사용된다. RuBP는 CO<sub>2</sub>와 결합하여 3PG(PGA)로 된다. 따라서 ㉠은 RuBP, ㉡은 3PG(PGA), ㉢은 포도당이고, ㉣은 ATP, ㉤은 CO<sub>2</sub>이다.

**정답맞이기** ▶ 나. 1분자당 탄소 수와 인산기 수는 표와 같다.

구분	탄소 수	인산기 수
㉠(RuBP)	5	2
㉢(3PG(PGA))	3	1
㉣(포도당)	6	0

1분자당  $\frac{인산기 수}{탄소 수}$ 는 RuBP(㉠) =  $\frac{2}{5}$ , 3PG(PGA)(㉢) =  $\frac{1}{3}$ 이다.

그러므로 1분자당  $\frac{인산기 수}{탄소 수}$ 는 RuBP(㉠) : 3PG(PGA)(㉢) = 6 : 5이다.

ㄷ. 암반응 과정에서 12분자의 G3P 중 2분자의 G3P는 1분자의 포도당(㉔) 합성에 이용되고, 나머지 10분자의 G3P는 6분자의 RuBP(㉑)로 재생된다. 그러므로 12분자의 G3P로부터 6분자의 RuBP(㉑)가 생성될 때 1분자의 포도당(㉔)이 생성된다.

**오답풀이** > ㄱ. G3P가 RuBP로 재생되는 과정에서는 ATP가 사용된다. 그러므로 ㉓는 ATP이다.

## 16

**예설** | (가)는 빛에너지를 이용하여 포도당을 합성하는 과정으로 엽록체에서 일어나는 광합성이고, (나)는 포도당의 분해 과정에서 ATP를 생성하는 과정으로 미토콘드리아에서 일어나는 세포 호흡이다. ㉑은 NADP<sup>+</sup>, ㉒은 NADPH, ㉓은 H<sub>2</sub>O, ㉔은 NADH이다.

**정답풀이** > ㄱ. 비순환적 광인산화에서 전자는 전자 전달계를 거쳐 NADP<sup>+</sup>에 전달되어 NADPH가 생성된다. 그러므로 NADP<sup>+</sup>(㉑)는 비순환적 광인산화에서 최종 전자 수용체로 사용된다.

ㄴ. 명반응에서 빛이 공급되면 광계에서 방출된 전자가 최종 전자 수용체인 NADP<sup>+</sup>에 전달되어 NADPH(㉒)가 생성된다.

ㄷ. ㉓은 H<sub>2</sub>O이다. 엽록체에서 일어나는 물(H<sub>2</sub>O)의 광분해에서 방출된 전자는 광계 II의 반응 중심 색소(P<sub>680</sub>)를 환원시키므로 H<sub>2</sub>O(㉓)은 전자를 제공하는 역할을 한다. ㉔은 NADH이다. 미토콘드리아의 산화적 인산화에서 NADH의 산화로 방출된 전자가 미토콘드리아 내막에 있는 전자 운반체에 전달되므로 NADH(㉔)은 전자를 제공하는 역할을 한다. 따라서 H<sub>2</sub>O(㉓)은 (가)에서, NADH(㉔)은 (나)에서 각각 전자 전달계에 전자를 제공한다.

### 테마별 수능 심화문제

본문 47~51쪽

17 ②	18 ①	19 ②	20 ⑤	21 ②
22 ①	23 ④	24 ⑤	25 ④	26 ③

## 17

**예설** | (가)는 비순환적 광인산화이며, (나)에서 빛을 차단하자 pH가 감소했으므로 스트로마의 pH 변화이다. ㉑은 스트로마이다.

**정답풀이** > ㄴ. 비순환적 광인산화 반응에서 생성되는 O<sub>2</sub>와 NADPH의 분자 수 비는 1 : 2이므로  $\frac{O_2 \text{의 분자 수}}{NADPH \text{의 분자 수}} = \frac{1}{2}$ 이다.

**오답풀이** > ㄱ. A는 빛이 공급되는 구간이므로 물의 광분해와 고에너지 전자의 이동에 의해 스트로마(㉑)에서 틸라코이드 내부로 H<sup>+</sup>의 능동 수송이 일어난다.

ㄷ. 구간 B에서는 빛이 차단되었으므로 광계에서 고에너지 전자가 방출되지 않는다. 따라서 고에너지 전자의 에너지를 이용하는 H<sup>+</sup>의 능동 수송은 일어나지 않고, ATP 합성 효소에 의한 촉진 확산으로 스트로마(㉑)의 pH가 감소하게 된다.

## 18

**예설** | ㉑은 틸라코이드 내부, ㉒은 스트로마이다. (가)는 명반응의 비순환적 광인산화에서 최종 전자 수용체인 NADP<sup>+</sup>의 환원 과정, (나)는 암반응에서 ATP가 이용되는 과정, (다)는 명반응의 비순환적 광인산화에서 전자(2e<sup>-</sup>)의 이동 과정이다.

**정답풀이** > ㄱ. 최종 전자 수용체인 NADP<sup>+</sup>의 환원이 중단되면, 비순환적 광인산화를 통한 ATP와 NADPH의 생성이 중단된다. ATP와 NADPH는 암반응에서 3PG(PGA)가 G3P로 환원되는 과정에 이용되는데, ATP와 NADPH의 생성이 중단되면 스트로마(㉒)에서 3PG(PGA)가 G3P로 환원되는 과정이 중단되어 3PG(PGA)의 양은 증가하고, G3P의 생성이 중단된다. 또한 기존의 G3P는 포도당의 합성과 RuBP의 재생에 사용되므로 G3P 양은 감소한다. 따라서  $\frac{3PG(PGA) \text{의 분자 수}}{G3P \text{의 분자 수}}$ 는 중단되기 전보다 커진다.

**오답풀이** > ㄴ. (나)는 암반응에서 일어나는 과정이므로 스트로마(㉒)에서 일어난다.

ㄷ. (다)가 정상적으로 일어나면 고에너지 전자(2e<sup>-</sup>)가 전자 전달계를 통해 전달되는 과정에서 방출된 에너지를 이용해 H<sup>+</sup>이 스트로마(㉒)에서 틸라코이드 내부(㉑)로 능동 수송된다. 그 결과 틸라코이드 내부(㉑)의 pH는 낮아지고, 스트로마(㉒)의 pH는 높아진다. (다)가 중단되면 전자 전달계를 통한 전자(2e<sup>-</sup>)의 이동이 차단되므로 H<sup>+</sup>이 스트로마(㉒)에서 틸라코이드 내부(㉑)로 능동 수송되는 양이 감소한다. 그 결과 틸라코이드 내부(㉑)의 pH는 높아지고, 스트로마(㉒)의 pH는 낮아진다. 따라서  $\frac{㉑ \text{의 pH}}{㉒ \text{의 pH}}$ 는 중단되기 전보다 커진다.

## 19

**예설** | 광합성은 빛이 필요한 단계인 명반응과 CO<sub>2</sub>가 필요한 단계인 암반응으로 구분된다. 명반응이 암반응보다 먼저 일어나야 포도당이 합성될 수 있으며, 광합성이 지속되기 위해서는 빛과 CO<sub>2</sub>가 모두 필요하다. 구간 I에서는 명반응과 암반응이 모두 일어나지 않고, II에서는 명반응만 일어난다. III에서는 II에서 일어난 명반응에 의해 생성된 ATP와 NADPH를 이용한 암반응이 일시적으로 일어나며, IV에서는 명반응과 암반응이 모두 일어난다. ㉑은 틸라코이드 내부, ㉒은 스트로마, ㉓은 틸라코이드 막이다.

**정답풀이** > ㄴ. 명반응에서의 ATP의 합성은 ATP 합성 효소를 통해 H<sup>+</sup>이 틸라코이드 내부(㉑)에서 스트로마(㉒)로 촉진 확산되어 일어난다. 그러므로 빛이 공급되어 명반응이 일어나는 구간 II와 IV에서 틸라코이드 내부(㉑)에서 스트로마(㉒)로 H<sup>+</sup>의 촉진 확산이 일어난다.

**오답풀이** > ㄱ. 명반응의 비순환적 광인산화에서 NADP<sup>+</sup>의 환원이 틸라코이드 막(㉓)에서 일어난다. 하지만 구간 I에서는 빛이 없어 명반응이 진행되지 않으므로 NADP<sup>+</sup>의 환원이 틸라코이드 막(㉓)에서 일어나지 않는다.

ㄷ. 구간 III에서는 II에서 일어난 명반응에 의해 생성된 ATP와 NADPH를 이용한 암반응이 일시적으로 일어나 포도당이 합성된다. NADPH의 산화는 캘빈 회로에서 3PG(PGA)가 G3P로 전환되는 과정에서 일어난다. 그러므로 구간 III에서는 스트로마(㉒)에서 NADPH의 산화가 일어난다.

## 20

**예설** | 암반응은 탄소 고정 → 3PG(PGA) 환원 → RuBP 재생의 세 단계가 반복해서 일어난다. CO<sub>2</sub>가 공급되면 CO<sub>2</sub>는 RuBP와 결합하여 3PG(PGA)로 되며, 3PG(PGA)는 ATP와 NADPH를 이용하여 G3P로 환원된다. G3P의 일부는 포도당 합성에 이용되고, 나머지는 RuBP로 재생된다. 그러므로 CO<sub>2</sub>를 공급한 직후 생성되는 물질 Y는 3PG(PGA), Z는 G3P, X는 RuBP이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 1분자당 X(RuBP)의 탄소 수는 5, Y(3PG(PGA))의 탄소 수는 3이므로 1분자당  $\frac{X \text{의 탄소 수}}{Y \text{의 탄소 수}}$ 는 1보다 크다.

ㄴ. 구간 I에서 X(RuBP)의 농도가 증가하고, Y(3PG(PGA))의 농도가 감소하였으므로 CO<sub>2</sub> 농도는 1%에서 감소하였다. 따라서 구간 I에서 CO<sub>2</sub> 농도는 1%보다 낮다.

ㄷ. 암반응에서 ATP는 Y(3PG(PGA))가 Z(G3P)로 환원되는 과정과 Z(G3P)가 X(RuBP)로 재생되는 과정에서 사용된다. 그러므로 Z가 X로 전환되는 과정에서 ATP가 사용된다.

## 21

**예설** | O<sub>2</sub>는 명반응에서 H<sub>2</sub>O이 광분해될 때 생성되고, CO<sub>2</sub>는 암반응에서 포도당이 합성될 때 소비된다. 그러므로 O<sub>2</sub>가 약간 방출되는 (가)에는 명반응이 일어나는 틸라코이드가, O<sub>2</sub>가 방출되지 않는 (나)에는 암반응이 일어나는 스트로마가 들어 있다.

빛이 없고 CO<sub>2</sub>가 있는 구간에서는 ㉠의 pH가 높게 유지되다가 빛이 있고 CO<sub>2</sub>가 없는 구간에서는 ㉠의 pH가 감소하였다. 빛이 있고 CO<sub>2</sub>가 없는 구간에서는 명반응만 일어나 틸라코이드 내부의 pH가 감소하므로 ㉠은 틸라코이드 내부이다.

**정답맞이기** > ㄷ. t<sub>1</sub>일 때는 빛이 있고 CO<sub>2</sub>가 없으므로 명반응이 일어나 ATP와 NADPH가 생성되지만 암반응은 일어나지 않아 ADP와 NADP<sup>+</sup>가 생성되지 않는다. t<sub>2</sub>일 때는 빛이 없고, CO<sub>2</sub>가 있으므로 명반응은 일어나지 않지만 직전의 구간에서 생성된 ATP와 NADPH가 사용되면서 암반응이 일어나 ADP와 NADP<sup>+</sup>가 생성된다. 따라서 (가)+(나)의 스트로마에서 ADP의 양은 t<sub>2</sub>일 때가 t<sub>1</sub>일 때보다 많다.

**오답짜이기** > ㄱ. ㉠은 틸라코이드 내부이다.

ㄴ. (나)에는 스트로마는 들어 있지만 틸라코이드가 들어 있지 않다. (나)에 명반응의 산물인 NADPH와 ATP를 첨가하면 암반응이 일어나 포도당이 합성되지만 명반응은 일어나지 않으므로 O<sub>2</sub>가 방출되지 않는다.

## 22

**예설** | I<sub>1</sub>일 때는 광합성에 의한 CO<sub>2</sub> 흡수량과 세포 호흡에 의한 CO<sub>2</sub> 방출량이 같으므로 CO<sub>2</sub> 출입량이 0이다. I<sub>2</sub>일 때는 광합성량이 더 이상 증가하지 않고 일정하게 유지되는 시점이다. 활발하게 광합성 중인 식물 세포에 빛을 차단하면 명반응 산물인 ATP와 NADPH의 생성이 억제되므로 3PG(PGA)가 G3P로 환원되는 과정과 G3P가 RuBP로 재생되는 과정이 억제된다. 따라서 3PG(PGA)의 농도는 증가하고, RuBP의 농도는 감소한다. CO<sub>2</sub>의 공급을 차단하면 RuBP가 3PG(PGA)로 전환되는 과정이 억제되므로 RuBP의 농

도는 증가하고, 3PG(PGA)의 농도는 감소한다. 따라서 ㉠은 RuBP, ㉡은 3PG(PGA)이다.

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

**오답짜이기** > ㄴ. I<sub>1</sub>일 때 빛의 공급과 CO<sub>2</sub>의 흡수가 일어나 명반응과 암반응이 모두 일어나므로 3PG(PGA)(㉡)가 생성된다.

ㄷ. 스트로마에서 일어나는 암반응에서 NADPH가 NADP<sup>+</sup>로 산화되는 반응은 3PG(PGA)가 G3P로 환원되는 과정에서 일어난다. I<sub>2</sub>일 때가 I<sub>1</sub>일 때보다 광합성량이 크므로 단위 시간당 산화되는 NADPH의 양은 I<sub>2</sub>일 때가 I<sub>1</sub>일 때보다 많다.

## 23

**예설** | 3분자의 CO<sub>2</sub>가 고정되는 캘빈 회로에서 3분자의 RuBP가 6분자의 3PG(PGA)로 전환되고, 6분자의 ATP와 6분자의 NADPH가 사용되어 6분자의 G3P로 환원된다. 6분자의 G3P 중 일부가 3분자의 RuBP로 재생될 때 3분자의 ATP가 사용된다. 그러므로 A는 G3P, B는 3PG(PGA), C는 RuBP이다.

**정답맞이기** > ㄴ. 3분자의 CO<sub>2</sub>가 고정되는 캘빈 회로에서 6분자의 3PG(PGA)가 6분자의 G3P로 환원되는 과정 (가)에서는 6분자의 ATP가 사용되고, 6분자의 G3P 중 일부가 3분자의 RuBP로 재생되는 과정 (나)에서는 3분자의 ATP가 사용된다. 그러므로 1분자의 포도당이 합성될 때 사용되는 ATP의 분자 수는 (가)에서 (나)에서보다 많다.

ㄷ. 캘빈 회로에서 RuBP(C)는 CO<sub>2</sub>와 반응하여 3PG(PGA)로 전환된다. 그러므로 광합성 중인 식물에 CO<sub>2</sub>의 공급을 차단하면 스트로마에서 RuBP(C)의 농도가 일시적으로 증가한다.

**오답짜이기** > ㄱ. A는 G3P, B는 3PG(PGA), C는 RuBP이므로 회로의 방향은 ㉠이다.

## 24

**예설** | 틸라코이드 내부의 pH를 낮게 하고 스트로마의 pH를 높게 하여 틸라코이드 내부와 스트로마 사이에 pH 기울기를 형성시키면 H<sup>+</sup>이 ATP 합성 효소를 통해 틸라코이드 내부에서 스트로마로 확산되면서 ATP가 합성된다.

**정답맞이기** > ㄱ. X는 명반응의 전자 전달계에서 전자가 광계 I로 이동하는 것을 차단하여 H<sup>+</sup>이 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송되는 것을 억제한다. (다)의 ㉠에서는 ㉠과 마찬가지로 틸라코이드 내부와 스트로마 사이의 pH 기울기가 형성되었으므로 ATP가 합성된다. 따라서 ㉠은 '합성됨'이다.

ㄴ. (나)의 ㉠에 빛을 비추면 명반응이 진행된다. 명반응이 진행되면 고에너지 전자(2e<sup>-</sup>)가 전자 전달계를 통해 전달되는 과정에서 방출된 에너지를 이용해 H<sup>+</sup>이 스트로마에서 틸라코이드 내부로 능동 수송된다. 그 결과 틸라코이드 내부의 pH가 빛을 비추기 전보다 감소한다.

ㄷ. (다)의 ㉠에서 ATP가 합성될 때 H<sup>+</sup>이 ATP 합성 효소를 통해

틸라코이드 내부에서 스트로마로 촉진 확산된다.

## 25

**예설** | 명반응의 비순환적 광인산화에서 전자( $2e^-$ )는 물( $H_2O$ )에서 방출된 후 광계 II( $P_{680}$ ) → 광계 I( $P_{700}$ ) → 최종 수용체( $NADP^+$ )의 경로로 전달된다. X를 처리하면 광계 II( $P_{680}$ )의 산화와 광계 I( $P_{700}$ ), 최종 수용체( $NADP^+$ )의 환원이 억제된다. Y를 처리하면 광계 II( $P_{680}$ ), 광계 I( $P_{700}$ )의 산화와 최종 수용체( $NADP^+$ )의 환원이 억제된다. 그러므로 ㉠은 최종 수용체, ㉡는  $P_{700}$ , ㉢는  $P_{680}$ 이다.

**정답맞히기** > ㄴ.  $NADP^+$ 를 제거하면 전자( $2e^-$ )의 최종 수용체가 감소하므로 광계 II( $P_{680}$ )와 광계 I( $P_{700}$ )이 모두 환원된 상태로 유지된다. 따라서 ㉢의 환원된 비율이 증가한다.

ㄷ. 물의 광분해가 중단되면 전자( $2e^-$ )의 공급이 감소하므로 산화된 광계 II( $P_{680}$ ), 광계 I( $P_{700}$ ), 최종 수용체( $NADP^+$ )의 환원이 일어나지 않는다. 따라서 ㉠~㉢의 환원된 비율이 모두 감소한다.

**오답짜이기** > ㄱ. 전자( $2e^-$ )는 광계 II( $P_{680}$ )(㉢) → 광계 I( $P_{700}$ )(㉡) → 최종 수용체( $NADP^+$ )(㉠)의 경로로 전달된다.

## 26

**예설** | 빛이 존재하면 틸라코이드에서는 명반응에 의해 ATP와 NADPH가 생성되고, 스트로마에서는 명반응의 산물을 이용한 암반응에 의해 포도당이 합성된다. (가)에서는 틸라코이드가 없고 스트로마만 있으므로 명반응이 일어나지 않아 ATP와 포도당이 모두 생성되지 않는다. (나)에서는 틸라코이드만 있으므로 명반응만 일어나 ATP가 생성된다. (다)에서는 틸라코이드와 스트로마가 모두 있으므로 명반응과 암반응이 모두 일어나 ATP와 포도당이 모두 생성된다. 따라서 A는 (나), B는 (다), C는 (가)이고, ㉠은 포도당, ㉡은 ATP이다.

**정답맞히기** > ㄱ. (가)에서는 틸라코이드가 없고 스트로마만 있으므로 명반응이 일어나지 않아 ATP와 포도당이 모두 생성되지 않으므로 C에 해당한다.

ㄷ. A의 배양액에서  $NADP^+$ 를 제거하고 빛을 비추어도 순환적 광인산화에 의해 ㉢(ATP)이 생성된다.

**오답짜이기** > ㄴ. 1분자의 ㉠(포도당)이 생성될 때, 캘빈 회로에서 18분자의 ㉢(ATP)이 소모된다.

## II. 유전자와 생명 공학

THEME



### 유전 물질

\* 낮은 골 문제로 유형 익히기 \*

본문 53쪽

**정답** ④

**예설** | ㉠은 S형균이고, ㉡은 R형균이다. S형균은 피막(협막)을 가지지만 R형균은 피막(협막)을 가지지 않는다. 허시와 체이스는  $^{32}P$ 를 이용하여 파지의 DNA를 표지하였다.

**정답맞히기** > ㄴ. (가)와 (나)는 모두 유전 물질이 DNA임을 증명한 실험이다.

ㄷ. 침전물 ㉡에 파지의  $^{32}P$ 로 표지된 DNA를 가진 대장균이 있으므로 침전물 ㉡에서 방사선이 검출된다.

**오답짜이기** > ㄱ. 열처리로 죽은 S형균의 추출물에 DNA 분해 효소를 처리하면 살아 있는 R형균이 S형균으로 형질 전환되지 못한다. 그러므로 S형균(㉠)에 있는 피막(협막) 합성에 관여하는 유전자는 R형균(㉡)에서 형질 발현되지 않았다.

테마별 수능 필수유제

본문 54~55쪽

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

## 01

**예설** | S형균은 폐렴을 일으키는 병원성이고, R형균은 폐렴을 일으키지 않는 비병원성이다. 살아 있는 ㉠을 주사했을 때 쥐가 살았으므로 ㉠은 R형균이고, 살아 있는 ㉡을 주사했을 때 쥐가 죽었으므로 ㉡은 S형균이다. 열처리한 S형균을 살아 있는 R형균과 혼합하여 주사하면 살아 있는 R형균이 S형균으로 형질이 바뀐다. 이와 같이 R형균이 죽은 S형균의 일부 물질(DNA)을 받아들여 S형균으로 형질이 바뀌는 현상을 형질 전환이라고 한다.

**정답맞히기** > ㄴ. A에서는 주사한 살아 있는 ㉢(S형균)이 발견되고, C에서는 열처리로 죽은 ㉢(S형균)의 유전 물질(DNA)에 의해 살아 있는 ㉠(R형균)이 살아 있는 ㉢(S형균)으로 형질 전환되므로 살아 있는 ㉢(S형균)이 발견된다.

**오답짜이기** > ㄱ. R형균과 S형균은 모두 유전 물질(DNA)을 가지고 있는 단세포 원핵생물이다.

ㄷ. 살아 있는 ㉢(S형균)에서는 피막 합성에 관여하는 유전자의 형질 발현에 의해 피막을 가지고 있다. 하지만 열처리로 죽은 ㉢(S형균)은 피막 합성에 관여하는 유전자는 있지만 이 유전자의 형질 발현은 일어나지 않는다. 따라서 B에서는 피막을 합성하는 폐렴 쌍구균이 발견되지 않는다.

## 02

**예설** 열처리한 S형균의 추출물 중 형질 전환을 일으키는 것은 DNA이다. 그러므로 열처리한 S형균의 추출물 중 DNA에 DNA 분해 효소를 처리한 후 살아 있는 R형균과 함께 배양하면 형질 전환은 일어나지 않는다. 하지만 열처리한 S형균의 추출물 중 DNA에 단백질 분해 효소를 처리한 후 살아 있는 R형균과 함께 배양하면 열처리한 S형균의 추출물 중 DNA에 의한 형질 전환이 일어난다. 그러므로 ㉠은 단백질, ㉡은 DNA이고, ㉢는 단백질 분해 효소, ㉣는 DNA 분해 효소이다.

**정답맞이기** ㄴ. ㉡은 열처리로 죽은 S형균의 추출물 중 DNA이고, ㉢는 단백질 분해 효소이므로 ㉠+㉢+살아 있는 R형균을 주사하면 ㉡(DNA)에 의해 살아 있는 R형균이 S형균으로 형질 전환된다. 따라서 죽은 (다)에서 살아 있는 S형균이 발견된다.

ㄷ. ㉡은 DNA이고, ㉣는 DNA 분해 효소이다. ㉡과 ㉣를 섞으면 열처리한 S형균의 추출물인 DNA가 분해되어 혼합한 살아 있는 R형균의 형질 전환이 일어나지 않게 되므로 실험 결과 (라)는 생존한다.

**오답짜이기** ㄱ. ㉣는 DNA 분해 효소이므로 ㉣의 기질은 ㉡(DNA)이다.

## 03

**예설** 허시와 체이스는 박테리오파지의 증식 과정에서 대장균으로 전달되는 물질이 단백질과 DNA 중 무엇인지 알아보기 위해 방사성 동위 원소를 사용하였다. 단백질의 이동을 분석하기 위해 DNA에는 없고 단백질에만 있는 S에 방사성 동위 원소인 <sup>35</sup>S을 표지하여 실험하였고, DNA의 이동을 분석하기 위해 단백질에는 없고 DNA에만 있는 P에 방사성 동위 원소인 <sup>32</sup>P을 표지하여 실험하였다.

**정답맞이기** ㄱ. 허시와 체이스는 단백질을 표지하기 위해 DNA에는 없고 단백질에만 있는 S에 방사성 동위 원소인 <sup>35</sup>S을 사용하였다. 그러므로 <sup>35</sup>S으로 표지된 것은 파지의 단백질이다.

**오답짜이기** ㄴ. (가)와 (나) 모두에서 대장균이 감염될 때 파지의 유전 물질인 DNA가 대장균으로 들어가고 파지의 단백질 껍질은 대장균 밖에 남는다.

ㄷ. 침전물 ㉠의 대장균이 비방사성 배지에서 자라므로 대장균 내에서 파지가 증식될 때 새로운 파지의 일부는 방사성을 띠고, 대부분은 비방사성을 띤다. 그러므로 ㉠의 대장균을 방사성 물질이 없는 배지에서 배양했을 때 생성되는 모든 파지에서 방사선이 검출되는 것은 아니다.

## 04

**예설** 뉴클레오타이드의 염기 중 단일 고리 구조를 갖는 것은 피리미딘 계열 염기로 사이토신(C)과 티민(T)이고, 2중 고리 구조를 갖는 것은 퓨린 계열 염기로 아데닌(A)과 구아닌(G)이다.

2개의 수소 결합을 하고 있는 피리미딘 계열 염기 ㉠은 티민(T)이고, 티민(T)과 상보적으로 결합하고 있는 퓨린 계열 염기 ㉡은 아데닌(A)이다. 3개의 수소 결합을 하고 있는 피리미딘 계열 염기 ㉢은 사이토신(C)이고, 사이토신(C)과 상보적으로 결합하고 있는 퓨린 계열 염기 ㉣은 구아닌(G)이다. 따라서 ㉠은 티민(T), ㉡은 아데닌(A), ㉢은 사이토신(C), ㉣은 구아닌(G)이다.

**정답맞이기** ㄱ. ㉡은 ㉠과 2개의 수소 결합으로 연결되어 있고, 퓨린 계열의 염기이므로 아데닌(A)이다.

ㄴ, ㄷ. 가닥 I에서 ㉠(T)+㉡(A)의 함량이 60%이므로 ㉢(C)+㉣(G)의 함량은 40%이다. 가닥 I과 II의 염기들은 상보적으로 결합하고 있으므로 가닥 II에서도 ㉠(T)+㉡(A)의 함량은 60%, ㉢(C)+㉣(G)의 함량은 40%이다. 따라서 가닥 II의  $\frac{A+T}{G+C} = \frac{60}{40} = 1.5$ 이고, X에서 피리미딘 계열 염기인 T와 C의 함량은 30%+20%=50%이다.

## 05

**예설** 주형 가닥인 DNA II에 있는 구아닌(G)의 수가 60이므로 mRNA의 사이토신(C)의 수는 60이다. mRNA의  $\frac{C}{U} = 3$ 이므로 유라실(U)의 수는 20이고, DNA II의 아데닌(A)의 수는 20이다. DNA I의 사이토신(C)의 수가 60, 티민(T)의 수는 20이다. DNA I의  $\frac{G}{A} = \frac{1}{3}$ 이므로 아데닌(A)의 수는 60, 구아닌(G)의 수는 20이다. DNA I, DNA II, mRNA의 염기 수를 정리하면 표와 같다.

구분	A	G	C	T/U
DNA I	60	20	60	20
DNA II	20	60	20	60
mRNA	60	20	60	20

**정답맞이기** ㄱ. II의 A+C = 20+20 = 40, I의 A+C = 60+60 = 120.  $\frac{40}{120} = \frac{1}{3}$ 이다.

ㄷ. mRNA에서 G(구아닌)의 수는 20, U(유라실)의 수는 20이므로 G+U은 40이다.

**오답짜이기** ㄴ. I의  $\frac{T}{G} = \frac{20}{20} = 1$ , mRNA의  $\frac{G}{A} = \frac{20}{60} = \frac{1}{3}$ 이므로

I의  $\frac{T}{G}$ 은 mRNA의  $\frac{G}{A}$ 보다 크다.

## 06

**예설** DNA는 반보존적으로 복제되므로 <sup>15</sup>N-<sup>15</sup>N DNA를 가진 대장균(G<sub>0</sub>)을 <sup>14</sup>N 배지에서 1세대(G<sub>1</sub>) 배양하면 <sup>15</sup>N-<sup>14</sup>N DNA만 나타나고, 2세대(G<sub>2</sub>) 배양하면 <sup>15</sup>N-<sup>14</sup>N DNA와 <sup>14</sup>N-<sup>14</sup>N DNA가 1 : 1의 비율로, 3세대(G<sub>3</sub>) 배양하면 <sup>15</sup>N-<sup>14</sup>N DNA와 <sup>14</sup>N-<sup>14</sup>N DNA가 1 : 3의 비율로, 4세대(G<sub>4</sub>) 배양하면 <sup>15</sup>N-<sup>14</sup>N DNA와 <sup>14</sup>N-<sup>14</sup>N DNA가 1 : 7의 비율로 나타난다.

**정답맞이기** ㄱ. G<sub>0</sub>과 G<sub>1</sub>의 결과 <sup>15</sup>N-<sup>15</sup>N DNA로부터 <sup>15</sup>N-<sup>14</sup>N DNA만 나타나므로 보존적 복제 가설이 기각된다.

ㄴ. G<sub>2</sub>의  $\frac{^{15}\text{N}-^{14}\text{N DNA 분자 수}}{^{14}\text{N}-^{14}\text{N DNA 분자 수}} = 1$ ,

G<sub>3</sub>의  $\frac{^{15}\text{N}-^{14}\text{N DNA 분자 수}}{^{14}\text{N}-^{14}\text{N DNA 분자 수}} = \frac{1}{3}$ 이므로 G<sub>2</sub>가 G<sub>3</sub>의 3배이다.

**오답짜이기** ㄷ. G<sub>4</sub>에서 <sup>15</sup>N-<sup>14</sup>N DNA와 <sup>14</sup>N-<sup>14</sup>N DNA는 1 : 7의 비율로 나타나므로  $\frac{^{14}\text{N가 존재하는 DNA 분자 수}}{\text{전체 DNA 분자 수}} = 1$ 이다.

## 07

**예설** | DNA 복제 과정에서 DNA 중합 효소는 새로 합성되는 가닥의 3' 말단에 새로운 뉴클레오타이드를 결합하여 DNA를 복제하고, DNA 연결 효소는 지연 가닥의 DNA 조각을 서로 연결한다. ㉠은 프라이머이다.

**정답맞이기** > ㄱ. DNA 풀림 효소(헬리케이스)가 왼쪽에서 오른쪽 방향으로 이동하고 있고, 지연 가닥에서는 프라이머 ㉠이 가장 먼저 결합하였으므로 뉴클레오타이드 ㉠이 ㉡보다 주형 가닥에 먼저 결합하였다.

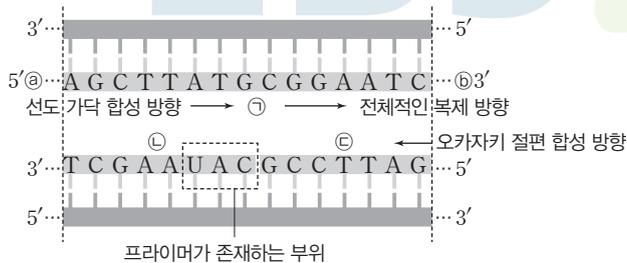
**오답짜이기** > ㄴ. ㉠은 RNA 프라이머이므로 리보스가 있다.

ㄷ. DNA 중합 효소는 주형 가닥을 3'에서 5' 방향으로 이동하며 선도 가닥을 5'에서 3' 방향으로 합성하므로 선도 가닥의 주형 가닥에 있는 ㉡는 5' 말단이다.

## 08

**예설** | 전체적인 복제의 진행 방향이 주형 가닥의 3' → 5'인 경우에는 선도 가닥이 5' → 3' 방향으로 합성되고, 전체적인 복제의 진행 방향이 주형 가닥의 5' → 3'인 경우에는 지연 가닥이 합성된다.

만일 선도 가닥 ㉠의 ㉡가 3' 말단이고, ㉢가 5' 말단이면 ㉠의 염기 서열 3'-CTAAGCGTATTCGA-5'이 지연 가닥의 주형 가닥 염기 서열과 같다. ㉠의 염기 서열은 5'-GATTCCGC-3'이고, ㉢의 염기 서열은 5'-ATAAGCT-3'이다. 따라서 ㉠과 ㉢ 중 하나에만 있는 프라이머(5'-CAU-3')가 존재할 수 없다. 그러므로 선도 가닥 ㉠의 ㉡는 5' 말단, ㉢는 3' 말단이다. 선도 가닥 ㉠과 지연 가닥 ㉢과 ㉣의 염기 서열은 그림과 같다.



**정답맞이기** > ㄴ. 염기 서열이 5'-CAU-3'인 프라이머는 ㉢에 존재한다.

**오답짜이기** > ㄱ. 선도 가닥 ㉠의 ㉡는 5' 말단, ㉢는 3' 말단이므로 ㉠의 합성 방향은 ㉡ → ㉢ 방향이다.

ㄷ. 피리미딘 계열 염기의 수(C+T+U)는 ㉠이 4개, ㉢이 4개이므로 ㉠과 ㉢이 같다.

### 테마별 수능 심화문제

본문 56~57쪽

09 ④

10 ⑤

11 ③

12 ④

## 09

**예설** | 그리피스의 실험은 열처리하여 죽은 S형균의 어떤 물질이 R형균을 S형균으로 형질 전환시켰음을 증명하였고, 에이버리의 실험은

R형균을 S형균으로 형질 전환시키는 물질이 DNA임을 밝혀냈다.

히시와 체이스의 실험은 박테리오파지의 증식에 관여하는 물질이 유전 물질인 DNA임을 증명하였다. ㉠은 S형균, ㉡은 R형균이다.

**정답맞이기** > ㄴ. R형균과 S형균 중 S형균은 병원성이고, 열처리하여 죽은 S형균의 추출물 중 DNA가 살아 있는 R형균을 살아 있는 S형균으로 형질 전환시킨다. 그러므로 (나)의 죽은 쥐 B에서 살아 있는 S형균(㉡)이 발견된다.

ㄷ.  $^{32}\text{P}$ 은 DNA에 표지되고, 박테리오파지의 증식 과정에서  $^{32}\text{P}$ 으로 표지된 DNA는 대장균 내로 들어가게 되므로 시험관의 침전물에서 방사선이 검출된다.

**오답짜이기** > ㄱ. (가)는 에이버리의 실험이고, (나)는 그리피스의 실험이다. 그리피스의 실험이 에이버리의 실험보다 먼저 실시되었다.

## 10

**예설** |  $G_0$ 의 모든 DNA가  $^{15}\text{N}$ 로 표지되었으므로  $G_0$ 에는  $^{15}\text{N}-^{15}\text{N}$  DNA만 존재한다.  $G_0$ 를  $^{14}\text{N}$ 가 포함된 배지에서 배양하여  $G_1$ 과  $G_2$ 를 얻었으므로  $G_1$ 에는  $^{15}\text{N}-^{14}\text{N}$  DNA 2분자만 존재하고,  $G_2$ 에는  $^{15}\text{N}-^{14}\text{N}$  DNA와  $^{14}\text{N}-^{14}\text{N}$  DNA가 각각 2분자씩 존재한다. 이후  $^{15}\text{N}$ 가 포함된 배지에서 배양하여  $G_3$ 과  $G_4$ 를 얻었으므로  $G_3$ 에는  $^{15}\text{N}-^{15}\text{N}$  DNA 2분자와  $^{15}\text{N}-^{14}\text{N}$  DNA 6분자가 존재하고,  $G_4$ 에는  $^{15}\text{N}-^{15}\text{N}$  DNA 10분자와  $^{15}\text{N}-^{14}\text{N}$  DNA 6분자가 존재한다.

**정답맞이기** > ㄱ.  $G_0$ 의 아데닌(A)의 비율이 20%이므로 티민(T)도 20%이고, 구아닌(G)과 사이토신(C)은 각각 30%이다. 그러므로  $G_0$ 의  $\frac{G+C}{A+T}$ 의 값은 1.5이다.  $\frac{G+C}{A+T}$ 의 값은 복제되어도 변하지 않으므로  $G_2$ 의  $^{14}\text{N}-^{14}\text{N}$  DNA에서  $\frac{G+C}{A+T}$ 의 값도 1.5이다.

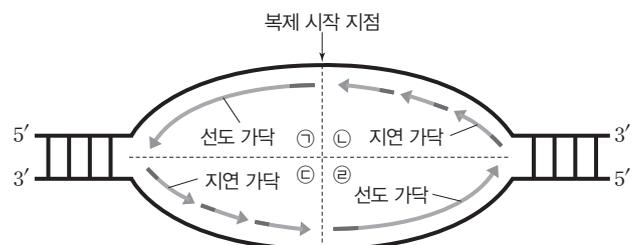
ㄴ.  $G_3$ 에서  $^{14}\text{N}$ 가 존재하는 DNA의 분자 수는 6분자이고,  $^{15}\text{N}$ 가 존재하는 DNA의 분자 수는 8분자이므로

$\frac{^{14}\text{N가 존재하는 DNA 분자 수}}{^{15}\text{N가 존재하는 DNA 분자 수}} = \frac{3}{4}$ 이다.

ㄷ.  $G_4$ 에는  $^{15}\text{N}-^{15}\text{N}$  DNA 10분자와  $^{15}\text{N}-^{14}\text{N}$  DNA 6분자가 존재하므로  $^{15}\text{N}-^{15}\text{N}$  DNA 분자 수 :  $^{15}\text{N}-^{14}\text{N}$  DNA 분자 수 = 5 : 3이다.

## 11

**예설** | DNA 복제는 복제 시작 지점을 기준으로 양쪽 방향으로 진행되므로 ㉠과 ㉡ 영역에서는 선도 가닥, ㉢과 ㉣ 영역에서는 지연 가닥이 형성된다. ㉠~㉣의 복제 과정은 그림과 같다.



**정답맞이기** > ㄱ. ① 영역에서 새로 합성된 가닥의 복제 방향이 왼쪽이므로 새로 합성된 가닥의 왼쪽이 3' 말단이다. 그러므로 주형 가닥 I의 왼쪽이 5' 말단이다. 따라서 ②는 주형 가닥 II의 5' 말단이다.  
 나. DNA의 복제는 5' → 3' 방향으로 일어나므로 ㉠과 ㉡에서는 모두 지연 가닥이 형성된다.

**오답짜이기** > ㄷ. DNA 중합 효소는 새로 합성되는 가닥의 3' 말단에 새로운 뉴클레오타이드를 첨가하여 주형 가닥에 대해 상보적인 서열의 새로운 가닥을 합성한다. DNA 복제 시 DNA 두 가닥 사이의 수소 결합을 끊어 DNA 두 가닥을 푸는 것은 DNA 풀림 효소(헬리카이스)이다.

## 12

**예설** | DNA 2중 가닥을 구성하는 각각의 단일 가닥의 염기들은 서로 상보적이다. DNA 2중 가닥에서 아데닌(A)의 위치가 결정되어 있으므로 티민(T)의 위치는 다음과 같다.

(가) ○○○TA○ATATA②  
 ㉠

(나) ○○○AT○TATAT○  
 ㉡

㉠에서  $\frac{A+T}{G+C}$ 은 4이므로 ○은 구아닌(G) 또는 사이토신(C)이다.

㉡이 7개의 염기로 되어 있고,  $\frac{T+C}{A+G}$ 은  $\frac{3}{4}$ 이므로 구아닌(G)이 2개, 사이토신(C)이 2개이다. (나)에 구아닌(G)이 3개 있으므로 (가)에는 사이토신(C)이 3개이다. 따라서 ㉢는 사이토신(C)이다.

**정답맞이기** > 나. 가닥 (가)에서 퓨린 계열의 염기(A+G)는 6개이다.  
 ㄷ. 가닥 (가)의 ㉠을 제외한 부분의 피리미딘 계열의 염기 수는 3, 가닥 (나)에서 ㉡을 제외한 부분의 피리미딘 계열의 염기 수는 4이므로 (가)에서 ㉠을 제외한 부분의 피리미딘 계열의 염기 수  $\frac{3}{4}$ 이다.  
 (나)에서 ㉡을 제외한 부분의 피리미딘 계열의 염기 수  $\frac{3}{4}$ 이다.

**오답짜이기** > ㄱ. ㉢에 해당하는 염기는 사이토신(C)이다.

# THEME 08 유전자의 발현

**\* 달은 꼴 문제로 유형 익히기 \*** 본문 60쪽

**정답** ④

**예설** | 3가지 붉은빵곰팡이를 각각 최소 배지, 최소 배지에 오르니틴이 첨가된 배지, 최소 배지에 아르지닌이 첨가된 배지, 최소 배지에 시트룰린 이 첨가된 배지에서 배양하였을 때, 각 붉은빵곰팡이의 생장 여부와 오르니틴, 시트룰린, 아르지닌의 합성 여부를 표로 정리하면 다음과 같다. a~c 중 하나에만 돌연변이가 일어난 돌연변이주를 순서대로 I, II, III이라고 표기하였다.

구분	최소 배지		최소 배지 + 오르니틴(㉠)		최소 배지 + 시트룰린(㉡)		최소 배지 + 아르지닌(㉢)		
	생장	합성 물질	생장	합성 물질	생장	합성 물질	생장	합성 물질	
야생형	+	오르니틴 시트룰린 아르지닌	+	오르니틴 시트룰린 아르지닌	+	오르니틴 시트룰린 아르지닌	+	오르니틴 시트룰린 아르지닌	
돌연변이주	I (나)	-	없음	+	시트룰린 아르지닌	+	아르지닌	+	없음
	II (가)	-	오르니틴	-	오르니틴	+	오르니틴 아르지닌	+	오르니틴
	III	-	오르니틴 시트룰린	-	오르니틴 시트룰린	-	오르니틴 시트룰린	+	오르니틴 시트룰린

(+ : 생장함, - : 생장 못함)

I ~ III 중 2가지(I 과 II)가 최소 배지에서 배양될 때와 최소 배지에 한 가지 물질(㉠)이 첨가되어 배양될 때는 모두 합성되지 않으면서, 최소 배지에 다른 한 가지 물질(㉡)이 첨가될 때는 2가지 중 1가지 돌연변이주에서 합성되는 물질(㉢)은 시트룰린이다. 그러므로 ㉠은 아르지닌이고, ㉡은 오르니틴이다. (가)는 b에, (나)는 a에 돌연변이가 일어난 것이다.

**정답맞이기** > ㄱ. ㉠은 오르니틴이다.

ㄷ. (나)는 b에 돌연변이가 일어난 것이므로 효소 B는 합성할 수 없지만 효소 C는 합성할 수 있다. 따라서 (나)를 최소 배지에 시트룰린(㉡)이 첨가된 배지에서 배양할 때, 아르지닌(㉢)이 합성된다.

**오답짜이기** > 나. (가)를 최소 배지에서 배양할 때 시트룰린(㉡)이 합성되지 않으며, 최소 배지에 오르니틴(㉠)이 첨가된 배지에서 배양할 때 생장하지 못하므로, (가)는 b에 돌연변이가 일어난 것이다.

**테마별 수능 필수유제** 본문 61~63쪽

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

## 01

**예설** | ㉠은 아르지닌, ㉡은 오르니틴, ㉢은 시트룰린이다. I 은 c, II

는 a, Ⅲ은 b에만 돌연변이가 일어난 것이다.

최소 배지에 ㉠이 첨가된 배지에서 I~Ⅲ이 모두 성장하므로 ㉠은 아르지닌 합성 과정의 최종 생성물인 아르지닌이다. 최소 배지에 ㉠이 첨가된 배지에서만 성장하는 I은 c에, ㉠과 ㉡이 첨가된 배지에서만 성장하는 Ⅲ은 b에, ㉠~㉡ 중 어느 하나만 첨가되어도 성장하는 Ⅱ는 a에 돌연변이가 일어난 것이다.

**정답맞이기** > 나. 효소 B의 기질은 오르니틴이므로 ㉠이다.

다. 최소 배지에 ㉡이 첨가된 배지에서 Ⅱ(a에 돌연변이가 일어남)와 Ⅲ(b에 돌연변이가 일어남)이 성장하고 I(c에 돌연변이가 일어남)은 성장하지 못하므로 ㉡은 시트룰린이다.

**오답맞이기** > 가. I은 최소 배지에 ㉠(아르지닌)이 첨가된 배지에서만 성장하므로 c에 돌연변이가 일어난 것이다.

## 02

**예설** | ㉠은 핵, ㉡은 미토콘드리아, ㉢은 엽록체, ㉣은 리보솜이다. A는 DNA 복제, B는 전사, C는 번역 과정이다.

**정답맞이기** > 가. 핵(㉠)과 미토콘드리아(㉡)에서는 모두 DNA가 있으므로 DNA 복제(A)가 일어난다.

나. 엽록체(㉢)에 DNA와 리보솜이 모두 있으므로 엽록체(㉢)에서 전사(B)와 번역(C)이 모두 일어난다.

**오답맞이기** > 다. 리보솜(㉣)에서는 번역(C)이 일어난다. 전사(B)는 RNA 중합 효소에 의해 수행된다.

## 03

**정답맞이기** > 다. (나) 과정은 리보솜에 의해 일어나는 번역 과정이며, 이 과정에 정보를 전달하는 mRNA, 리보솜을 구성하는 rRNA와 아미노산을 운반하는 tRNA가 모두 이용된다.

**오답맞이기** > 가. mRNA는 5' → 3' 방향으로 합성된다. 따라서 전사는 전사 주형 가닥의 3' → 5' 방향으로 진행되므로 ㉡는 3' 말단이다.

나. (가)는 전사 후 가공 과정으로 핵에서 일어난다. 성숙한 mRNA는 핵공을 통해 세포질로 이동하여 번역 과정에 이용된다.

## 04

**정답맞이기** > 가. ㉠은 전사 주형 가닥이다. ㉠을 주형으로 합성되는 mRNA는 개시 코돈(AUG)부터 종결 코돈(UAA)까지 7개의 코돈이 존재한다. ㉠의 상보적 가닥이 전사 주형 가닥이라면 합성되는 mRNA에 개시 코돈(AUG)과 종결 코돈(UAA, UAG, UGA)이 모두 있는 판독 틀(mRNA의 3염기 코돈 배열)을 찾을 수 없다.

**오답맞이기** > 나. ㉠을 주형으로 합성되는 mRNA ㉡에서 종결 코돈은 ㉠의 5'-TTA-3'에 상보적인 5'-UAA-3'이다.

다. X의 2번째 아미노산은 코돈 5'-UCA-3'에 상보적인 안티코돈 5'-UGA-3'를 가진 tRNA에 의해 운반되므로 3'쪽 첫 번째 염기는 아데닌(A)이다.

## 05

**정답맞이기** > 가. mRNA는 5' → 3' 방향으로 합성되며, 그림에서 ㉠은 mRNA의 전사 주형 가닥의 말단이므로 5' 말단이다.

**오답맞이기** > 나. 전사는 전사 주형 가닥을 기준으로 할 때는 3'(㉠) → 5'(㉡) 방향으로 진행된다.

다. (나)는 전사 기포(전사 버블)에서 풀어진 DNA가 되감기는 부위이므로, (나)에서 DNA 단일 가닥 사이에 수소 결합이 재형성된다. RNA 중합 효소에 의해 염기 간 수소 결합이 끊어지는 곳은 RNA 중합 효소가 그림의 왼쪽 방향으로 이동하고 있으므로 (가)이다.

## 06

**예설** | ㉠은 mRNA, ㉡은 리보솜의 대단위체, ㉢은 폴리펩타이드이다.

**정답맞이기** > 가. mRNA를 따라 폴리펩타이드 합성을 더 많이 진행한 리보솜일수록 더 긴 폴리펩타이드가 붙어 있다. 그러므로 리보솜은 mRNA를 따라 (가) 방향으로 이동한다.

나. ㉠은 mRNA이므로 핵에서 전사되어 핵공을 통해 세포질로 이동한 것이고, ㉡은 리보솜의 대단위체이므로 핵의 인에서 조립되어 핵공을 통해 세포질로 이동한 것이다.

**오답맞이기** > 다. ㉢은 폴리펩타이드이므로 펩타이드 결합이 존재한다. 당-인산 결합은 핵산(DNA, RNA)에 존재한다.

## 07

**예설** | 그림에서 왼쪽에 아미노산이 결합한 tRNA, 오른쪽에 폴리펩타이드가 결합한 tRNA가 위치하고 있으므로 번역은 (가) 방향으로 진행된다. 따라서 mRNA의 (가)는 3' 말단이다.

**정답맞이기** > 다. 아미노산이 결합한 tRNA ㉢이 리보솜에 들어와 결합하는 자리는 A 자리이다

**오답맞이기** > 가. (가)는 mRNA의 3' 말단이다.

나. tRNA에 결합해 있는 폴리펩타이드에서 tRNA와 가장 가까운 아미노산이 가장 늦게 결합한 것이고, tRNA에서 가장 멀리 있는 아미노산이 가장 먼저 결합한 것이다. 따라서 ㉠이 ㉡보다 먼저 형성되었다.

## 08

**예설** | 타이로신을 지정하는 코돈은 5'-UAU-3' 또는 5'-UAC-3'이므로 제시된 DNA 가닥에서 GTA에 상보적인 5'-UAC-3'이 타이로신을 지정하는 코돈이며, 5'-GTA-3'이 주형 DNA 가닥 염기 서열이다. 따라서 ㉡는 5' 말단 방향이다.

**정답맞이기** > 나. 타이로신을 지정한 코돈이 5'-UAC-3'이므로 안티코돈 5'-GUA-3'을 가진 tRNA는 타이로신을 운반한다.

**오답맞이기** > 가. ㉡는 5' 말단 방향이다.

다. 전사 주형 가닥인 제시된 가닥의 ㉠ 부분의 사이토신(C)이 구아닌(G)으로 바뀌면 알라닌을 지정하는 코돈 5'-GCU-3'이 프롤린을 지정하는 코돈 5'-CCU-3'으로 바뀐다. 따라서 ㉠ 부분은 프롤린을 지정하게 된다.

## 09

**예설** | ㉡는 RNA 중합 효소가 결합하는 부위인 프로모터이고, ㉢은 억제 단백질(㉣)이 결합하는 부위인 작동 부위이다.

**정답맞이기** ▶ 나. 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자는 젓당 유무에 관계없이 항상 발현되므로 I 과 II 의 조건에서 대장균은 억제 단백질(㉠)을 생성한다.

**오답짜이기** ▶ 가. 리보솜은 mRNA와 결합한다. ㉡는 RNA 중합 효소가 결합하는 부위(프로모터)이다.

다. 억제 단백질(㉠)이 작동 부위(㉢)에 결합하면 프로모터에 RNA 중합 효소가 결합하는 것이 억제되어 구조 유전자의 전사가 억제된다.

### 10

**예설** | 5'-AC-3'이 반복되는 서열에서 가능한 코돈은 ACA, CAC이고 5'-ACA-3'이 반복되는 서열에서 가능한 코돈은 ACA, AAC, CAA이다. 따라서 공통적인 코돈인 ACA는 트레오닌을, CAC는 히스티딘을 지정한다. 5'-AGCA-3'이 반복되는 서열에서 가능한 코돈은 AGC, GCA, CAA, AAG이므로 5'-ACA-3'이 반복되는 서열에도 있는 CAA는 글루타민을 지정하고 AAC는 아스파라진을 지정한다. 5'-ACC-3'이 반복되는 서열에서 가능한 코돈은 ACC, CCA, CAC이며, 이 중 CAC는 히스티딘을 지정하므로 ㉠(트레오닌)을 지정하는 코돈은 ACC와 CCA 중 하나이다.

**정답맞이기** ▶ 나. 안티코돈이 5'-UUG-3'인 tRNA는 코돈 5'-CAA-3'에 결합하므로 글루타민을 운반한다.

다. III에서 히스티딘을 지정하는 코돈은 CAC이며, 염기쌍을 형성할 때 GC 염기쌍은 3개의 수소 결합, AT 염기쌍은 2개의 수소 결합을 형성하므로, 히스티딘을 지정하는 코돈과 안티코돈 사이에 8개의 수소 결합이 형성된다.

**오답짜이기** ▶ 가. ㉠을 지정하는 코돈은 ACA이고, ㉡를 지정하는 코돈은 ACC와 CCA 중 하나이다.

### 11

**정답맞이기** ▶ 다. 유전자 발현 조절에서 염색체 구조 조절, 전사 개시 조절, 전사 후 가공 조절은 모두 핵에서 일어난다.

**오답짜이기** ▶ 가. (나)는 전사 개시 복합체이며 전사 개시 조절 단계(㉠)에서 형성된다.

나. ㉡는 전사 인자가 결합하는 DNA의 염기 서열인 전사 인자 결합 부위이다. 전사 인자는 ㉢이다.

### 12

**정답맞이기** ▶ 가. 하나의 개체를 구성하는 모든 체세포의 유전자 구성은 동일하므로 꽃 형성 부위에 a~c가 있으면 줄기를 구성하는 세포에도 a~c가 모두 있다.

나. ㉠의 세포에 B가 결합하는 DNA 염기 서열이 있으므로 ㉠의 세포에도 B가 결합하는 DNA 염기 서열이 있다.

다. B와 C가 있는 영역이 수술로 발달하는데, a가 결실된 돌연변이 애기장대에서는 ㉠ 영역이 수술로 발달하므로, ㉠의 세포는 B와 C를 생성한다.

### 테마별 수능 심화문제

본문 64~68쪽

- 13 ①
- 14 ④
- 15 ④
- 16 ⑤
- 17 ①
- 18 ②
- 19 ⑤
- 20 ⑤
- 21 ②
- 22 ③

### 13

**예설** | 야생형과 a~c에 돌연변이가 일어난 붉은빵곰팡이가 최소 배지 및 최소 배지에 첨가한 물질에 따라 성장하는지의 여부는 표와 같이 정리된다.

구분	최소 배지	최소 배지에 첨가한 물질		
		오르니틴	시트룰린	아르지닌
야생형	○	○	○	○
a 돌연변이	×	○	○	○
b 돌연변이	×	×	○	○
c 돌연변이	×	×	×	○

(○ : 성장함, × : 성장 못함)

야생형과 a~c에 돌연변이가 일어난 붉은빵곰팡이가 최소 배지 및 최소 배지에 첨가한 물질에 따라 합성할 수 있는 물질은 표와 같이 정리된다.

구분	최소 배지	최소 배지에 첨가한 물질		
		오르니틴	시트룰린	아르지닌
야생형	오, 시, 아	오, 시, 아	오, 시, 아	오, 시, 아
a 돌연변이	없음	시, 아	아	없음
b 돌연변이	오	오	오, 아	오
c 돌연변이	오, 시	오, 시	오, 시	오, 시

(오 : 오르니틴, 시 : 시트룰린, 아 : 아르지닌)

**정답맞이기** ▶ 가. a~c에 돌연변이가 일어난 붉은빵곰팡이 중 최소 2가지가 최소 배지에서 합성할 수 없는 물질(㉠)은 시트룰린 또는 아르지닌이고, 최소 배지+㉠에서 I, II가 모두 생장했으므로 ㉠은 오르니틴이 아니다.

㉠을 아르지닌으로 가정하면, ㉡는 시트룰린이고, ㉢은 오르니틴이 된다. 그런데 최소 배지+㉠(아르지닌)에서 ㉢을 합성할 수 있는 것은 c에 돌연변이가 일어난 것뿐이므로 표에 제시된 조건(I, II가 모두 ㉢을 합성)에 부합하지 않는다. 따라서 ㉠은 시트룰린, ㉡는 아르지닌, ㉢은 오르니틴이다.

**오답짜이기** ▶ 나. ㉠은 아르지닌이므로 ㉠(시트룰린)이 ㉠(아르지닌)으로 전환되는 과정을 촉매하는 효소는 C이다.

다. I은 최소 배지에 오르니틴(㉠)이 첨가된 배지에서 성장할 수 없고, 최소 배지에 시트룰린(㉡)이 첨가된 배지에서 성장할 수 있으므로 b에 돌연변이가 일어난 것이다. a에 돌연변이가 일어난 것은 II이다.

### 14

**예설** | mRNA Y에서 5'-UGU-3'은 시스테인을 지정하므로 그림에서 그 왼쪽의 'UOO'은 알라닌을 지정한다. 표를 참조하면 알라닌을 지정하는 코돈 중에서 U이 있는 것은 5'-GCU-3'이므로 mRNA Y는 오른쪽이 5' 말단이고, ㉠은 3' 말단이다. 알라닌을 지정하는 코돈(5'-GCU-3')은 DNA x에서 가닥 I의 3'-CGA-5'에 상보적이므로 가닥 I이 전사 주형 가닥이고, ㉠은 3' 말단 방향이다.



위 그림에서는 I, II, Y, P의 방향성을 정상적으로 맞추어 나타냈다.

**정답맞이기** > 나. 가닥 I은 주형 가닥이고, ①은 3' 말단 방향이다.

다. Y에서 글라이신을 지정하는 코돈은 GGC이므로 ②는 사이토신(C)이다. ③은 mRNA에서 알라닌을 지정하는 코돈의 2번째 염기이므로 사이토신(C)이다.

**오답짜이기** > 가. 전사 과정에는 프라이머가 아니고 프로모터가 사용된다. 프라이머는 DNA 복제 과정에 사용된다.

## 15

**정답맞이기** > 나, 다. X에서 74번인 사이토신(C)이 결실되면 25번째 코돈이 종결 코돈 UAG인 mRNA가 만들어지고 29개의 아미노산으로 구성된 X보다 짧은 24개의 아미노산으로 구성된 Y가 만들어진다. 따라서 Y는 23개의 펩타이드 결합을 갖는다.

**오답짜이기** > 가. 70번 이후 염기 서열 중 첫 번째로 나오는 종결 코돈은 88번에서 90번의 염기 서열인 UAA이다.

## 16

**예설** | 리보솜에 있는 2개의 tRNA 중 왼쪽에는 폴리펩타이드가 결합해 있고, 오른쪽에는 아미노산이 결합해 있지 않으므로, P 자리(오른쪽)의 tRNA에 결합해 있던 폴리펩타이드가 A 자리(왼쪽)의 tRNA에 결합해 있던 아미노산(ⓐ)과 펩타이드 결합을 한 상황이다. 그러므로 리보솜은 mRNA에서 (나) → (가) 방향으로 이동하며 폴리펩타이드를 합성하고 있다.

**정답맞이기** > 나. ①은 ⓐ를 지정하는 코돈인 5'-UGC-3'에서 (나) 방향에 있는 코돈인 5'-GUA-3'에 의해 지정되는 발린이다.

다. ⓐ를 지정한 코돈은 5'-AAG-3'이므로 ⓐ를 운반한 tRNA는 5'-AAG-3'에 결합했다.

**오답짜이기** > 가. (가)는 mRNA의 3' 말단이다.

## 17

**예설** | 야생형 대장균(B)은 젓당이 있을 때 억제 단백질과 젓당(젓당 유도체)의 결합이 일어나고, 젓당이 있을 때 젓당 분해 효소를 합성한다. 작동 부위가 결실(A)되면 젓당이 있을 때 억제 단백질과 젓당(젓당 유도체)이 결합하고 젓당이 있을 때와 없을 때 모두 젓당 분해 효소를 합성한다. 조절 유전자가 결실(C)되면 억제 단백질이 합성되지 않으므로 젓당 유무와 관계없이 억제 단백질과 젓당(젓당 유도체)의 결합은 일어나지 않고, 젓당 유무와 관계없이 젓당 분해 효소를 합성한다.

**정답맞이기** > 가. 작동 부위가 결실된 대장균 A는 젓당 유무와 관계없이 억제 단백질이 작동 부위에 결합할 수 없어서 젓당 분해 효소가 합성

되므로 ①은 '+'이고, 야생형 대장균은 젓당이 있을 때 억제 단백질과 젓당(젓당 유도체)이 결합하므로 ②은 '0'이다.

**오답짜이기** > 나. A는 작동 부위에 결실이 일어난 돌연변이이다.

다. C(조절 유전자 결실)에서 젓당 오페론의 조절 유전자는 젓당 유무에 관계없이 항상 발현되지 않고, 억제 단백질도 합성되지 않는다.

## 18

**예설** | (가) 쪽부터 읽으면 서로 다른 염기 서열을 갖는 4개의 코돈은 ⓐⓐⓐ/ⓐⓐⓐ/ⓐⓐⓐ/ⓐⓐⓐ이고, (나) 쪽부터 읽으면 서로 다른 염기 서열을 갖는 4개의 코돈은 ⓐⓐⓐ/ⓐⓐⓐ/ⓐⓐⓐ/ⓐⓐⓐ이다. 하나의 아미노산을 지정하는 코돈이 4개 이상이면서 그 첫 번째 염기의 종류가 다른 경우는 류신, 세린, 아르지닌을 지정하는 코돈이 전부이며, 이들은 모두 첫 번째 염기의 종류가 2종류이다. 따라서 1종류의 아미노산으로 구성된 X를 지정하는 염기 서열은 (가) 쪽부터 읽을 때 가능하다. 류신, 세린, 아르지닌을 지정하는 코돈 중 코돈의 첫 번째 염기와 두 번째 염기가 ⓐⓐ, ⓐⓐ 형태가 모두 가능한 경우는 세린 1가지 경우뿐이며, 세린은 첫 번째 염기가 피리미딘 계열 염기 U인 코돈 4종류, 첫 번째 염기가 퓨린 계열 염기 A인 코돈 2종류에 의해 지정된다. 그런데 ⓐ은 퓨린 계열 염기이므로 피리미딘 계열 염기인 U은 ⓐ의 상보적인 염기이며, 제시된 염기 서열은 y의 염기 서열이다. (가)는 3' 말단이며, x와 y의 염기 서열은 각각 다음과 같다.

x의 염기 서열 : 5'-UCU/AGC/UCG/UCC-3'

y의 염기 서열 : 3'-AGA/UCG/AGC/AGG-5'

**정답맞이기** > 나. x의 염기 서열 중 퓨린 계열 염기는 아데닌(A) 1개와 구아닌(G) 2개로 총 3개이다.

**오답짜이기** > 가. (가)는 y의 3' 말단이다.

다. Y의 아미노산 서열은 '글라이신-아르지닌-알라닌-아르지닌'이므로 3종류의 아미노산으로 구성된다.

## 19

**예설** | (가)~(다) 중 I은 (다), II는 (나), III은 (가)를 갖는다. ①이 진한 II는 A와 B 결합 부위인 a와 b가 모두 있어야 하므로 (나)는 II의 x와 x의 발현을 조절하는 전사 인자 결합 부위이다.

**정답맞이기** > 나. II는 (나)를 가지므로 ① 부위를 포함하여 모든 체세포에 a, b, c가 모두 있다.

다. III은 (가)를 가지므로 모든 체세포에 a와 c가 모두 있다.

**오답짜이기** > 가. I은 ① 부위의 색은 진하지 않고 ①~③ 중 ② 부위의 색이 특별히 진하므로, a와 b 중 a만 있고 c와 d가 있는 (다)를 가진다.

## 20

**예설** | mRNA가 생성되어야 젓당 분해 효소가 생성되므로 ①과 ② 중 농도 변화가 먼저 일어나는 ①은 젓당 분해 효소를 암호화하는 mRNA이고, ②은 젓당 분해 효소이다.

**정답맞이기** > 나. 젓당 오페론의 구조 유전자는 젓당이 있을 때 전사되고 젓당이 없을 때 전사가 억제되므로, 전사 억제가 일어나기 시작하는 t<sub>2</sub>일 때, 배지에 포도당과 젓당이 모두 없는 조건으로 달라졌다.

ㄷ. 구간 I 은 포도당이 없고 젖당이 있는 조건이며, 이 조건에서는 젖당 오페론의 억제 단백질이 젖당(젖당 유도체)과 결합하여 불활성화되고, 작동 부위에 결합하지 않으며, 젖당 오페론의 구조 유전자가 전사된다.

**오답맞이기** > ㄱ. ㉠과 ㉡ 중 농도 변화가 먼저 일어나는 ㉠이 젖당 분해 효소를 암호화하는 mRNA이다.

## 21

**예설** | 제시된 염기 서열이 주형이 될 때는 개시 코돈과 종결 코돈이 모두 포함된 mRNA가 합성될 수 없다. 제시된 염기 서열의 상보 가닥이 주형이 될 때는 처음 만들어진 RNA는 다음과 같은 염기 서열을 갖고, 여기서 음영과 밑줄 처리한 6개의 뉴클레오타이드가 제거되면 ㉠-글루탐산-아르지닌의 아미노산 서열을 암호화하는 코돈이 포함된 성숙한 mRNA가 합성된다.

5'-AGCUCAUGUGCGA UACCUGACGCUGACUAGG-3'

**정답맞이기** > ㄷ. X의 2번째 아미노산은 코돈 5'-UGC-3'에 의해 지정되는 시스테인이며, 이 아미노산을 운반하는 tRNA의 안티코돈은 5'-GCA-3'이므로 3' 말단 염기는 아데닌(A)이다.

**오답맞이기** > ㄱ. ㉠의 염기 서열은 UACCUG로 퓨린 계열 염기(G, A)의 비율은  $\frac{2}{6}$ 이므로 약 33.3%이다.

ㄴ. ㉠은 코돈 UGC에 의해 지정되는 시스테인이다.

## 22

**정답맞이기** > ㄱ. 모든 체세포에는 마이오신 유전자가 존재한다.

ㄴ. 근육 모세포에서 x의 발현이 일어나 전사 인자 X가 생성되어야 전사 인자 Y가 생성되고 마이오신과 액틴의 합성이 촉진되므로, 이 세포에서 x의 발현을 억제하면 전사 인자 X, Y가 생성되지 않으므로 액틴과 마이오신도 합성되지 않는다.

**오답맞이기** > ㄷ. 전사 인자 X가 인식하는 DNA 염기 서열은 유전자 y의 전사 인자 결합 부위에 있다. 프로모터에는 RNA 중합 효소가 인식하는 서열이 있다.

### THEME

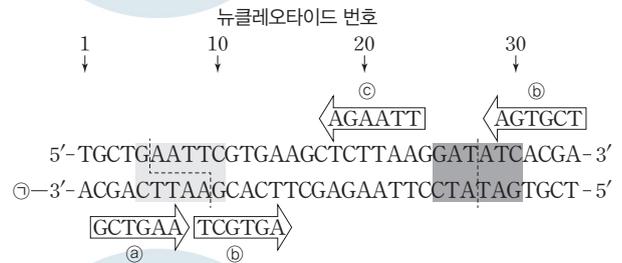
## 09 생명 공학 기술

### \* 달은 꼴 문제로 유형 익히기 \*

본문 70쪽

**정답** ②

**예설** | 2중 가닥 DNA x의 염기 서열에 프라이머 ㉠, ㉡, ㉢의 결합 위치와 제한 효소 *EcoRI*, *EcoRV*의 인식 및 절단 부위를 정리하면 아래와 같다. ㉠에 ㉡와 같은 염기 서열이 있으면 ㉠의 상보적인 가닥 해당 위치에, ㉡에 상보적인 염기 서열이 있으면 ㉠의 해당 위치에 ㉢가 상보적으로 결합한다. I에서 2중 가닥 DNA 조각이 증폭되었으므로 ㉢의 방향성을 표시할 수 있다. III의 결과를 이용하여 ㉢의 결합 위치와 방향성을 표시하고, II의 결과를 활용하여 ㉠의 방향성을 표시할 수 있다.



연한 음영 부위는 *EcoRI*, 진한 음영 부위는 *EcoRV* 인식 서열이다.

**정답맞이기** > ㄴ. 위 그림에서 ㉠의 결합 위치 염기 서열과 방향성을 고려할 때, ㉠의 염기 서열은 5'-GCTGAA-3'이다.

**오답맞이기** > ㄱ. ㉠의 5' 말단 염기는 티민(T)임을 알 수 있다.

ㄷ. II에서 증폭되는 2중 가닥 DNA 조각은 ㉠가 결합해 있는 위치부터 ㉢가 결합해 있는 위치를 포함하므로 2~23번 염기 서열이다. 그러므로 II에서 *EcoRI*의 인식 부위가 1개 있는 2중 가닥 DNA 조각이 증폭된다.

### 테마별 수능 필수유제

본문 71~72쪽

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

## 01

**정답맞이기** > ㄱ. (가)는 DNA를 절단하는 과정이고, (나)는 DNA를 연결하는 과정이다. 따라서 (가)에서 DNA를 절단하는 효소인 제한 효소가 이용된다.

ㄴ. ㉠은 테트라사이클린 저항성 유전자가 있는 플라스미드가 없으므로 테트라사이클린이 있는 배지에서 성장하지 못한다.

ㄷ. ㉡는 재조합된 플라스미드가 도입된 대장균이므로 테트라사이클린 저항성 유전자는 있고 앰피실린 저항성 유전자는 인슐린 유전자가 삽입되어 기능을 상실했다. 따라서 ㉡는 테트라사이클린이 있는 배지에서 성장하고, 앰피실린이 있는 배지에서 성장하지 못한다.

## 02

**정답맞이기** ㄱ. ㉠은 플라스미드에 바이러스 X 저항성 유전자를 재조합하는 과정이며, 이 과정에서 제한 효소가 이용된다.

ㄷ. 형질 전환된 토끼풀의 모든 체세포는 바이러스 X 저항성 유전자를 가지므로, 이 토끼풀에서 생성되는 생식 세포 중에 바이러스 X 저항성 유전자를 갖는 것이 있다. 따라서 형질 전환된 토끼풀의 자손은 바이러스 X에 저항성을 가질 수 있다.

**오답맞이기** ㄴ. DNA 연결 효소는 ㉠에서 이용된다. ㉡은 형질 전환된 세포로부터 세포 분열과 발생을 유도하여 성숙한 토끼풀로 자라게 하는 과정으로 조직 배양 기술이 이용된다.

## 03

**정답맞이기** ㄱ. B 림프구는 항체 ㉠을 생성하는 림프구로서 수명이 짧다. 항체를 생성하면서 수명이 긴 잡종 세포를 개발하기 위해 림프구와 수명이 긴 골수암 세포를 융합하는 세포 융합 기술이 이용된다.

ㄷ. 잡종 세포는 위암 세포에 대한 항체를 생성하므로 단일 클론 항체 ㉠은 위암 세포에 특이적으로 결합한다.

**오답맞이기** ㄴ. (가) 과정에서는 세포 융합 기술이 이용되며 유전자 재조합 기술은 이용되지 않는다. 따라서 (가) 과정에서는 제한 효소와 DNA 연결 효소가 모두 이용되지 않는다.

## 04

**정답맞이기** ㄷ. 증합 효소 연쇄 반응(PCR)에서 2중 가닥 DNA를 분리하는 단계의 설정 온도는 92°C가 넘는 높은 온도가 요구되고, 프라이머를 결합하는 단계의 설정 온도는 55°C 정도의 상대적으로 낮은 온도가 요구된다.

**오답맞이기** ㄱ. ㉠은 가닥 II의 3' 말단에서 4~10번째 염기 서열인 3'-GTATAGG-5'에 상보적으로 결합한다.

ㄴ. x의 증폭되는 표적 염기 서열은 다음과 같다.

가닥 I : 5'-CATATCCATGGAGTTAGTCCTAT-3'

가닥 II : 3'-GTATAGGTACCTCAATCAGGATA-5'

23염기쌍이며, 이곳에 GC 염기쌍이 9개가 있으므로 이곳에 존재하는 수소 결합의 총개수는 46+9=55이다. GC 염기쌍은 3개의 수소 결합을 가지므로 DNA의 수소 결합의 총개수는 (총 염기쌍 수×2)+GC 염기쌍 수로 쉽게 계산 가능하다.

## 05

**정답맞이기** ㄷ. 성체 줄기 세포인 ㉡에서 유래하는 세포의 종류는 배아 줄기 세포인 ㉠에서 유래하는 세포의 종류보다 적다.

**오답맞이기** ㄱ. ㉠은 배아에서 추출한 배아 줄기 세포이다.

ㄴ. ㉠은 환자 A와 유전적으로 다른 여성에서 생성된 배아에서 추출된 줄기 세포 유래 치료용 줄기 세포이므로, 유전적으로 환자 A와 달라 환자 A에게 주입하면 면역 억제제가 투입되지 않은 조건에서는 면역 거부 반응이 나타나게 된다.

## 06

**정답맞이기** ㄱ. ddNTP는 뉴클레오타이드의 당에 다른 뉴클레오타이드와 결합할 수 있는 3'-OH가 없어서, 합성 중인 DNA에 ddNTP가 결합하면 DNA의 합성이 중지된다. 따라서 합성 중인

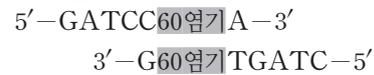
DNA에 ddNTP는 최대 1개만 결합한다.

**오답맞이기** ㄴ. 프라이머의 염기 서열은 x의 제시된 염기 서열에 상보적인 5'-GCGAAT-3'이고, 새로 합성된 DNA 중 가장 긴 것의 염기 서열은 5'-GCGAATGCGTCCA-3'이므로, x의 염기 서열은 5'-TGGACGCATTCGC-3'이다.

ㄷ. 형광을 나타내는 띠의 형광색은 합성된 DNA에 결합한 ddNTP의 종류에 의해 결정되며 띠의 위치는 합성된 DNA의 위치에 따라 결정된다. ddNTP가 결합한 합성된 DNA의 길이에 따른 종류는 7가지이므로, 전기 영동을 했을 때 나타나는 DNA 띠의 수는 7이다.

## 07

**정답맞이기** ㄴ. (가)에 I과 II를 함께 처리했을 때 형성되는 DNA 조각 중 가운데 부분에서 유래한 것은 다음과 같이 132개의 염기를 갖는다.



ㄷ. (가)의 가장 오른쪽 부분에서 유래한 DNA 조각과 (나)의 가장 오른쪽 부분에서 유래한 DNA 조각이 연결되면 216개의 염기쌍을 갖는 다음과 같은 재조합 DNA가 생성된다.



**오답맞이기** ㄱ. I에 의해 만들어지는 DNA 조각의 말단과 III에 의해 만들어지는 DNA 조각의 말단은 순서대로

5'-G 5'-GCATG  
3'-CCTAG, 3'-C 이다. 따라서 이 두 DNA 조각의 말단은 다음과 같이 서로 상보적이지 않으므로 연결 효소에 의해 서로 연결될 수 없다.



## 08

**정답맞이기** ㄱ. D는 난자를 통해 전달된 염소 A의 일부 핵 유전자와 정자를 통해 전달된 염소 B의 일부 핵 유전자를 가지며, 사람의 항응고 단백질 유전자도 갖는다.

ㄷ. 재조합 DNA는 수정란에 도입되었으므로 이 수정란의 세포로부터 유래된 D의 모든 세포에는 항응고 단백질 유전자가 있고, D의 정소 또는 난소에 있는 항응고 단백질 유전자는 생식 세포가 생성될 때, 생식 세포 분열을 통해 만들어지는 생식 세포 중 일부 또는 전부에 전달된다.

**오답맞이기** ㄴ. 수정란의 미토콘드리아는 난자 세포질에서 유래하고, D는 수정란에서 유래한 미토콘드리아를 가지므로 D의 미토콘드리아 DNA는 난자를 제공한 A에서 유래한 미토콘드리아 DNA를 가진다.

### 테마별 수능 심화문제

본문 73~75쪽

- |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 09 ② | 10 ③ | 11 ④ | 12 ⑤ | 13 ② |
| 14 ① |      |      |      |      |

### 09

**예설** I 은 항생제  $\alpha$ ,  $\beta$  저항성 유전자가 없으므로  $\alpha$ ,  $\beta$ 가 들어 있는 배지에서 모두 균체를 형성할 수 없다. 따라서 I 은 ㉔이다. 흰색 균체는 물질 ㉑ 분해 효소 유전자에  $p$  또는  $q$ 가 삽입된 플라스미드를 갖는 대장균이 형성할 수 있는데, ㉒과 ㉓이 ㉑와  $\alpha$ 가 있는 배지에서 흰색 균체를 형성하므로  $x$ 가 물질 ㉑ 분해 효소 유전자이고,  $y$ 는  $\beta$  저항성 유전자,  $z$ 는  $\alpha$  저항성 유전자이다. ㉑와  $\alpha$ 가 있는 배지, ㉑와  $\beta$ 가 있는 배지에서 모두 푸른색 균체를 형성하는 ㉑은  $\alpha$ ,  $\beta$ 에 모두 저항성이 있고 물질 ㉑ 분해 효소 유전자가 있는 II이고, ㉒은 IV, ㉓은 III이다.

**정답맞이기** > ㄷ. III은  $\alpha$ ,  $\beta$ 에 모두 저항성이 있고,  $x$ 에  $p$ 가 삽입되었으므로 ㉑와  $\beta$ 가 있는 배지에서 흰색 균체를 형성한다.

**오답맞이기** > ㄱ. ㉑은 재조합이 안된 플라스미드를 갖는 II이므로  $p$ ,  $q$ 를 모두 갖지 않는다.

ㄴ.  $x$ 는 물질 ㉑ 분해 효소 유전자이다.

### 10

**정답맞이기** > ㄱ. *Hind*III의 인식 서열인  $5'-AAGCTT-3'$ 은  $x$ 에 한 곳이 있다.

ㄴ. ㉑은 아래쪽 가닥의 3' 말단부터 1~7번째 염기에 상보적으로 결합하고, ㉒은 위쪽 가닥의 3' 말단 쪽에서 4~10번째 염기에 상보적으로 결합하므로, 증폭되는 표적 서열은 제시된 DNA의 가장 왼쪽부터 31번째까지 31염기쌍이다.

**오답맞이기** > ㄷ. *Hind*III이 처리되면 6~11번에 있는 절단 위치가 절단되어  $x$ 는 왼쪽 절편과 오른쪽 절편으로 분리된다. 따라서 II에서 ㉑은 아래쪽 가닥의 14~20번째 염기에 상보적으로 결합하고, PCR에 의해 증폭되는 표적 서열은 ㉑과 ㉒에 의해 증폭되는 14~31번째 염기쌍 부위인 18염기쌍이며, 이 서열에 GC 염기쌍은 7개 존재하므로 수소 결합의 수는  $7 \times 3 + 11 \times 2 = 43$ 이다.

### 11

**예설** 젤에서 가장 아래쪽에 위치하는 DNA가 가장 짧은 DNA이므로 I~III의 결과를 종합하면 합성된 DNA 중 가장 긴 것의 염기 서열은 다음과 같다.



II에 ddGTP와 ddCTP를 함께 넣고, III에 ddATP와 ddCTP를 함께 넣었는데 II와 III의 전기 영동 결과에서 서로 겹치는 띠가 없으므로 합성된 DNA 서열에 C는 없고, II의 띠는 ddGTP가, III의 띠는 ddATP가, I에는 있지만 II와 III에는 모두 없는 띠는 ddTTP가 결합하여 합성이 중단된 DNA를 나타낸다.

**정답맞이기** > ㄴ. 합성되는 DNA에 프라이머를 제외하고 T가 3개 있으므로 ㉑에 나타나는 DNA 띠의 수는 3이다.

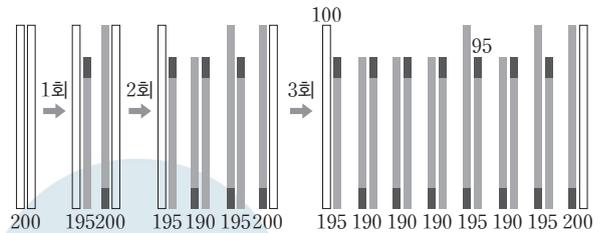
ㄷ.  $x$ 의 염기 서열은 새로 합성된 DNA 중 가장 긴 것과 상보적이므로,  $5'-ACCTAATTGTAC-3'$ 이다.

**오답맞이기** > ㄱ. ㉑에 들어 있는 DNA의 염기 서열은  $5'-GTACA A-3'$ 이므로 아데닌(A)과 구아닌(G)의 총개수는 4이다.

### 12

**예설** ㉑은 ㉑와 말단 부분인 95~100번 뉴클레오타이드 위치에서

상보적으로 결합하고, ㉒은 ㉑와 6~11번 뉴클레오타이드 위치에서 상보적으로 결합한다. 따라서 PCR의 세 과정을 3회 반복할 때, 각 단계에서 만들어지는 DNA는 그림과 같다.



그림의 위와 아래에 표기된 숫자는 각각 DNA 단일 가닥과 DNA 2중 가닥을 구성하는 염기의 총개수를 나타낸다.

**정답맞이기** > ㄴ. 190개의 염기로 구성된 DNA II는 이 PCR 과정의 증폭되는 표적 DNA이고, 이것은 PCR의 세 과정을 2회 반복한 이후부터 나타난다.

ㄷ. (가)에서 얻은 DNA 중 190개의 염기로 구성된 II의 분자 수는 200개의 염기로 구성된 IV의 분자 수의 4배이다.

**오답맞이기** > ㄱ. ㉑의 염기 서열은  $5'-TTGGCA-3'$ 이므로  $3'-AACCGT-5'$  염기 서열과 상보적으로 결합한다. 따라서 ㉑이 상보적으로 결합하는 위치는 DNA I의 위쪽 단일 가닥의 95~100번 뉴클레오타이드 위치이다.

### 13

**예설** 프라이머 X는 DNA I의 3' 말단 쪽( $5'-ATGA-3'$ )에 상보적으로 결합한다. 따라서 ㉑은 5' 말단이고, ㉒은 3' 말단이다. 합성된 DNA 중 가장 긴 것의 염기 서열은  $5'-TCATACGGCTA GTACT-3'$ 이다.

**정답맞이기** > ㄴ. 단일 가닥 DNA I의 염기 서열은 합성된 DNA 중 가장 긴 것에 상보적이므로  $5'-AGTACTAGCCGTATGA-3'$ 이고, ㉑의 염기 서열은  $5'-GCC-3'$ 이다.

**오답맞이기** > ㄱ. 가장 짧은 DNA가 젤에서 가장 빠르게 이동하므로, DNA 프라이머의 ㉑(3' 말단) 방향에 처음 결합하는 뉴클레오타이드의 염기는 젤의 가장 아래쪽에 있는 아데닌(A)이다.

ㄷ. ㉑ 위치의 DNA는 4개의 뉴클레오타이드로 구성된 프라이머 다음에 9개의 뉴클레오타이드가 결합한 것이므로 13개의 뉴클레오타이드로 구성된 것이다.

### 14

**정답맞이기** > ㄱ. 복제 돼지 D의 핵에 있는 1번 염색체 DNA는 핵 제공자로부터, 미토콘드리아 DNA는 난자 제공자로부터 물려받는다. 표에서 1번 염색체 DNA 지문은 ㉑과 ㉒이 같고 미토콘드리아 DNA 지문은 ㉑과 ㉒이 같으므로 ㉑은 B, ㉒은 A, ㉓은 D이다.

**오답맞이기** > ㄴ. D는 ㉒이므로 ㉑(미토콘드리아 DNA의 특정 부위) 내에 X의 인식 부위의 수는 1이다. 미토콘드리아 DNA 지문에 띠가 2개인 것은 900염기쌍인 DNA가 1번 절단된 것이기 때문이다.

ㄷ. D의 핵 DNA는 A에서 물려받은 것이다. 그러므로 D와 B는 핵 DNA가 유전적으로 다르며, D에서 얻은 성체 줄기 세포를 B에 주사하면 면역 거부 반응이 나타난다.

### III. 생물의 진화

#### THEME 10 생명의 기원

\* 답은 골 문제로 유형 익히기 \*

본문 77쪽

정답 ⑤

예설 | ㉠과 ㉡ 중 지구에 먼저 출현한 ㉠이 원핵생물, 나중에 출현한 ㉡이 단세포 진핵생물이다.

정답맞이기 > ㄱ. 최초의 생명체는 무산소 호흡 중독 영양 세균이었으므로 I에는 무산소 호흡 세균이 존재하였다.

ㄴ. 대기 중 산소가 급증한 것은 광합성 세균이 출현하여 산소를 만들어 냈기 때문이다. 대기 중 산소가 급증한 이후인 구간 II에는 광합성 세균이 존재한다.

ㄷ. 아메바는 단세포 진핵생물이므로 ㉡에 속한다.

테마별 수능 필수유제

본문 78~79쪽

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

#### 01

예설 | 오파린은 원시 지구에는 환원성 대기와 에너지원이 풍부하게 존재하여 생명체를 구성하는 데 필요한 유기물이 생명체가 아닌 곳에서도 합성될 수 있다고 제안하였다. 밀러는 이러한 오파린의 가설을 검증하기 위해 환원성 기체로 구성된 혼합 기체에 지속적인 전기 방전을 주어 유기물이 합성되는지를 확인하는 실험을 하였다.

정답맞이기 > ㄴ. 원시 지구에는 화산 폭발과 번개가 빈번하게 일어나 물질 합성에 필요한 에너지를 제공하였다. 밀러는 이러한 에너지를 재현하기 위해 전기 방전을 이용하였다. 지속적인 전기 방전은 밀러의 실험에서 유기물이 합성되는 데 필요한 에너지를 제공하였다.

오답맞이기 > ㄱ. 밀러는 원시 지구의 대기에 풍부하게 존재하였을 것으로 추정되는 환원성 기체를 이용해 혼합 기체를 만들었다. 혼합 기체에는 H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> 등이 포함되어 있으며, 현재 대기에 풍부한 N<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>는 포함되어 있지 않다.

ㄷ. 실험 결과 아미노산과 같은 간단한 유기물은 U자관에서 발견되었지만 RNA와 같은 복잡한 유기물은 발견되지 않았다.

#### 02

예설 | 생명체가 생명 활동을 위해 필요한 기능을 갖추기 위해서는 각 기능을 수행할 수 있는 물질을 가져야 한다. DNA와 RNA는 모두 유전 정보를 저장할 수 있으며, RNA와 단백질은 모두 다양한 입체 구조를 가지며 효소로서 기능할 수 있다. 최초의 생명체는 유전 정보

저장과 효소의 기능을 모두 RNA로 수행했을 것으로 추정되며, 시간이 흐르면서 유전 정보 저장의 기능은 주로 DNA가, 효소의 기능은 주로 단백질이 담당하게 진화되었을 것으로 추정하고 있다.

정답맞이기 > ㄴ. 단백질은 구성하는 아미노산의 종류와 순서에 따라 다양한 입체 구조를 갖는다.

ㄷ. RNA는 유전 정보 저장 기능과 효소 기능을 모두 가져 최초의 유전 물질로 추정된다.

오답맞이기 > ㄱ. DNA는 물질대사를 촉진시키는 효소 기능이 없다.

#### 03

예설 | (가)는 원시 지구에서 무기물로부터 합성된 간단한 유기물이다. (나)는 복잡한 유기물이 뭉쳐 형성된 유기물 복합체이다.

정답맞이기 > ㄴ. 밀러는 실험을 통해 원시 지구에서 무기물로부터 간단한 유기물이 합성될 수 있음을 밝히고자 하였다.

오답맞이기 > ㄱ. 코아세르베이트는 대표적인 유기물 복합체로 (나)에 해당한다.

ㄷ. ㉡은 최초의 생명체가 출현하기 이전 시기이므로 진핵생물의 진화 과정에서 일어난 세포 내 공생은 ㉡ 이후에 일어났다.

#### 04

예설 | 생명의 기원에 대한 가설에는 자연 발생설과 생물 속생설이 있다. 파스퇴르는 플라스크 목을 S자로 구부려 미생물의 유입을 막았을 때 미생물이 생겨나지 않음을 밝힘으로써 자연 발생설을 부정하고 생물 속생설을 지지하는 근거를 마련하였다.

정답맞이기 > ㄴ. 파스퇴르는 고기즙 내부를 생물이 없는 조건으로 만들기 위해 고기즙을 끓였다.

오답맞이기 > ㄱ. 파스퇴르는 생물이 없는 곳에서는 생물이 생겨날 수 없음을 밝히고자 하였으며, 오파린의 가설을 검증하기 위한 실험은 밀러의 실험이다.

ㄷ. 파스퇴르는 이 실험 결과를 토대로 무생물적 요소에서 자연스럽게 생물이 발생할 수 없다고 주장하였다.

#### 05

예설 | 리보자임은 효소 기능을 갖는 RNA이다. 리보자임에서 주형 RNA를 이용해 상보적 RNA를 합성함으로써 유전 정보를 복제할 수 있다.

정답맞이기 > ㄴ. 리보자임은 물질대사를 촉진하는 촉매 기능을 갖는다.

ㄷ. RNA의 일종인 리보자임에는 유전 정보가 저장될 수 있다.

오답맞이기 > ㄱ. 리보자임은 RNA이므로 주성분은 단백질이 아니다.

#### 06

예설 | 진핵세포의 막으로 둘러싸인 세포 소기관 형성에 대한 가설에는 세포막 함입설(막 진화설)과 세포 내 공생설이 있다. 미토콘드리아와 엽록체는 모두 세포 내 공생을 통해 형성되었다. (가)는 미토콘드리아, (나)는 엽록체이다.

정답맞이기 > ㄱ. ㉠은 세포 내 공생을 통해 미토콘드리아로 형성되는 호기성 세균이다. 호기성 세균은 산소 호흡을 한다.

ㄴ. (가)는 미토콘드리아이다. 미토콘드리아는 호기성 세균의 세포 내 공생으로 형성되었다.

ㄷ. (나)는 광합성 세균의 세포 내 공생으로 형성된 엽록체이다.

## 07

**예설** | ㉠은 무산소 호흡 종속 영양 생물, ㉡는 광합성 세균, ㉢는 호기성 세균이다.

**정답맞이기** > ㄱ. ㉠~㉢ 중 가장 먼저 출현한 ㉠은 무산소 호흡 종속 영양 생물이다.

ㄴ. ㉡는 빛에너지를 화학 에너지로 전환하는 광합성 세균이다.

**오답피하기** > ㄷ. ㉢는 원핵생물로 미토콘드리아가 없다.

## 08

**예설** | 같은 종류의 단세포 진핵생물이 모여 군체를 형성한 후 모양과 기능이 서로 다른 세포로 분화되면서 다세포 진핵생물이 출현하였다.

**정답맞이기** > ㄱ. (가)는 영양 세포, (나)는 운동 세포이다. 그러므로 다세포 진핵생물의 움직임에 관여하는 세포는 (나)이다.

ㄴ. 같은 종류의 세포로 구성되어 있던 군체로부터 영양 세포와 운동 세포로 구성된 다세포 진핵생물이 만들어졌으므로 과정 ㉠에서 세포의 분화가 일어났다.

**오답피하기** > ㄷ. 산소 호흡 생물은 진핵생물이 출현하기 이전에 출현하였으므로 과정 ㉡ 이전에 출현했다.

### 테마별 수능 심화문제

본문 80~81쪽

09 ②

10 ②

11 ②

12 ⑤

## 09

**예설** | 밀리의 실험에 넣어준 혼합 기체에는  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$  등이 있으며, 이 혼합 기체의 성분은 화학 반응으로 농도가 점차 감소한다. 화학 반응의 결과 아미노산과 같은 간단한 유기물이 합성된다.

**정답맞이기** > ㄴ. 혼합 기체에는 환원성 기체인 메테인( $CH_4$ )이 포함되어 있다.

**오답피하기** > ㄱ. 시간에 따라 A의 농도가 감소하고 있으므로 A는 아미노산이 아닌 암모니아이다.

ㄷ. 실험 결과 U자관에서는 아미노산과 같은 간단한 유기물이 관찰되었으며, 코아세르베이트와 같은 유기물 복합체는 관찰되지 않았다.

## 10

**예설** | 원핵생물과 진핵생물 중 지구에 먼저 출현한 것은 원핵생물이다. 그러므로 ㉠은 원핵생물, ㉡은 단세포 진핵생물이다. 미토콘드리아는 세포 내 공생 과정을 거쳐 출현하였다.

**정답맞이기** > ㄷ. ㉡은 단세포 진핵생물이다. 광합성으로 산소를 발생시키는 클로렐라는 대표적인 단세포 진핵생물이다.

**오답피하기** > ㄱ. (나)는 호기성 세균이 세포 내 공생을 통해 미토콘드리아로 형성되는 과정이다. 구간 I은 호기성 세균이 출현하기 전이므로 (나)는 구간 I 이후에 일어났다.

ㄴ. ㉠은 원핵생물, ㉡은 단세포 진핵생물이다. 그러므로 ㉠은 미토콘드리아를 가지지 않는다.

## 11

**예설** | 광합성 세균의 광합성으로 대기 중  $O_2$ 의 농도가 증가한 후  $O_2$ 를 이용하는 호기성 세균이 출현하였다. A는 광합성 세균, B는 호기성 세균이다.

**정답맞이기** > ㄴ. B는 호기성 세균으로  $O_2$ 를 이용하여 유기물을 분해하고 에너지를 얻는다. 그러므로 B에서 (가)가 일어난다.

**오답피하기** > ㄱ. A는 광합성 세균으로 독립 영양 생물이다.

ㄷ. (나)는 광합성으로 육상 생물이 출현하기 이전에 광합성 세균에 의해 일어난 물질대사이다.

## 12

**예설** | 진핵생물에 존재하는 막으로 둘러싸인 세포 소기관 형성에 관한 가설에는 세포막 함입설(막 진화설)과 세포 내 공생설이 있다. 핵이나 소포체는 세포막 함입을 통해, 미토콘드리아와 엽록체는 세포 내 공생을 통해 형성되었을 것으로 추정하고 있다.

**정답맞이기** > ㄱ. ㉠에서 ㉡으로 진화되는 과정에서 세포막 함입이 일어나 막으로 이루어진 세포 내 구조가 형성되었다.

ㄴ. A는 세포 내 공생을 통해 미토콘드리아로 분화되는 호기성 세균이다.

ㄷ. B는 광합성 세균이다. 광합성 세균은 자신에게 필요한 양분을 스스로 합성하는 독립 영양 생물이다.

THEME  
11

## 생물의 진화

★ **달은 끝 문제로 유형 익히기** ★

본문 83쪽

정답 ④

**예설** | (가)는 진화에 대한 비교해부학적 증거, (나)는 화석상의 증거, (다)는 생화학 및 분자생물학적 증거이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 박쥐의 날개와 사람의 팔은 발생 기원이 같으므로 상동 기관이다.

ㄴ. (나)는 화석을 통해 인류의 진화 과정을 분석하는 것이므로 진화에 대한 화석상의 증거이다.

**오답짜이기** > ㄷ. 단백질에서 아미노산의 차이를 이용해 사람과 참치의 유연관계는 사람과 개구리의 유연관계보다 멀다는 것을 알 수 있다.

테마별 수능 필수유제

본문 84~85쪽

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

### 01

**예설** | 수생 포유류인 현생 고래는 육상 동물에서 진화하였다. 수생 환경에 적합하게 뒷다리는 퇴화하고 앞다리는 지느러미로 변했다. 이러한 과정은 고래 조상 종의 화석을 통해 알 수 있다.

**정답맞이기** > ㄱ. 현생 고래와 조상 종의 화석을 통해 고래의 진화 과정을 알 수 있으므로 이는 진화에 대한 화석상의 증거이다.

ㄴ. 고래는 사지를 가지고 육상 생활을 하던 파키세투스에서 진화하였다. 파키세투스로부터 다리가 없는 현생 고래로 진화하는 과정에서 뒷다리는 퇴화하였다.

ㄷ. 고래의 가슴지느러미와 박쥐의 날개는 발생 기원이 같은 상동 기관이다.

### 02

**예설** | 발생 기원이 같은 상동 기관은 기본적으로 비슷한 구조와 기능을 가지지만 서로 다른 환경에 적응하여 다른 구조와 기능을 가지기도 한다. 발생 기원이 다르지만 유사한 환경에 적응하여 유사한 구조와 기능을 갖는 기관을 상사 기관이라고 한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 사람의 팔과 도마뱀의 앞다리는 발생 기원이 같다.

**오답짜이기** > ㄴ. 완두의 덩굴손은 잎이 변형된 것이고, 포도의 덩굴손은 줄기가 변형된 것이다. 잎과 줄기가 구조와 기능이 유사한 덩굴손을 형성하였으므로 완두의 덩굴손과 포도의 덩굴손은 상동 기관이 아닌 상사 기관이다.

ㄷ. (가)와 (나)는 모두 진화에 대한 생물지리학적 증거가 아닌 비교해부학적 증거이다.

### 03

**예설** | 공통 조상으로부터 분화된 두 종은 분화 초기에는 DNA 염기 서열과 단백질의 아미노산 서열이 크게 차이나지 않지만 시간이 지날수록 서열의 차이가 커진다. 사람과 유연관계가 가까운 붉은털원숭이는 단백질 (가)의 아미노산 서열이 크게 차이나지 않지만 유연관계가 먼 개구리는 아미노산 서열이 크게 차이난다.

**정답맞이기** > ㄱ. 유연관계가 가까울수록 두 종에서 동일한 기능을 하는 단백질의 아미노산 서열 차이가 적은 것은 진화에 대한 생화학 및 분자생물학적 증거(분자진화학적 증거)이다.

**오답짜이기** > ㄴ. 사람과 개구리가 공통 조상으로부터 분화된 시기 이후에 사람과 붉은털원숭이가 공통 조상으로부터 분화되었다. 두 종이 공통 조상으로부터 분화된 시간이 오래될수록 아미노산의 차이는 크다.

ㄷ. 자료를 통해 사람과 다른 생물 사이의 유연관계를 비교할 수 있지만 붉은털원숭이와 개나 개구리와 개의 유연관계는 비교할 수 없다.

### 04

**예설** | 지구 형성 시기부터 현재까지의 지질 시대는 시생 이언, 원생 이언, 현생 이언으로 구분된다. 시생 이언에서는 최초의 생물이 출현하였으며, 원생 이언에서는 최초의 진핵생물이 출현하였다. 시생 이언과 원생 이언을 선캄브리아대라고 한다. 현생 이언은 고생대, 중생대, 신생대로 구분된다.

**정답맞이기** > ㄱ. ③은 지구 형성 시기에는 대기 중 농도가 매우 낮으며, 원생 이언에서 일어난 활발한 광합성으로 농도가 증가하는 O<sub>2</sub>이다. O<sub>2</sub>는 미토콘드리아에서 세포 호흡에 이용된다.

ㄷ. 겉씨식물은 현생 이언에 속하는 고생대에 출현하였다.

**오답짜이기** > ㄴ. 무산소 호흡 종속 영양 생물이 광합성 세균보다 먼저 출현하였으므로 (가)는 무산소 호흡 종속 영양 생물, (나)는 광합성 세균이다.

### 05

**예설** | 속씨식물이 번성한 시기는 신생대, 공룡이 번성한 시기는 중생대, 단세포 진핵생물이 출현한 시기는 원생 이언이다.

**정답맞이기** > ㄴ. 공룡이 번성한 시기는 중생대이며 중생대에 포유류가 출현하였다.

ㄷ. (가)는 신생대에, (나)는 중생대에, (다)는 원생 이언에 일어난 사건이므로 사건이 일어난 순서는 (다) → (나) → (가)이다.

**오답짜이기** > ㄱ. 속씨식물이 번성한 시기는 현생 이언에 속하는 신생대이다.

### 06

**예설** | 수중 생활을 하던 동물이 육상 생활을 하는 생물로 진화하였다는 여러 가지 증거 중 대표적인 증거가 턱타알릭의 화석이다. 턱타알릭은 수생 동물의 특징과 육상 동물의 특징을 모두 가져 육상 동물의 진화 과정에 출현한 생물로 판단하고 있다.

**정답맞이기** > ㄱ. 턱타알릭의 화석은 생물의 진화 과정을 보여주는 대표적인 화석상의 증거이다.

**오답피하기** > 나. 공룡은 중생대에 번성하였으며, 턱타알릭이 서식한 고생대에는 출현하지 않았다.  
 다. 매머드는 신생대에 출현한 생물로 턱타알릭 이후에 출현하였다.

**07**

**예설** | 동물의 혈청에는 다양한 단백질이 포함되어 있다. 사람의 혈청 단백질을 토끼에 주사하면 토끼에서 사람의 단백질에 대한 항체가 형성된다. 이 항체를 다양한 동물의 혈청과 섞으면 항체에 결합하는 단백질이 많을수록 침전율이 높다. 높은 침전율은 동물과 사람이 공통으로 갖는 단백질이 많다는 증거이며 사람과 공통으로 갖는 단백질이 많을수록 유연관계가 가깝다.

**정답맞이기** > 나. 침전율이 높을수록 사람과 동물이 공통으로 갖는 단백질의 비율이 높다. 공통 조상으로부터 분화된 시기가 현재와 가까울수록 두 생물이 공통으로 갖는 단백질의 비율이 높다. 침전율이 97%인 침팬지가 8%인 돼지보다 사람과의 유연관계가 가깝다.

다. 사람의 혈청 단백질을 토끼에 넣어 형성시킨 항체가 고릴라의 혈청 단백질과 반응하여 침전되었으므로 고릴라의 혈청과 사람의 혈청에는 동일한 단백질이 있다.

**오답피하기** > 가. 항원 항체 반응으로 인한 침전율이 유연관계가 높을수록 높게 나타나는 것은 진화에 대한 생화학 및 분자생물학적(분자진화학적) 증거이다.

**08**

**정답맞이기** > 가. (가)는 유인원, (나)는 인류이다.

**오답피하기** > 나. 뇌 용량은 유인원에 비해 인류가 더 크며, 인류도 뇌 용량이 커지는 방향으로 진화하였다.

다. 인류는 유인원에 비해 직립 보행에 유리한 골격 구조를 가지므로 (가)와 (나) 중 직립 보행에 유리한 골격 구조를 갖는 생물은 (나)이다.

이다.

나. (가)는 사람과 아미노산 차이가 가장 많이 나므로 (가)~(다) 중 사람과 유연관계가 가장 멀다.

**10**

**예설** | 핵심 조절 유전자는 생물의 초기 발생에서 발현되어 몸의 구조 결정과 기관 형성에 중요한 역할을 한다. 서로 다른 생물인 초파리와 쥐에는 공통적으로 발현되는 핵심 조절 유전자가 있다.

**정답맞이기** > 가. 서로 다른 생물에서 공통으로 발현되는 핵심 조절 유전자가 존재하는 것은 진화에 대한 진화발생학적 증거이다.

**오답피하기** > 나. 쥐의 핵심 조절 유전자는 여러 개의 염색체에 존재한다.

다. 핵심 조절 유전자는 초파리의 배아와 성체에 모두 존재한다.

**11**

**예설** | 지형의 변화로 인해 생물 집단이 지리적으로 격리되면 두 집단은 서로 다른 방향으로 진화할 수 있으며, 서로 다른 두 종으로 분화될 수 있다.

**정답맞이기** > 다. 새로운 지형의 형성으로 두 바다 사이에서 일어난 지리적 격리는 B와 C가 분화된 것과 같은 진화의 요인으로 작용할 수 있다.

**오답피하기** > 가. 계통수를 통해 A와 B의 종 분화가 먼저 일어나고 A와 C의 종 분화가 이후에 일어났음을 알 수 있다.

나. 두 종이 분화된 시점이 현재와 가까울수록 유연관계가 가깝다. 그러므로 A와 B의 유연관계는 A와 C의 유연관계보다 멀다.

**12**

**예설** | 인류가 진화하는 과정에서 다양한 초기 인류가 출현하고 멸종하였다. 인류는 진화를 거듭하며 뇌 용량이 커지고 정교한 운동 능력이 발달되었다.

**정답맞이기** > 가. (가)는 호모(Homo)속에 속하는 최초의 인류로, 호모 하빌리스이다.

나. (나)는 호모 에렉투스로, 호모(Homo)속에 속한다.

다. 오스트랄로피테쿠스는 직립 보행을 하였다.

**테마별 수능 심화문제**

본문 86~87쪽

09 ②

10 ①

11 ②

12 ⑤

**09**

**예설** | 두 종이 분화된 후 현재까지의 시간이 길수록 두 종이 공통으로 갖는 단백질의 아미노산 서열 차이는 크다. 제시된 아미노산 서열에서 사람과 가장 차이가 큰 동물은 (가)이고 가장 차이가 적은 동물은 (나)이다. 유연관계는 두 종이 분화된 후 현재까지의 시간이 길수록 멀다.

**정답맞이기** > 다. (다)와 사람의 아미노산 서열 차이가 (나)와 사람의 아미노산 서열 차이보다 크므로 (나)와 사람의 유연관계는 (다)와 사람의 유연관계보다 가깝다.

**오답피하기** > 가. 두 종의 유연관계가 가까울수록 아미노산 서열 차이가 적은 것은 진화에 대한 생화학 및 분자생물학적(분자진화학적) 증거

# 12

## 생물의 분류와 계통

### \* 짧은 끝 문제로 유형 익히기 \*

본문 89쪽

#### 정답 ⑤

**예설** | 학명은 속명과 종소명을 함께 쓴다. 같은 속에 속하는 두 종은 모두 같은 과와 같은 목에 속한다.

**정답맞이기** > ㄱ. (가)~(라)는 2개의 목에 속하고, (다)와 (라)가 서로 같은 속에 속하므로 (가)와 (나)는 식육목에, (다)와 (라)는 말목에 속한다. ①과 ②은 각각 (다)와 (라) 중 하나이며, 모두 말목에 속한다.

ㄴ. ③은 (가)와 유연관계가 가장 가까운 (나)이다. (나)는 고양이과에 속한다.

ㄷ. (다)와 (라)는 같은 속에 속하고, (다)와 (나)는 다른 속에 속하므로 (다)와 (라)의 유연관계는 (다)와 (나)의 유연관계보다 가깝다.

### 테마별 수능 필수유제

본문 90~91쪽

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

### 01

**예설** | 생물을 진화 계통에 따라 분류한 것을 자연 분류, 사람의 활용 가능성이나 서식지와 같이 인위적인 기준으로 분류한 것을 인위 분류라고 한다.

**정답맞이기** > B. 비종자 식물에서 종자 식물이 분화되었으므로 종자 형성 여부는 식물을 진화 계통으로 분류하는 데 중요한 형질이다. 종자 형성 여부를 이용해 생물을 분류하는 것은 자연 분류이다.

**오답맞이기** > A. 사람이 먹을 수 있는 것과 먹을 수 없는 것은 버섯의 진화 계통과는 무관하므로 섭식 가능성으로 분류하는 것은 인위 분류이다. C. 수생 동물이 육상 동물로 진화하기도 하고 육상 동물이 수생 동물로 진화하기도 하였으므로 동물을 수생 동물과 육상 동물로 분류하는 것은 인위 분류이다.

### 02

**예설** | 학명은 린네가 제안한 이명법으로 표기한다. 이명법은 생물의 학명을 속명과 종소명을 병기하여 나타내는 방법이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 고구마의 학명은 속명+종소명+명명자로 나타내었다. 속명과 종소명을 병기하는 방식은 이명법이다.

ㄴ. 고구마와 나팔꽃은 속명이 같으므로 같은 속에 속한다. 하위 분류 단계인 속이 같으므로 이보다 상위 분류 단계인 과도 서로 같다.

**오답맞이기** > ㄷ. *Lycopersicon*은 토마토의 종소명이며, 명명자는 자료에서 생략되어 있다.

### 03

**예설** | 두 종의 유연관계가 가까울수록 두 종이 분화된 기간이 짧고, 공유하는 특징이 많다. B와 가장 많은 특징을 공유하는 E가 B와 유연관계가 가장 가까운 생물이며 A와 가장 많은 특징을 공유하는 D가 A와 유연관계가 가장 가까운 생물이다. 이를 이용하여 가장 적절한 계통수를 결정할 수 있다.

### 04

**예설** | 생물학적으로 서로 다른 두 종은 교배를 통해 생식 능력이 있는 자손을 낳을 수 없다. 두 생물이 교배를 통해 생식 능력이 있는 자손을 낳을 수 있으면 두 생물은 생물학적으로 같은 종이다.

**정답맞이기** > ㄴ. 풍산개와 진돗개 사이에서 태어난 풍진개는 생식 능력이 있다. 그러므로 풍산개와 진돗개는 생물학적으로 같은 종이며 속명도 서로 같다.

**오답맞이기** > ㄱ. 호랑이와 사자 사이에서 태어난 타이곤은 생식 능력이 없다. 그러므로 호랑이와 사자는 생물학적으로 다른 종이다.

ㄷ. 당나귀와 말은 염색체 수가 서로 다르지만 교배가 가능하다. 이들 사이에서 태어난 노새에서는 감수 분열을 통한 생식 세포 형성이 불가능하다.

### 05

**예설** | 학명은 속명과 종소명을 병기하는 이명법을 사용한다. 하위 분류 단계인 속명이 서로 같으면 상위 분류 단계인 과명도 서로 같다.

**정답맞이기** > ㄴ. (나)와 (라)는 모두 벼목에 속하므로 상위 분류 단계인 강도 서로 같다.

ㄷ. (가)와 (나)는 속명이 같고 (나)와 (다)는 속명이 다르므로 (가)와 (나)의 유연관계는 (나)와 (다)의 유연관계보다 가깝다.

**오답맞이기** > ㄱ. (가)와 (나)는 같은 속에 속하므로 벼과에 속한다.

### 06

**예설** | 두 종이 분화된 시기가 길수록 두 종의 유연관계는 멀다.

**정답맞이기** > ㄱ. F와 가장 최근에 분화된 생물이 B이므로 F와 유연관계가 가장 가까운 종은 B이다.

ㄴ. C와 E가 동일한 과에 속하므로 C와 E가 분화된 이후 분화된 D는 C와 동일한 과에 속한다.

ㄷ. C와 F는 동일한 목에 속하므로 C와 F가 분화된 이후 분화된 B와 E는 동일한 목에 속한다. 하위 분류 단계인 목이 서로 같으므로 상위 분류 단계인 강이 서로 같다.

### 07

**예설** | 참치와 유연관계가 가장 가까운 C는 오징어이고, 유연관계가 가장 먼 A가 대장균이다. B는 극호염균(호염성 고세균)이다.

**정답맞이기** > ㄴ. 대장균(A)과 극호염균(호염성 고세균)(B)에는 핵막이 없고, 참치와 오징어(C)에는 핵막이 있으므로 '핵막이 있음'은 (가)에 해당한다.

ㄷ. C는 분류 특징 (가)와 (나)를 모두 갖는다.

**오답피하기** > ㄱ. A는 세균역(진정세균역)에 속하는 대장균이고, B는 고세균역에 속하는 극호염균(호염성 고세균)이다.

## 08

**예설** | 검색표는 주요 분류 특징을 이용해 생물을 분류하고 생물 사이의 유연관계를 파악하는 데 이용한다. B는 C와 같이 핵막과 엽록체를 모두 가지므로 C와 유연관계가 가장 가깝다. A는 C와 달리 핵막과 엽록체가 모두 없으므로 C와 유연관계가 가장 멀다.

### 테마별 수능 심화문제

본문 92~93쪽

09 ④

10 ⑤

11 ①

12 ②

## 09

**예설** | (가)와 속명이 같은 (다)가 (가)와 유연관계가 가장 가까운 A이다. (가)와 가장 유연관계가 먼 C는 서로 다른 목에 속한다. (가)가 말목에 속하므로 C는 소목에 속하는 (나)이다.

**정답맞이기** > ㄴ. 4종의 생물은 2개의 목에 속하므로 (가), A, B가 같은 목에 속하고, C가 다른 목에 속한다. (가)가 말목에 속하므로 B도 말목에 속한다.

ㄷ. (라)는 B, (나)는 C이다. 그러므로 (가)와 (라)의 유연관계는 (가)와 (나)의 유연관계보다 가깝다.

**오답피하기** > ㄱ. (가)와 유연관계가 가장 가까운 A는 (가)와 속명이 서로 같은 (다)이다. (가)와 A는 모두 *Equus*속 속한다.

## 10

**예설** | (가)와 제시된 염기 서열에서 차이나는 염기의 수는 (나)가 4, (다)가 1, (라)가 5, (마)가 3이다. 그러므로 (다)가 IV, (라)가 III, (나)가 II, (마)가 I이다.

**정답맞이기** > ㄱ. III은 (라)이다.

ㄴ. (마)와 (나)의 염기 서열 차이는 ④이므로 ④은 42번 뉴클레오타이드에서 일어난 염기 치환이다. ④은 피리미딘 계열 염기인 T이 퓨린 계열 염기인 A으로 치환된 것이다.

ㄷ. (다)는 IV, (나)는 II이다. 그러므로 (가)와 (다)의 유연관계는 (가)와 (나)의 유연관계보다 가깝다.

## 11

**예설** | 식물 종 A~E는 꽃잎의 수, 꽃잎의 색, 잎의 모양, 잎의 배열, 가시의 유무 등에서 차이가 난다. 이러한 특징을 이용해 생물을 분류할 수 있다.

**정답맞이기** > ㄱ. ㉠은 A~D는 갖고, E는 갖지 않는 특징이다. A~D는 꽃잎이 4개이고, E는 꽃잎이 5개이므로 '꽃잎이 4개임'은 특징 ㉠에 해당한다.

**오답피하기** > ㄴ. A와 B가 하나의 속에, C와 D는 또 다른 속에 속한다.

E는 A~D와 다른 과에 속하므로 다른 속에 속한다. 그러므로 A~E는 3개의 속에 속한다.

ㄷ. A와 E는 다른 과에 속하고, A와 D는 같은 과에 속하므로 A와 E의 유연관계는 A와 D의 유연관계보다 멀다.

## 12

**예설** | 생물은 크게 세균역(진정세균역), 고세균역, 진핵생물역으로 나눌 수 있다. 진핵생물역에는 원생생물계, 식물계, 균계, 동물계가 있다. (가)는 개구리와 유연관계가 가장 먼 대장균, (다)는 개구리와 유연관계가 가장 가까운 효모이다. (나)는 메테인 생성균이다.

**정답맞이기** > ㄷ. (다)는 효모이다. 효모와 개구리의 유연관계는 효모와 소나무의 유연관계보다 가깝다.

**오답피하기** > ㄱ. 대장균, 메테인 생성균, 효모는 모두 세포벽이 있으므로 '세포벽이 존재함'은 ㉠에 해당하지 않는다.

ㄴ. (가)는 세균역(진정세균역)에 속하는 대장균, (나)는 고세균역에 속하는 메테인 생성균이다.

THEME  
13

생물의 다양성

\* 답은 끝 문제로 유형 익히기 \*

본문 96쪽

정답 ⑤

**예설** | 미역과 장미는 독립 영양 생활을 하고, 송이버섯과 아메바는 종속 영양 생활을 한다. 미역과 송이버섯은 포자로 번식하고, 미역과 아메바는 각각 원생생물계의 갈조류와 아메바류에 속한다.

따라서 A는 미역, B는 장미, C는 송이버섯, D는 아메바이다.

**정답맞이기** ㄱ. 미역(A)과 장미(B)는 모두 독립 영양 생활을 하는 생물로 엽록소 a를 가진다.

ㄴ. 송이버섯(C)은 균계에 속하는 다세포 생물로 몸이 균사로 되어 있다.

ㄷ. 아메바(D)는 원생생물계에 속한다. 원생생물계는 진핵생물에 속하여 핵막을 가진다.

테마별 수능 필수유제

본문 97~98쪽

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

01

**예설** | 분류 체계에서 A는 진정세균계(세균계), B는 고세균계, C는 균계, D는 동물계이다. 특징에 따라 정리하면 표와 같다.

구분	핵막	세포벽	펩티도글리칸
㉠/B 고세균계	없음	있음	없음
㉡/C 균계	있음	있음	없음
㉢/D 동물계	있음	없음	없음
㉣/A 진정세균계(세균계)	없음	있음	있음

**정답맞이기** ㄱ. 고세균계(㉠)와 진정세균계(세균계)(㉣)는 모두 핵막이 없는 원핵생물에 해당한다. 하지만 고세균은 전사와 번역에 관여하는 유전자가 진핵생물과 유사하기 때문에 진정세균계(세균계)와 다른 계통으로 분류된다. 따라서 원생생물계와 고세균계(㉠)의 유연관계는 원생생물계와 진정세균계(㉣)의 유연관계보다 가깝다.

ㄴ. 균계(㉡)는 단세포 생물인 효모와 다세포 생물인 버섯을 포함한다. 따라서 C에 해당한다.

**오답맞이기** ㄷ. ㉢은 동물계로, 광합성을 할 수 있는 생물을 포함하지 않는다.

02

**예설** | 대장균과 흔들말은 모두 진정세균계(세균계)에 속하는 단세포 원핵생물이다. 영양 방식에 따라 대장균은 종속 영양 세균, 흔들말은 독립 영양 세균으로 구분한다.

**정답맞이기** ㄱ. '영양 방식은 종속 영양이다.'는 대장균만의 특징으로 ㉠에 해당한다.

ㄴ. 대장균과 흔들말은 모두 진정세균계(세균계)에 속하며, 핵막이 없는 원핵생물이다.

**오답맞이기** ㄷ. 무기물을 산화시켜 얻은 화학 에너지를 이용해 유기물을 합성하는 것은 화학 합성 세균의 특징이다. 흔들말은 광합성 세균에 속한다.

03

**예설** | 주어진 자료에서 아메바는 종속 영양 생물이면서 단세포 생물이고, 위족을 내어 이동한다. 짙신벌레는 단세포 생물이면서 종속 영양 생활을 하며 섬모로 이동한다. 돌말, 다시마는 독립 영양 생활을 하며, 돌말은 단세포 생물이고 다시마는 다세포 생물이다. 일부 원생생물계의 특징을 구분하면 표와 같다.

구분	독립 영양			종속 영양	
	엽록소 a, b	엽록소 a, c	엽록소 a, d	섬모로 이동	위족으로 이동
진핵 세포	다세포 단계	녹조류	갈조류	홍조류	
	단세포 단계	녹조류 유글레나류	구조류		짙신벌레 아메바류

**정답맞이기** ㄷ. 돌말은 단세포 생물이고, 다시마는 다세포 생물이다. 따라서 '단세포 생물이다.'는 (다)에 해당한다.

**오답맞이기** ㄱ. 아메바와 짙신벌레는 편모를 형성하지 않는다. 따라서 '편모를 형성한다.'는 (가)를 만족시키는 특징이 아니다.

ㄴ. 아메바와 짙신벌레는 모두 종속 영양 생활을 한다. 따라서 '종속 영양 생활을 한다.'는 (나)에 해당하지 않는다.

04

**예설** | 그림에서 ㉠은 격벽이 있는 자낭균류와 담자균류를, ㉡는 격벽이 없는 접합균류의 균사 구조를 나타내고 있다. 표에서 ㉠은 접합 포자를 형성하므로 접합균류의 특징이고, ㉡은 담자 포자를 형성하므로 담자균류의 특징이다.

**정답맞이기** ㄱ. 접합균류는 격벽이 없으며 접합 포자를 형성한다. 따라서 ㉡의 생물은 ㉠을 형성한다.

ㄴ. 버섯은 담자 포자를 형성하며, 대표적인 예로 송이버섯과 표고버섯이 있다.

ㄷ. ㉠의 구조를 가지면서 ㉡을 형성하지 않는 생물은 자낭균류이다. 자낭균류는 대개 분생 포자를 만들어 무성 생식을 하지만 자낭 포자를 만들어 유성 생식을 하기도 한다.

05

**예설** | 솔이끼는 선태식물로, 습지에 살며 육상으로 옮겨 가는 식물 진화의 중간 단계이다. 포자로 번식하고 관다발이 없으며 생활사의 대부분을 배우체(n) 상태로 보내며, 포자체(2n)에서 감수 분열에 의해 포자(n)를 형성한다.

**정답맞이기** ④ A는 선태식물의 배우체로, 엽록소 a와 b를 모두 가지고 있다.

**오답맞이기** ① 포자를 만드는 (가)에서는 감수 분열이 일어난다.

② 선태식물은 수중 생활에서 육상 생활로 옮겨가는 중간 단계에 해당한다.

- ③ 선태식물은 관다발을 가지지 않는다.
- ⑤ B는 포자체이다.

### 06

**예설** | (가)의 계통수에서 속씨식물에 대해 유연관계가 가까운 순으로 분류군을 구분하면 A는 선태식물, B는 양치식물, C는 겉씨식물이다. 또한 (나)에서 ㉠ 시기는 고생대, ㉡ 시기는 중생대, ㉢ 시기는 신생대이다. 중생대(㉡)에는 공룡과 함께 겉씨식물이 번성하였다.

**정답맞이기** > 가. '씨(종자)로 번식한다.'는 선태식물과 양치식물에는 없고, 겉씨식물과 속씨식물에 있는 특징인 ㉠에 해당한다.

**오답피하기** > 나. 바다에서 남세균의 광합성에 의해 방출된 산소에 의해 최초의 오존층이 형성된 이후 생물이 육상에 진출하였다.

다. 겉씨식물(C)이 ㉡ 시기에 가장 번성하였다. 고생대(㉠)에는 양치식물(B)이, 신생대(㉢)에는 속씨식물이 번성하였다.

### 07

**예설** | 6종류의 동물문은 모두 3배엽성 동물이다. 3배엽성 동물에는 자포동물과 해면동물을 제외한 동물들이 포함된다. A에는 절지동물, 환형동물, B에는 척삭동물, 극피동물, C에는 선형동물, 편형동물이 포함된다.

**정답맞이기** > 다. 편형동물과 선형동물은 모두 중배엽을 가진다.

**오답피하기** > 가. 해파리는 자포동물이므로 A에 속하지 않는다.

나. B에는 평생 중 척삭을 갖는 척삭동물도 있지만 척삭이 없는 극피동물도 포함되어 있다.

### 08

**예설** | 주어진 자료에서 (가)는 양서류인 개구리, (나)는 조류인 참새에 해당한다. 포유류만이 갖는 특징 A에는 '새끼에게 젖을 먹인다.'가 있다.

**정답맞이기** > 가. '새끼에게 젖을 먹인다.'는 포유류만이 갖는 특징 A에 해당한다.

나. 척추동물인 (가)와 (나)는 모두 척삭동물문에 속하며, 척삭동물과 극피동물은 후구동물에 속한다.

다. 개구리(가)와 참새(나)는 모두 알을 낳아 번식한다.

#### 테마별 수능 심화문제

본문 99~100쪽

- 09 ④
- 10 ⑤
- 11 ⑤
- 12 ①

### 09

**예설** | 주어진 특징과 자료를 정리하면 표와 같다. A는 장미, B는 거미, C는 대장균이다.

구분	A(장미)	B(거미)	C(대장균)
I (중속 영양 생물이다.)	×	○	○
II (핵막이 있다.)	○	○	×
III (관다발이 있다.)	○	×	×

(○ : 있음, × : 없음)

**정답맞이기** > 나. 거미(B)는 절지동물에 속하므로 중배엽성 조직으로 완전히 둘러싸인 진체강을 가진다.

다. II는 거미와 장미가 가지는 특징이다. 거미와 장미는 진핵생물이므로 핵막을 가진다.

**오답피하기** > 가. 다세포 생물은 장미(A)와 거미(B)이고, 대장균(C)은 단세포 생물이다.

### 10

**예설** | 주어진 특징을 구분하여 정리하면 표와 같다. A는 녹조류, B는 선태식물, C는 양치식물에 속한다.

구분	A(해캄)	B(솔이끼)	C(고사리)
I (엽록소 a, b가 있다.)	○	○	○
II (포자로 번식하는 식물이다.)	×	○	○
III (관다발이 있다.)	×	×	○

(○ : 있음, × : 없음)

**정답맞이기** > 가. A는 해캄으로, 세포벽에 셀룰로스를 가진다.

나. II는 고사리, 솔이끼와 녹조류인 해캄을 구분하는 특징으로 '포자로 번식하는 식물이다.'가 해당한다.

다. 고사리(C)와 솔이끼(B)의 유연관계는 고사리(C)와 해캄(A)의 유연관계보다 가깝다.

### 11

**예설** | ㉠은 균류 전체를 포함하는 특징이며, ㉡은 자낭균류와 C를 포함하는 특징이다. 자낭균류와 함께 묶일 수 있는 C는 담자균류이며, ㉠에는 '격벽이 있다.'를 넣을 수 있다. A는 접합균류이다.

**정답맞이기** > 가. 검은빵곰팡이는 균사에 격벽이 없고, 환경이 생존에 불리할 때 접합 포자를 형성할 수 있어 접합균류에 속한다.

나. (나)의 균사에 있는 ㉡는 격벽이다. 접합균류는 격벽이 없는 균사로 이루어져 있으며, 담자균류와 자낭균류는 격벽이 있는 균사로 이루어져 있다. 따라서 '㉡가 존재한다.'는 ㉠에 해당한다.

다. 균계에 속하는 생물들은 광합성을 할 수 없으며 생태계에서 분해자 역할을 하는 중속 영양 생물이다. 따라서 '중속 영양 생물이다.'는 ㉠에 해당한다.

### 12

**예설** | A는 양서류, B는 파충류, C는 조류, D는 포유류이다.

**정답맞이기** > 가. A는 양서류이며, 진체강을 가진다. 양서류 이외에도 모든 척추동물은 진체강을 가진다.

**오답피하기** > 나. 유생 시기에 아가미로 호흡하는 것은 양서류(A)의 특징이다.

다. 피부가 비늘로 덮여 있는 것은 어류와 파충류(B)의 특징이다.

# 14

## 개체군의 진화

\* 달은 꼰 문제로 유형 익히기 \*

본문 103쪽

정답 ④

**정답맞이기** 유전자 A\*의 빈도가 I에서 0.4, II에서 0.2이므로, III에서 대립 유전자 A\*의 빈도는  $0.4 \times 0.4 + 0.2 \times 0.6 = 0.28$ 이다. 따라서 III에서 대립 유전자 A의 빈도는  $1 - 0.28 = 0.72$ 가 된다. 만약 A\*가 열성이면 III의 2세대에서 F<sub>1</sub>이 회색 몸을 가질 확률은  $0.28^2 = 0.0784$ 이고, A\*가 우성이면 III의 2세대에서 F<sub>1</sub>이 회색 몸을 가질 확률은  $0.28^2 + 2 \times 0.28 \times 0.72 = 0.4816$ 이다. 따라서 조건을 만족하는 경우는 A\*는 열성, A는 우성인 경우이다.

III의 2세대에서 대립 유전자 A의 비율을 p<sub>3</sub>, A\*의 비율을 q<sub>3</sub>라고 하자. III의 2세대에서 검은색 몸 암컷은 유전자형이 AA 또는 AA\*이다. 이때 AA일 경우 자손 중 회색 몸을 가진 개체는 나오지 않는다. 그러므로 계산식은 검은색 몸 암컷의 유전자형이 AA\*일 확률  $\times$  자손의 유전자형이 A\*A\*일 확률  $= \frac{2p_3q_3}{p_3^2 + 2p_3q_3} \times \frac{1}{4} = \frac{7}{64}$ 이다. 따라서 III의 2세대에서 유전자형이 AA\*인 수컷이 임의의 검은색 몸 암컷과 교배하여 자손(F<sub>1</sub>)을 낳을 때, 이 F<sub>1</sub>이 회색 몸을 가질 확률은  $\frac{7}{64}$ 이다.

테마별 수능 필수유제

본문 104~105쪽

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

### 01

**해설** | 가물에 의한 핀치새의 부리 깊이에 대한 자연선택의 결과 핀치새 부리 깊이의 평균이 변화했다. 가물은 씨앗의 단단한 정도를 변화시켰고, 이에 핀치새 중에서 깊이가 깊은 부리를 갖는 핀치새만 살아남게 되었다.

**정답맞이기** > ㄴ. 가물에 의해 부리의 깊이가 깊은 핀치새가 깊이가 얇은 핀치새보다 생존에 유리하여 핀치새의 부리 깊이 평균이 변화했다.

**오답짜이기** > ㄱ. 가물 전 핀치새의 부리 깊이는 다양하였으므로, 변이가 존재하였다.

ㄷ. 섬에 사는 핀치새 집단에 자연선택이 작용해 부리 깊이의 평균이 변화하였으므로 유전자풀의 변화가 있었다. 즉, 하디-바인베르크 평형이 유지되지 않았다.

### 02

**해설** | 하디-바인베르크 법칙을 실제 집단 유전에 적용하기 위해서는

집단의 크기가 커야 하며, 다른 집단과의 유전자 흐름이 없어야 한다. 또한 집단 내에서 개체 간의 교배가 자유롭게 일어나야 하고, 돌연변이가 일어나지 않아야 한다. 특정 대립 유전자를 가진 개체에 대한 자연선택이 일어나지 않아야 하고, 집단 내 구성원의 생존력과 번식력이 동일해야 한다.

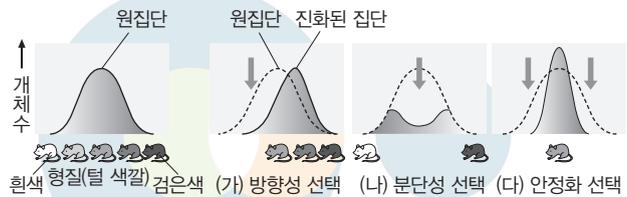
**정답맞이기** > ㄱ. ①은 열성이고, I에서 ①을 나타내는 개체의 비율은 0.01%이다. 즉, ① 대립 유전자(A\*)의 빈도를 q라고 하면  $q^2 = \frac{1}{10000}$ 이므로  $q = 0.01$ 이다. 따라서 정상 대립 유전자(A)의 빈도는  $0.99 (= 1 - q)$ 이다.

ㄴ.  $q^2 = \frac{1}{10000}$ 이므로, 유전자형이 A\*A\*인 개체수는  $3억 \times q^2 = 30000$ 이다.

ㄷ. 이 집단에서 ①을 발현하지 않는 개체 중 ① 대립 유전자(A\*)를 가진 개체는 전체 개체수  $\times 2 \times p \times q = 3억 \times 2 \times 0.99 \times 0.01 = 594$ 만이다.

### 03

**해설** | 자료는 가상의 동물을 설정해 생물에서 일어날 수 있는 자연선택의 유형을 제시한 것이다. 이를 나타내면 그림과 같다.



(가)는 방향성 선택으로 평균에서 벗어난 한쪽 극단의 특정 형질이 선택된 유형이며, (나)는 분단성 선택으로 양 극단의 형질을 가진 개체들이 선택된 유형이고, 세 유형 중 종 분화의 가능성이 가장 높다. (다)는 안정화 선택으로, 중간 정도의 형질을 나타내는 개체들이 선택된 유형이다.

**정답맞이기** > ㄱ. (가)는 흰색 형질이 도태되고 검은색 형질이 증가하는 결과가 될 것이다. 즉, 자연선택 중 방향성 선택이 일어날 수 있다.

**오답짜이기** > ㄴ. (나)는 자연선택에 의해 밝은색과 어두운색 바위에 맞는 형질만 남을 것이다. 즉, 자연선택이 일어나 이주 전 집단 X와 유전자풀이 달라진다.

ㄷ. (다)에서는 중간색 바위만 있으므로 중간색 털색을 가진 개체가 생존에 유리하다. 따라서 자연선택에 의해 털색이 중간색 표현형을 가진 개체의 비율이 증가한다.

### 04

**해설** | 주어진 자료에서 각 대립 유전자의 빈도를 계산하면 표와 같다.

구분	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
수	500	3000	1500
빈도	0.1	0.6	0.3

**정답맞이기** > ㄱ. 이 집단에서 대립 유전자 X<sub>2</sub>의 빈도는 X<sub>3</sub>의 빈도보다 높다.

ㄴ. 대립 유전자  $X_3$ 은 전체 5000개 중 1500개이므로,  $X_3$ 의 빈도는 0.3이다.

ㄷ. 이 집단에서 대립 유전자  $X_1$ 의 수는 대립 유전자  $X_2$ 의 수보다 작다. 따라서 이 집단에서  $X_1$ 을 가진 개체수는  $X_2$ 를 가진 개체수보다 작다.

### 05

**예설** | 모집단인 I에서 일부 개체만 분리되어 형성된 집단 II와 III에서 대립 유전자의 빈도가 어떻게 달라지는지 계산을 통해 알아보아야 한다. 집단 I에서 하디-바인베르크 평형이 유지되고 있을 때 A의 빈도가 0.5이고 a의 빈도가 0.5이다. 따라서 AA인 개체수가  $4000 \times 0.5^2 = 1000$ , Aa인 개체수가  $4000 \times 2 \times 0.5^2 = 2000$ , aa인 개체수가  $4000 \times 0.5^2 = 1000$ 이다. 여기서 집단 II의 1세대인 AA인 개체수 500, Aa인 개체수 200, aa인 개체수 300만큼 제한 것이 집단 III이므로, 개체수 3000인 집단 III에서 AA인 개체수가 500, Aa인 개체수가 1800, aa인 개체수가 700이다. A는 ㉠에 대해 정상 대립 유전자이다.

**정답맞이기** > ㄱ. III의 1세대에서 Aa인 개체수는 1800이고 I의 AA인 개체수는 1000이다. 따라서 III의 1세대에서 Aa인 개체수는 I의 AA인 개체수보다 많다.

ㄴ. 집단 III의 1세대에서 AA인 개체수는 500, Aa인 개체수는 1800, aa인 개체수는 700이다. 여기서 A의 빈도는  $\frac{2 \times 500 + 1800}{2 \times 3000} = \frac{7}{15}$ , a의 빈도는  $\frac{2 \times 700 + 1800}{2 \times 3000} = \frac{8}{15}$ 이다. 따라서 자유로운 교배 이후 III의 2세대에서 Aa인 개체의 비율은  $2 \times \frac{7}{15} \times \frac{8}{15}$ 로 AA인 개체의 비율  $(\frac{7}{15})^2$ 보다 높다.

**오답짜이기** > ㄷ. II의 1세대에서 A의 빈도는  $\frac{2 \times 500 + 200}{2 \times 1000} = 0.6$ , a

의 빈도는  $\frac{2 \times 300 + 200}{2 \times 1000} = 0.4$ 이다. 자유로운 교배를 거친 다음 2세대에서 ㉠을 발현한 개체수는  $1000 \times 0.4^2 = 160$ 이다. 따라서 II의 1세대에서 ㉠을 발현한 개체수 300은 2세대에서 ㉠을 발현한 개체수 160보다 많다.

### 06

**예설** | 주어진 자료에서 대립 유전자 A의 빈도가 증가하면서 검은색 몸 개체의 비율이 증가한다. 대립 유전자 A의 빈도가 0.5일 때, 검은색 몸 개체의 비율이 0.75이므로 A가 우성 대립 유전자이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 대립 유전자 A가 열성이라면 A의 빈도가 0.5일 때 검은색 몸 표현형이 나타나는 비율은 0.25(=0.5<sup>2</sup>)이어야 한다. 검은 몸 개체의 비율이 0.75이므로 대립 유전자 A는 A\*에 대해 우성이다. 즉, 이때 이론적인 비율인  $0.5 \times 0.5 + 2 \times 0.5 \times 0.5$ 를 만족시킨다.

ㄷ. A의 빈도가 0.25이면 A\*의 빈도는 0.75이므로 흰색 몸인 개체의 비율은  $0.75^2 = 0.5625$ 이다. A의 빈도가 0.75이면 A\*의 빈도는 0.25이므로 흰색 몸인 개체의 비율은  $0.25^2 = 0.0625$ 이다. A의 빈도

가 0.5일 때 A\*의 빈도도 0.5이므로 흰색 몸인 개체의 비율은  $0.5^2 = 0.25$ 이고 이를 2배 한 값은 0.5이다.  $0.5625 + 0.0625$ 는 0.5보다 크므로 개체수로 비교하면, A의 빈도가 0.25인 집단과 0.75인 집단에서 흰색 몸 개체의 수를 합한 값은 A의 빈도가 0.5인 집단에서 흰색 몸 개체의 수를 2배 한 값보다 크다.

**오답짜이기** > ㄴ. A의 빈도를 p, A\*의 빈도를 q라고 하면, A의 빈도가 A\* 빈도의 2배인 집단은  $p = 2q$ 이고  $p + q = 1$ 이므로  $p = \frac{2}{3}$ ,  $q = \frac{1}{3}$ 이다. 유전자형 빈도는 AA\*가  $2 \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{3}$ 이므로  $\frac{4}{9}$ 이고 A\*A\*에서  $\frac{1}{3} \times \frac{1}{3}$ 이므로  $\frac{1}{9}$ 이다. 따라서 A의 빈도가 A\* 빈도의 2배인 집단에서 유전자형 빈도는 AA\*가 A\*A\*의 4배이다.

### 07

**예설** | 주어진 자료를 토대로 각 세대의 대립 유전자 빈도를 계산한 결과는 표와 같다.

대립 유전자	R	R*
1세대	0.6	0.4
2세대	0.7	0.3
3세대	0.8	0.2

따라서 대립 유전자 R는 증가하고 R\*는 감소하는 유전자형의 변화가 진행되고 있다.

**정답맞이기** > ㄱ. 3세대 R의 빈도 =  $\frac{RR$ 인 개체수  $\times 2 + RR^*$ 인 개체수 / 전체 개체수  $\times 2$   
 $= \frac{640 \times 2 + 320}{1000 \times 2} = 0.8$ 이다. R\*의 빈도는 0.2이다.

**오답짜이기** > ㄴ. 1세대에서 3세대로 갈수록 R의 빈도는 커지고 R\*의 빈도는 작아진다.

ㄷ. 붉은색 형질이 증가하는 방향으로 자연선택이 이루어지고 있다.

### 08

**예설** | 주어진 자료에서 각 집단은 하디-바인베르크 평형을 이루고 있지 않으므로 각 대립 유전자의 빈도는 유전자형에 따른 개체수를 이용해 계산해야 한다. 대립 유전자 A의 빈도를 p, a의 빈도를 q라고 하면, 각 집단의 개체수는 200이므로 I과 II에서 각 대립 유전자의 빈도는 표와 같다.

대립 유전자 빈도	개체수	
	집단 I	집단 II
p	$0.55(= \frac{2 \times 90 + 40}{2 \times 200})$	$0.55(= \frac{2 \times 45 + 130}{2 \times 200})$
q	0.45	0.45

**정답맞이기** > ㄴ. II에서 a의 빈도는  $\frac{2 \times 25 + 130}{2 \times 200} = 0.45$ 이다.

**오답짜이기** > ㄱ. 두 집단에서 A의 빈도는 모두 0.55이므로 같다.

ㄷ. 개체수가 같은 I과 II가 섞이면, A의 빈도는 I과 II에서 같으므로 다음 세대에서 A의 빈도가 증가하지 않는다.

09 ②

10 ③

11 ⑤

12 ①

09

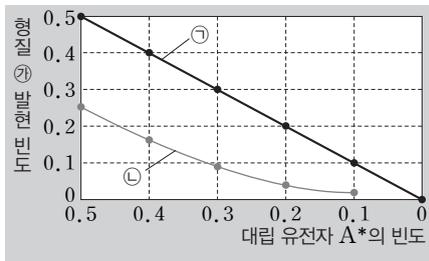
**정답맞이기** ▶ 나. 그림에서 복부 털 수가 10인 초파리 개체수는 복부 털 수가 90인 초파리 개체수보다 많다.

**오답짜이기** ▶ 가. 집단 A의 복부 털 수는 집단 B의 복부 털의 수와 겹치는 범위가 없이 서로 다르다. 따라서 집단 A는 집단 B와 복부 털 수를 결정하는 유전자풀이 서로 다르다.

다. 그림에서 복부 털 수 변이의 분포는 1세대 집단과 B에서 겹치는 범위가 없이 서로 다르다.

10

**해설** | 자료에서 대립 유전자 A의 빈도가 증가함에 따라 형질 ㉗의 빈도가 감소한다. 따라서 형질 ㉗는 대립 유전자 A\*에 의해 발현된다. 각 집단에서 A\*의 빈도에 따른 ㉗의 발현 빈도를 나타내면 그림과 같다.



또한 ㉗는 X 염색체에 의해 나타나는 유전 현상으로, 각 집단에서 남자와 여자의 발현 빈도가 다르다. 남자는 X 염색체가 하나 있으므로 A\*의 빈도와 형질 ㉗의 빈도가 같고, 여자는 X 염색체가 2개 있으므로 A\*의 빈도의 제곱값이 된다. 따라서 ㉗이 남자, ㉘이 여자에서의 형질 ㉗ 발현 빈도이다.

**정답맞이기** ▶ 가. 만약 대립 유전자 A\*가 A에 대해 우성이라면 여성의 경우 A\*가 0.5일 때 ㉗의 비율이 0.75가 되어야 한다. 하지만 ㉘ 그래프에서 형질 ㉗ 빈도가 0.25이므로 성립하지 않는다. 따라서 A는 우성 대립 유전자, A\*는 열성 대립 유전자이다.

나. A의 빈도가 0.7일 때 A\*의 빈도는 0.3이다. 이때 ㉗에서 형질 ㉗가 발현된 사람의 비율은 0.3이다. 또한 ㉘에서 형질 ㉗가 발현된 사람의 비율은 0.3<sup>2</sup>=0.09이다. 따라서 '㉘에서 형질 ㉗가 발현되지 않은 사람의 비율' = 1 - '㉘에서 형질 ㉗가 발현된 사람의 비율' = 1 - 0.09 = 0.91이다.

따라서  $\frac{\text{㉗에서 ㉗가 발현된 사람의 비율}}{\text{㉘에서 ㉗가 발현되지 않은 사람의 비율}} = \frac{0.3}{0.91} < \frac{1}{3}$ 이다.

즉,  $\frac{1}{3}$ 보다 작다.

**오답짜이기** ▶ 다. A의 빈도가 0.5일 때, 유전자형이 AA\*인 여자의 비율은  $2 \times 0.5 \times 0.5 = 0.5$ 이고 ㉗가 발현된 남자의 비율은 0.5이다.

따라서  $\frac{\text{유전자형이 AA*인 여자의 수}}{\text{㉗가 발현된 남자의 수}} = 1$ 이다.

11

**해설** | 대립 유전자 A의 빈도가 0.5일 때  $y_2$ 는  $(\frac{1}{2})^2$ 이고  $y_3$ 는  $\frac{1}{2}$  ( $=2 \times 0.5 \times 0.5$ ). 대립 유전자 A의 빈도가 0.75일 때  $y_1 = (\frac{1}{4})^2$ ,  $y_4 = (\frac{3}{4})^2$ 이다. I은 A\*A\*, II는 AA\*, III은 AA의 빈도이다.

**정답맞이기** ▶ 가. 대립 유전자 A의 빈도가 0.5일 때 A의 빈도는 p, A\*의 빈도는 q이고 p와 q가 같다. 따라서  $y_2 = p^2$ ,  $y_3 = 2pq = 2p^2$ 이므로  $\frac{y_3}{2y_2 + y_3} = \frac{2p^2}{2p^2 + 2p^2} = 0.5$ 이다.

나.  $5(2y_2 + y_3) = 8(y_1 + y_4)$ 를 대립 유전자 A의 빈도에 따라 정리하면 왼쪽은  $5(2 \times (\frac{1}{2})^2 + \frac{1}{2}) = 5$ 이고

오른쪽은  $8((\frac{1}{4})^2 + (\frac{3}{4})^2) = 8(\frac{1}{16} + \frac{9}{16}) = 5$ 이다.

즉, 양변이 같으므로 옳은 수식이다.

다. p가 q의 4배인 집단은 대립 유전자 A의 빈도가 0.8인 경우이다.

이때 유전자형이 AA\*인 개체수는  $10000 \times 2 \times \frac{1}{5} \times \frac{4}{5} = 3200$ 이다. q가 0.25인 집단에서 유전자형이 A\*A\*인 개체수는

$10000 \times (\frac{1}{4})^2 = 625$ 이다. 따라서 개체수는 5배 이상 차이가 난다.

12

**해설** | 자료에서 A는 A\*에 대해 완전 우성이므로 검은색 형질은 흰색에 대해 우성이다.

I에서 대립 유전자 A의 빈도를 p<sub>I</sub>, 대립 유전자 A\*의 빈도를 q<sub>I</sub>, II에서 대립 유전자 A의 빈도를 p<sub>II</sub>, 대립 유전자 A\*의 빈도를 q<sub>II</sub>라고 하자.

I에서  $15 \times (\text{검은색 몸 개체의 비율}) + 34 \times (\text{대립 유전자 A*의 빈도}) - 30 = 0$ 이라고 하였으므로

$$15(p_I^2 + 2p_I q_I) + 34q_I - 30 = 0 \text{이다. 이때,}$$

$$p_I^2 + 2p_I q_I = 1 - q_I^2 \text{이므로}$$

$$15(1 - q_I^2) + 34q_I - 30 = 0$$

$$15 - 15q_I^2 + 34q_I - 30 = 0$$

$$15q_I^2 - 34q_I + 15 = 0$$

$(5q_I - 3)(3q_I - 5) = 0$ 에서 q<sub>I</sub>은  $\frac{3}{5}$  또는  $\frac{5}{3}$ 이다. 빈도는 1보다 작

아야 하므로 q<sub>I</sub>은  $\frac{3}{5}$ 이고, p<sub>I</sub>은  $\frac{2}{5}$ 이다.

자료에서  $\frac{\text{I에서 검은색 몸 개체의 비율}}{\text{II에서 흰색 몸 개체의 비율}} = \frac{64}{25}$ 라고 하였으므로, II

에서 흰색 몸 개체의 비율을 q<sub>II</sub><sup>2</sup>이라 하면 I에서 검은색 몸 개체의 비율은  $1 - q_I^2$ 이다.

$$\text{따라서 } q_{II}^2 = \frac{25}{64} \times (1 - q_I^2) = \frac{25}{64} \times (1 - (\frac{3}{5})^2) = \frac{1}{4} \text{이므로}$$

$$p_{II} = q_{II} = \frac{1}{2} \text{이다.}$$

II에서 유전자형이 AA\*인 개체수 - I에서 흰색 몸 개체수 = 1400이라고 하였고, I과 II의 개체들을 모두 합치면 개체수는 20000이라고

하였다. I의 개체수를  $N_1$ , II의 개체수를  $N_2$ 라고 하면

$$N_2 \times 2 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} - N_1 \times \left(\frac{3}{5}\right)^2 = 1400$$

$$25N_2 - 18N_1 = 70000$$

$$25(20000 - N_1) - 18N_1 = 70000$$

$$N_1 = 10000 = N_2 \text{이다.}$$

**정답맞이기** > 가. I과 II의 개체수는 10000으로 같다.

**오답짜이기** > 나. II에서 A의 빈도는 A\*의 빈도와 같다.

다. 유전자형이 AA\*인 개체의 비율은 I에서가 0.48이고, II에서가 0.5이다. 따라서 II에서가 크다.

THEME

15 종 분화

\* 달은 꼴 문제로 유형 익히기 \*

본문 109쪽

**정답** ②

**예설** | 주어진 자료에서 ㉠과 ㉡의 분화가 가장 나중에 일어났으므로, ㉠과 ㉡은 각각 A와 C 중 하나이며, ㉢은 B이다. 이소적 종 분화 이후 동소적 종 분화가 진행되었다.

**정답맞이기** > 다. 조건에서 A~C의 분화 과정에서 이소적 종 분화와 동소적 종 분화가 각각 1회씩 일어났다고 하였으므로, 이소적 종 분화 이후 동소적 종 분화가 일어났다. 즉, 나중에 일어난 사건인 ㉠과 ㉡의 종 분화는 동소적 종 분화에 해당한다.

**오답짜이기** > 가. ㉢은 B이다.

나. B와 C는 서로 다른 종이므로 유전자풀은 동일하지 않다.

테마별 수능 필수유제

본문 110쪽

01 ⑤

02 ②

03 ①

04 ③

01

**예설** | 이소적 종 분화는 동일한 생물 종 집단이 지리적으로 격리되면서 더 이상 유전자 교류가 일어날 수 없어 나타나는 종 분화이다. 대표적인 예로 그랜드캐니언의 양쪽 가장자리에 서식하는 영양다람쥐, 갈라파고스 제도의 독특한 고유종 등이 있다.

**정답맞이기** > 가. (가)는 산맥에 의한 이소적 종 분화를 설명하고 있다. (나)는 갈라파고스 제도의 고유한 종의 분화에 대한 자료로서 이소적 종 분화의 한 예이다. 따라서 (가)와 (나)에서 모두 이소적 종 분화가 일어났다.

나. 산맥은 생물의 이동을 막는 지리적 격리의 요소로 작용하였다. 즉, ㉠ → ㉡ 과정에서 이소적 종 분화가 일어났다.

다. ㉢과 ㉣은 각각 종 C와 종 B이고, C와 B는 서로 다른 생물학적 종이므로 생식적으로 격리되어 있다.

02

**예설** | 배수성에 의한 동소적 종 분화는 식물에서 나타난다. 생식 세포 형성 시 염색체 비분리가 일어난 배수성 생식 세포가 수정되어 새로운 종이 형성된다.

**정답맞이기** > 나. 그림에서 염색체 수는 B에서 12, A에서 6이다. 즉, 염색체 수는 B에서가 A에서의 2배이다.

**오답짜이기** > 가. 그림에서 염색체 비분리에 의해 생식 세포의 핵상이 2n이 된다.

다. 염색체 비분리가 일어난 생식 세포끼리 수정이 일어나 새로운 종이 분화되는 것은 동소적 종 분화의 예이다.

### 03

**예설** | 그림에서 지리적 격리가 일어난 (가)는 이소적 종 분화, 지리적 격리가 일어나지 않은 (나)는 동소적 종 분화에 해당한다. ㉠과 ㉡은 같은 지역에 있지만 생식적 격리가 일어나 서로 다른 종이 되었다.

**정답맞이기** > 가. 지리적 격리가 (가)에서만 일어났으므로 (가)는 물리적 장벽에 의한 이소적 종 분화 과정이다.

**오답짜이기** > 나. ㉠과 ㉡은 서로 다른 종으로 생식적 격리가 일어났다. 따라서 서로 다른 종은 유전자풀이 서로 다르다.

다. ㉠과 ㉡은 서로 다른 종으로, ㉠과 ㉡ 사이에 생식 능력이 있는 자손이 태어나지 않는다.

### 04

**예설** | X<sub>1</sub>로부터 ㉠은 협곡의 형성에 의한 지리적 격리의 결과 이소적 종 분화로 형성되었고, ㉠으로부터 ㉡은 지리적 격리 없이 동소적 종 분화로 형성되었다.

**정답맞이기** > 다. X<sub>3</sub>은 X<sub>1</sub>로부터, X<sub>2</sub>(㉢)은 X<sub>3</sub>(㉠)으로부터 분화되었다. 따라서 유연관계는 X<sub>2</sub>와 X<sub>1</sub>보다 X<sub>2</sub>와 X<sub>3</sub>이 가깝다.

**오답짜이기** > 가. X<sub>3</sub>은 이소적 종 분화로 형성되었으므로 ㉠이다.

나. ㉠과 ㉡은 서로 다른 생물학적 종이므로 유전자풀이 서로 다르다.

**오답짜이기** > 가. ㉢과 ㉣은 우리나라에 있지만 태백산맥이 막고 있어 지리적으로 격리되어 서로 다른 종으로 유지되고 있다. 따라서 유전자풀이 서로 다르다.

### 07

**정답맞이기** > 가. ㉠~㉣은 서로 다른 종이므로 유전적으로 다른 유전자풀에 속한다.

나. ㉠과 ㉡의 분화는 지리적 격리가 원인이다. 따라서 두 종은 이소적 종 분화에 의해 나뉘어졌다.

다. ㉠과 ㉡의 분화는 염색체 비분리에 의해 핵형이 서로 달라져 종이 분화된 예이다. 따라서 지리적 격리 없이 생식적 격리가 일어났다고 볼 수 있다.

### 08

**예설** | 시클리드는 자연 상태에서 햇빛을 비출 때 몸 색을 구분하여 같은 종의 암수를 찾아내서 짝짓기를 한다. 한 연못 안에서 일어난 종 분화이므로 동소적 종 분화이며, 몸 색에 의한 생식적 격리가 일어났다.

**정답맞이기** > 가. A와 B의 분화는 같은 연못에서 서식하지만 더 이상의 짝짓기가 일어나지 않는 동소적 종 분화의 한 예이다.

다. 시클리드의 색깔은 동일 종 사이에서만 짝짓기를 하려는 행동에 영향을 주었다. 즉, 자연 상태에서 시클리드의 구애 행동은 몸 색에 따라 달라진다.

**오답짜이기** > 나. 자연 상태에서 A와 B 사이에는 생식적인 격리가 존재한다. 따라서 유전자의 교류가 일어나지 않는다.

#### 테마별 수능 심화문제

본문 111~112쪽

05 ④

06 ④

07 ⑤

08 ③

### 05

**예설** | 주어진 자료에서 40세대 이후 초파리 집단은 먹이 선호가 같으면 짝짓기 횟수가 많고 먹이 선호가 서로 다르면 짝짓기 횟수가 적다. 이것은 먹이 선호가 생식적 격리에 영향을 주고 있다는 것을 말한다.

**정답맞이기** > 나. 주어진 자료에서는 먹이에 대한 선호가 초파리의 짝짓기 횟수에 영향을 주었다. 따라서 40세대 후 초파리의 먹이 선호가 생식적 격리를 일으켜 종 분화에 영향을 줄 수 있다는 것을 알아보았다.

다. (가)에서는 집단 A와 B가 서로 격리되어 두 집단 사이에 유전자의 교류가 일어나지 않았다.

**오답짜이기** > 가. '과정 (라)는 과정 (다)의 결과가 단순히 서로 다른 병에서 자란 결과로 집단의 짝짓기 선호가 달라졌는지를 알아보기 위한 것이다.'라고 하였으므로, 과정 (라)가 과정 (다)에 대한 대조군이다.

### 06

**정답맞이기** > 나. ㉢과 ㉣은 대한해협에 의해 서로 격리되어 있으므로 지리적 격리가 일어났다. 즉, ㉢과 ㉣은 유전자의 교류가 일어나지 못한다.

다. 조상종인 ㉠에서 ㉡으로, ㉡에서 ㉢으로 종 분화가 일어났다. 따라서 ㉠과 ㉡의 유연관계는 ㉠과 ㉢의 유연관계보다 가깝다.

## 실전 모의고사

### 실전 모의고사 1회

본문 114~119쪽

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

### 01

**예설** | A는 핵질, B는 인, C는 핵공, D는 핵막이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 세포질의 리보솜에서 합성된 단백질 중 핵산의 합성에 관여하는 DNA 중합 효소, RNA 중합 효소 등은 핵공(C)을 통해 핵 안으로 이동하여 핵질(A)에서 작용한다.

ㄴ. 인(B)에서 합성된 리보솜 단위체는 핵공(C)을 통해 세포질로 이동한다.

**오답짜이기** > ㄴ. 핵막(D)은 인지질 2중층의 구조를 가지지만, 인(B)은 rRNA와 단백질로 구성되어 있다.

### 02

**예설** | 100배에서 대물 마이크로미터 20눈금(200 μm)과 접안 마이크로미터 50눈금이 일치하므로 접안 마이크로미터 1눈금의 길이는 4(㉠) μm에 해당한다. 접안 마이크로미터 1눈금의 길이는 배율에 반비례하므로 200배에서의 길이는 2(㉢) μm이며, 세포 A의 길이는 40 μm이다. 따라서 ㉠배에서의 접안 마이크로미터 1눈금의 길이는 10(㉡) μm이다.

**정답맞이기** > ㄱ. ㉠배에서의 세포 A와 겹치는 접안 마이크로미터의 눈금 수가 200배에서의  $\frac{1}{5}$ 이므로 ㉠은 40이다.

ㄴ. ㉠은 4, ㉢은 2, ㉡는 10이므로 ㉠과 ㉢의 합은 ㉡보다 작다.

**오답짜이기** > ㄴ. 200배에서 접안 마이크로미터 1눈금의 길이는 2 μm이고, 대물 마이크로미터 1눈금의 길이는 10 μm이다. 따라서 200배에서 대물 마이크로미터 1눈금의 길이는 접안 마이크로미터 1눈금 길이의 5배이다.

### 03

**예설** | A는 엽록체, B는 리보솜, C는 미토콘드리아이고, ㉠은 'ATP가 생성된다.', ㉡은 'RNA가 있다.', ㉢은 '크리스타 구조를 갖는다.'이다.

**정답맞이기** > ㄴ. 엽록체와 미토콘드리아에는 공통적으로 있지만 리보솜에는 없는 특징 ㉠은 'ATP가 생성된다.'이다.

**오답짜이기** > ㄱ. 광합성 세균은 원핵생물이므로 엽록체(A)가 없다.

ㄴ. 리보솜(B)에는 크리스타 구조가 없으므로 ㉠은 'x'이고, 미토콘드리아(C)에는 RNA가 있으므로 ㉢은 'O'이다.

### 04

**예설** | 고장액에 넣어 원형질 분리 상태가 된 식물 세포를 저장액에 옮겨 넣으면 부피가 증가하면서 삼투압은 감소하고, 팽압(㉢)은 증가한다. 흡수력의 크기는 '삼투압 - 팽압'의 크기에 해당한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 부피가 증가하면서 삼투압은 감소하고 팽압은 증가하므로, 삼투압과 팽압의 차에 해당하는 흡수력(㉠)은 감소한다.

**오답짜이기** > ㄴ. 한계 원형질 분리 상태인 세포 부피 1.0과 원형질 분리 상태인 세포 부피 0.9에서의 팽압의 크기는 모두 0이다.

ㄴ. 삼투압의 크기는 '흡수력 + 팽압'의 크기에 해당하므로 6 + 1 = 7 기압이다.

### 05

**예설** | 저해제 ㉠은 효소 X의 활성 부위에 결합하므로 경쟁적 저해제이다. 경쟁적 저해제가 작용하는 경우 기질 농도가 충분히 높을 때 저해제의 효과가 감소하여 초기 반응 속도의 최댓값에 도달하게 되므로 B와 C는 X의 농도가 각각 ㉠과 ㉡인 경우이다. A는 B, C에 비해 최대 초기 반응 속도가 2배이므로 X의 농도가 ㉠의 2배인 ㉢인 경우이다.

**정답맞이기** > ㄱ. ㄴ. C는 기질 농도가 충분히 높을 때 B의 최대 초기 반응 속도에 도달하게 되므로, ㉢은 ㉠이고 경쟁적 저해제(㉠)가 처리된 경우이다.

**오답짜이기** > ㄴ. A에서 기질 농도가 높아지면 효소·기질 복합체가 많이 생성되어 초기 반응 속도가 증가한다. 따라서 S<sub>1</sub>일 때가 S<sub>2</sub>일 때보다 기질과 결합한 X의 수는 적고 기질과 결합하지 않은 X의 수는 많으므로  $\frac{\text{기질과 결합하지 않은 X의 수}}{\text{기질과 결합한 X의 수}}$ 는 S<sub>1</sub> > S<sub>2</sub>이다.

### 06

**예설** | 생물 X는 원형 DNA를 가지고, 오페론으로 유전자 발현이 조절되므로 원핵생물이며, 광합성을 하므로 광합성 세균에 해당한다.

**정답맞이기** > ㄱ. 시트르산은 6탄소 화합물, α-케토글루타르산은 5탄소 화합물, 석신산(숙신산)은 4탄소 화합물이므로 과정 ㉠과 ㉡에서 모두 탈탄산 반응에 의한 탄소 수 감소가 있음을 알 수 있다.

**오답짜이기** > ㄴ. 시트르산(㉠)은 6탄소 화합물, 말산(㉢)은 4탄소 화합물이므로 1분자당 탄소 수 차이는 2이다.

ㄴ. X는 원핵생물인 광합성 세균에 해당하므로 세포 호흡이 미토콘드리아에서 일어나지 않는다.

### 07

**예설** | 상층액 S는 세포 분획법으로 핵과 미토콘드리아가 침전되고 남은 부분으로, 해당 과정 효소들을 비롯한 세포질 성분을 포함한다. 세포질에서 해당 과정을 거쳐 생성된 피루브산이 미토콘드리아 기질에서 산화되어 고에너지 전자를 방출하고, 방출된 고에너지 전자는 전자 전달계에서 산소(O<sub>2</sub>)를 환원시켜 산소 소모가 일어나게 된다.

**정답맞이기** > ㄱ. 해당 과정은 세포질에 있는 효소에 의해 진행되므로 미토콘드리아만 있는 그룹 I의 시험관에서는 일어나지 않는다. 그룹 I의 미토콘드리아만 있는 시험관에서 일어난 산소 소모를 그룹 II에 첨가된 X가 억제하였으므로, X는 미토콘드리아의 전자 전달계에 작

용하는 물질임을 알 수 있다.

ㄴ. 그룹 III과 IV의 실험 조건을 가진 시험관에 해당 과정 효소들이 포함된 상층액 S가 있으므로 포도당을 첨가하면 모두 해당 과정이 진행된다.

ㄷ. 시트르산은 TCA 회로의 중간 단계 물질이므로 탈수소 반응을 통해 방출된 고에너지 전자가 산소(O<sub>2</sub>)를 환원시켜 산소 소모가 일어난다.

## 08

**예설** | 물질 X는 ATP 합성 효소를 통한 H<sup>+</sup>의 확산을 억제함으로써 전자 전달을 억제하는 세포 호흡 저해제이며, X를 첨가하면 ATP 생성 및 O<sub>2</sub> 소모가 억제된다. 물질 Y는 미토콘드리아 내막을 통해 H<sup>+</sup>이 새어 나가게 함으로써 H<sup>+</sup> 농도 기울기를 감소시키는 세포 호흡 저해제이며, Y를 첨가하면 ATP 생성은 억제되지만 전자 전달이 지속적으로 이루어지므로 O<sub>2</sub> 소모는 일어난다.

**정답맞이기** > ㄱ. 물질 X가 첨가되면 전자 전달계를 통한 전자 전달이 억제된다. 따라서 전자 전달 효소 복합체의 환원 정도가 증가하여 NADH의 산화가 억제되며, 산화적 인산화가 진행되지 못하여 O<sub>2</sub> 소모가 감소한다. 물질 ㉔ 첨가 후 O<sub>2</sub> 소모가 일어나지 않으므로 ㉔가 X임을 알 수 있다.

ㄴ. X와 Y 모두 세포 호흡 저해제이므로 ATP 생성 속도는 감소한다.

**오답짜이기** > ㄷ. 세포 호흡에 의해 생성되는 H<sub>2</sub>O은 전자 전달계에서 O<sub>2</sub>가 환원되어 생성되는 것이다. Y를 처리하면 ATP 생성은 억제되지만 전자 전달이 지속적으로 이루어지므로 구간 (나)에서 O<sub>2</sub> 소모는 일어난다. 따라서 구간 (나)에서 세포 호흡에 의해 생성되는 H<sub>2</sub>O 분자 수는 X를 처리했을 때가 Y를 처리했을 때보다 적다.

## 09

**예설** | 6탄소 화합물인 ㉠은 <sup>14</sup>C로 표지되어 공급된 포도당이고, 과정 A(해당 과정-탈수소 반응, 기질 수준 인산화)를 거쳐 생성된 3탄소 화합물은 피루브산이며, 과정 B(피루브산의 산화 과정-탈탄산 반응, 탈수소 반응)를 거쳐 생성된 2탄소 화합물은 아세틸 CoA(CoA의 탄소 수는 제외)이다. 아세틸 CoA의 아세틸기와 4탄소 화합물인 옥살아세트산이 결합하여 생성된 6탄소 화합물 ㉡은 시트르산이고, 과정 C(탈탄산 반응, 탈수소 반응)를 거쳐 생성된 5탄소 화합물은 α 케토글루타르산이다. (가)는 CO<sub>2</sub>, (나)는 NADH, (다)는 ATP이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 과정 B(피루브산의 산화 과정)와 과정 C에서는 탈탄산 반응과 탈수소 반응이 모두 일어나므로 ㉔와 ㉕는 모두 'O'이다.

**오답짜이기** > ㄴ. ㉠은 포도당이고, ㉡은 시트르산이다.

ㄷ. 과정 A는 해당 과정이므로 세포질에서 일어나지만, 과정 B는 피루브산의 산화 과정이므로 미토콘드리아 기질에서 일어난다.

## 10

**예설** | ㉠은 광계 II, ㉡은 광계 I이다. 경로 A는 광계 II로부터 방출된 전자(2e<sup>-</sup>)가 전자 전달계, 광계 I, 전자 전달계를 거쳐 최종 수용

체에 전달되는 비순환적 광인산화 과정이다. 경로 B는 광계 I에서 방출된 전자(2e<sup>-</sup>)가 전자 전달계를 거쳐 광계 I로 다시 돌아오는 순환적 광인산화 과정이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 비순환적 광인산화 과정(경로 A)에서 최종 전자 수용체는 NADP<sup>+</sup>이다.

ㄴ. 광계 I(㉡)과 광계 II(㉠)의 반응 중심 색소는 모두 엽록소 a이다.

**오답짜이기** > ㄷ. 비순환적 광인산화 과정(경로 A)에서 ATP는 광계 II(㉠)로부터 방출된 고에너지 전자가 광계 I(㉡)로 운반되는 과정에서 생성된다.

## 11

**예설** | ㉠은 RuBP, ㉡은 G3P, ㉢은 3PG(PGA)이며, 캘빈 회로의 진행 방향은 (나)이다. ㉔는 ATP, ㉕는 CO<sub>2</sub>, ㉖는 NADPH이다.

**정답맞이기** > ㄷ. 캘빈 회로에서 3PG(PGA)(㉢) → G3P(㉡) → RuBP(㉠) 순서로 물질 전환이 일어나므로 회로의 진행 방향은 (나)이다.

**오답짜이기** > ㄱ. 과정 II에서는 ATP, NADPH가 소모되고, 과정 I에서는 ATP가 소모되므로 ㉠은 RuBP이다.

ㄴ. 순환적 광인산화를 통해 생성된 산물 중 캘빈 회로에 이용되는 물질은 ATP이며, ㉕는 CO<sub>2</sub>이다.

## 12

**예설** | 서로 상보적인 ㉠과 ㉡ 전체에서  $\frac{A+C}{G+T}=1$ 이므로  $\frac{A+㉔}{G+㉕}=\frac{3}{2}$ 에서 ㉔는 T, ㉕는 C이다. ㉠에서  $\frac{A+T}{G+C}=\frac{3}{2}$ 이므로 A+T은 36이고, G+C은 24이다. 따라서 ㉠에 형성된 염기 간 수소 결합의 총개수는 (36×2)+(24×3)=144이다.

㉠과 ㉡ 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수와 ㉠과 ㉢ 사이의 염기 간 수소 결합의 총개수는 각각 72개로 같다. 그러므로 ㉠과 ㉢에서 A+T+U=18이고, G+C=12이다. 그런데 ㉡에서 A+T이 G+C과 같으므로 U의 개수는 6이다.

㉢ 중 프라이머 Y를 제외한 나머지 부분의 24개 염기에서  $\frac{A+T}{G+C}=2$ 이므로 A+T=16이고, G+C=8이다. 따라서 프라이머 Y에서 A+U은 2이고, G+C은 4이다.

㉠에 상보적 가닥인 ㉡에서  $\frac{T(㉔)}{C(㉕)}=\frac{9}{7}$ 이고,  $\frac{A}{G}=\frac{9}{5}$ 이므로 A은 18, T은 18, G은 10, C은 14이다.

**정답맞이기** > ㄱ. ㉠과 ㉡은 자연 가닥이므로 프라이머 Y가 프라이머 X보다 먼저 합성되었으며, ㉡보다 ㉠이 먼저 합성되었다.

ㄴ. 프라이머 X의 염기 6개는 모두 U이고, 프라이머 Y의 염기 6개는 A+U이 2이고, G+C이 4이다. 따라서

$\frac{㉠과 X 사이의 염기 간 수소 결합 총개수}{㉠과 Y 사이의 염기 간 수소 결합 총개수}=\frac{12}{16}=\frac{3}{4}$ 이다.

**오답짜이기** > ㄷ. ㉡에서 U은 X에 포함된 6개가 있다. ㉢의 Y에서 A+U이 2이므로 ㉢에서의 U은 최대 2개이다. 따라서 ㉠과 ㉢에 포함된 전체 염기 60개 중에 U의 비율은 최대  $\frac{8}{60}$ 이므로 0.15보다 작다.

### 13

**예설** | 집단 X에서 1세대의 대립 유전자 A의 빈도는  $\frac{(2 \times 50) + 30}{2 \times 100}$

= 0.65이고, 대립 유전자 a의 빈도는  $1 - 0.65 = 0.35$ 이다. 2세대의 A의 빈도는  $\frac{(2 \times 30) + 60}{2 \times 100} = 0.6$ 이고, a의 빈도는  $1 - 0.6 = 0.4$ 이다.

**정답맞이기** > 나. 대립 유전자 A의 빈도는 1세대에서 0.65이고, 2세대에서 0.6이므로, 1세대에서가 2세대에서보다 높다.

**오답짜이기** > 가. 멘델 집단은 세대를 거듭하여도 대립 유전자의 빈도가 변하지 않고 일정하게 유지되는 집단이므로 X는 멘델 집단이 아니다.

다. 1세대의 대립 유전자 A의 빈도는 0.65이고, 2세대의 대립 유전자 a의 빈도는 0.4이므로 합은 1이 아니다.

### 14

**예설** | 시험관 I에서 인공 mRNA 5'-CACACACACAC...-3'에서 트레오닌과 히스티딘이 1 : 1인 폴리펩타이드가 생성되었으므로 트레오닌과 히스티딘을 지정하는 코돈은 각각 CAC와 ACA 중 하나이다. 시험관 III에서 A와 C의 구성비가 4 : 1로 합성된 인공 mRNA에 포함되는 코돈은 8종류가 가능하지만, A의 비율이 C의 비율보다 높으므로 나타나는 코돈의 빈도는 포함된 A의 개수가 많을수록 높다. 따라서 AAA → AAC, ACA, CAA → ACC, CAC, CCA → CCC의 순서로 비율이 높게 나타난다.

**정답맞이기** > 가. (라)에서 시험관 III의 폴리펩타이드에는 트레오닌이 히스티딘보다 높은 비율로 포함되어 있으므로 코돈 ACA가 지정하는 ㉓는 트레오닌이고, 코돈 CAC가 지정하는 ㉔는 히스티딘이다.

나. A와 C의 조합으로 가능한 8가지의 코돈 중 AAA와 CAA가 각각 라이신과 글루타민 중 하나를 지정한다. 코돈에 포함된 A의 개수가 많을수록 인공 mRNA 내에서 코돈이 나타나는 빈도가 높고 폴리펩타이드 내에 그 코돈에 의해 지정되는 아미노산이 증가한다. (라)의 시험관 III에서 생성된 폴리펩타이드 내에 라이신이 가장 높은 비율로 포함되어 있으므로 라이신을 지정하는 코돈은 AAA이며, CAA가 지정하는 아미노산은 글루타민이다.

다. 폴리펩타이드에 특정 아미노산이 포함될 확률은 그 아미노산을 지정하는 코돈이 존재할 확률이다. 라이신을 지정하는 코돈이 AAA이므로 시험관 III에서 생성된 폴리펩타이드에 라이신이 포함될 확률은  $\frac{4}{5} \times \frac{4}{5} \times \frac{4}{5} = \frac{64}{125}$ 이고, 프롤린을 지정하는 코돈은 CCC, CCA

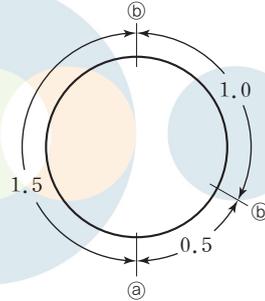
이므로 폴리펩타이드에 프롤린이 포함될 확률은  $(\frac{1}{5} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{5}) + (\frac{1}{5} \times \frac{1}{5} \times \frac{4}{5}) = \frac{1}{25}$ 이다. (라)의 결과에서 시험관 III에 생성된 폴리펩타이드에 라이신과 프롤린의 비율이  $64 : 1$ 이므로 ㉕는 5이다.

(나)의 시험관 II에서 합성된 인공 mRNA에는 A와 C이 ㉖ : 1의 구성비로 포함되어 있으므로 라이신을 지정하는 코돈 AAA가 존재할 확률은  $\left\{ \frac{㉖}{㉖+1} \right\}^3$ 이고, (라)의 결과에서 시험관 II에 생성된 폴리펩타이드에 라이신이 포함될 확률은  $\frac{1}{8}$ 이므로 ㉖는 1이다. 따라서 ㉗

과 ㉘의 합은 6이다.

### 15

**예설** | 선형 DNA는 제한 효소로 절단되는 부위의 수보다 1개 더 많은 DNA 조각이 형성되지만, 원형 DNA는 제한 효소로 절단되는 부위의 수만큼 DNA 조각이 형성된다. 제한 효소 ㉑와 ㉒에 의해 DNA X가 절단되는 부위는 그림과 같다.



**정답맞이기** > 나. X를 ㉒로 절단하여 형성된 2.0인 길이의 DNA 조각은 ㉑에 의해 각각 길이가 1.5와 0.5인 2개의 DNA 조각으로 절단된다.

**오답짜이기** > 가. X를 ㉒로 절단하면 형성되는 DNA 조각이 2개이므로 X에 ㉑의 절단 부위는 2개이다.

다. X를 ㉑와 ㉒로 동시에 절단하여 형성된 길이 1.5인 DNA 조각의 양쪽 말단 부위는 ㉑와 ㉒로 각각 절단되어 생성되었다.

### 16

**예설** | y의 전사가 촉진되지 않아도 x의 전사가 촉진되므로 Y는 x의 전사 인자가 아니다. 그러므로 X가 y의 전사 인자이다. (다)에서 C가 제거되었고 (라)에서 A가 제거되었어도 x의 전사가 촉진되므로 x에서 A와 C는 전사 인자 결합 부위가 아니며, B가 전사 인자 결합 부위이다.

(다)에서 E가 제거되면 y의 전사가 촉진되지 않으므로 E는 전사 인자 결합 부위에 포함되며, (라)에서 D가 제거되었어도 y의 전사가 촉진되므로 y에서 D는 전사 인자 결합 부위가 아니다. y에서 전사 인자는 E가 포함된 연속된 두 부위에 결합하며, D가 전사 인자 결합 부위가 아니므로 E와 F가 전사 인자 결합 부위이다.

**정답맞이기** > 나. (다)에서 C가 제거되고 (라)에서 A가 제거되었어도 x의 전사가 촉진되므로 x에서 A와 C는 전사 인자 결합 부위가 아니다. 따라서 B가 전사 인자 결합 부위이다.

**오답짜이기** > 가. X는 E와 F에 결합하는 y의 전사 인자이다.

다. B는 x의 전사 인자 결합 부위이므로 B가 제거되면 y의 전사는 촉진되지 않는다.

### 17

**예설** | 제시된 한 가닥의 염기 서열로부터 상보적 가닥과 이에 결합하는 프라이머를 함께 표시하면 표와 같다.

프라이머 ㉑	3'-TGTAGA-5'
주형 DNA	5'-CATCCTCTCGAGGAGATGTACATCTGGAG-3' 3'(㉒)-GTAGGAGAGCTCCTCTACATGTAGACCTC-(㉓)5'
프라이머 ㉒	5'-CTCGAG-3'

프라이머 ㉔	3'-GTAGAC-5'
주형 DNA	5'-CATCCTCTCGAGGAGATGTACATCTGGAG-3' 3'-(㉔)-GTAGGAGAGCTCCTCTACATGTAGACCTC-(㉔)5'
프라이머 ㉕	5'-TCCTCT-3'

**정답맞이기** > ㄴ. 24개의 염기쌍으로 이루어진 DNA 조각이 증폭되기 위한 프라이머 ㉕와 ㉔의 염기 서열은 각각 5'-TCCTCT-3'과 5'-CAGATG-3'이다. 따라서 ㉔에 포함된 퓨린 계열 염기 수는 4이다.

**오답짜이기** > ㄱ. 프라이머 ㉔(㉔-AGATGT)가 결합할 수 있는 주형 DNA 부위는 아래 표에서와 같이 자료에 주어진 가닥과 그에 대한 상보적 가닥에 각각 1개 부위씩 존재한다. 하지만 ㉕에는 퓨린 계열 염기와 피리미딘 계열 염기가 동일한 개수로 존재하므로 ㉕의 염기 서열은 5'-CTCGAG-3'이고, ㉔의 염기 서열은 5'-AGATGT-3'이다. 따라서 ㉕은 5' 말단이고, ㉔은 3' 말단이다.

프라이머 ㉔	TGTAGA-㉕
주형 DNA	?-CATCCTCTCGAGGAGATGTACATCTGGAG-? ㉔-GTAGGAGAGCTCCTCTACATGTAGACCTC-㉔
프라이머 ㉕	CTCGAG

㉕에 포함된 퓨린 계열 염기 수와 피리미딘 계열 염기 수가 동일함.

프라이머 ㉕	GTAGGA
주형 DNA	?-CATCCTCTCGAGGAGATGTACATCTGGAG-? ㉔-GTAGGAGAGCTCCTCTACATGTAGACCTC-㉔
프라이머 ㉔	㉕-AGATGT

㉕에 포함된 퓨린 계열 염기 수와 피리미딘 계열 염기 수가 동일하지 않음.

ㄷ. III에서 프라이머 ㉔가 주형 DNA에 결합하는 부위는 한 가닥이 아니라 양쪽 가닥에 모두 존재하므로 PCR가 20회 진행되면 새로 합성된 2중 가닥 DNA는 1개보다 많다.

## 18

**예설** | X를 구성하는 8개의 아미노산은 4종류이다. ① → ② 방향으로 8개의 코돈은 첫 번째와 두 번째 염기가 ㉔㉕, ㉕㉔, ㉕㉕, ㉔㉔, ㉔㉕, ㉕㉕, ㉕㉔인 경우가 있는데, 이들은 모두 8개의 아미노산으로 구성되며 포함된 아미노산이 4종류인 폴리펩타이드 X를 형성하는 경우는 없다. ② → ① 방향으로 8개의 코돈은 첫 번째와 두 번째 염기가 ㉔㉕, ㉕㉔인 경우로 ㉔이 A, ㉕이 G 또는 ㉔이 G, ㉕이 A인 경우 모두 8개의 아미노산으로 구성되며 포함된 아미노산이 4종류인 폴리펩타이드 X가 형성된다. 또한 상보적인 염기 서열을 가진 mRNA로부터 모두 8개의 아미노산으로 구성되며 포함된 아미노산이 7종류인 폴리펩타이드 Y가 형성된다. 그러므로 제시된 mRNA의 염기 서열은 표와 같다.

구분	인공 mRNA	염기 서열
㉔ ㉔ ㉕ ㉕	<i>x</i>	5'(2)-AGCGAUGAAAGUGACAGGGAGAGA-3'(1) 3'-UCGCUACUUUCACUGUCCUCUCU-5'
A C U G	<i>y</i>	
㉔ ㉔ ㉕ ㉕	<i>x</i>	5'(2)-AGUGACGAAAGCGAUAGGGAGAGA-3'(1) 3'-UCACUGCUUUCGCUAUCCUCUCU-5'
A U C G	<i>y</i>	
㉔ ㉔ ㉕ ㉕	<i>x</i>	5'(2)-GACAGUAGGGAUAGCGAAAGAGAG-3'(1) 3'-CUGUCAUCCUAUCGCUUUCUCUC-3'
G C U A	<i>y</i>	
㉔ ㉔ ㉕ ㉕	<i>x</i>	5'(2)-GAUAGCAGGGACAGUGAAAGAGAG-3'(1) 3'-CUAUCGUCCUGUCACUUUCUCUC-5'
G U C A	<i>y</i>	

**정답맞이기** > ㄱ. ㉔은 3' 말단이다.

**오답짜이기** > ㄴ. Y의 아미노산 서열로 '세린-류신-프롤린-발린-트레오닌-페닐알라닌-아이소류신-알라닌', '세린-류신-프롤린-아이소류신-알라닌-페닐알라닌-발린-트레오닌', '류신-세린-페닐알라닌-알라닌-아이소류신-프롤린-트레오닌-발린', '류신-세린-페닐알라닌-트레오닌-발린-프롤린-알라닌-아이소류신'이 가능하다. 따라서 Y를 구성하는 아미노산은 8종류이다.

ㄷ. 세린을 지정하는 코돈은 각각 *x*에서 AGU, AGC이고, *y*에서 UCU이므로 코돈의 5' 말단 염기는 *x*와 *y*에서 서로 다르다.

## 19

**예설** | 지리적 격리로 인해 새로운 종이 분화되면 이소적 종 분화이고, 동일 지역에서 지리적 격리 없이 새로운 종이 분화되면 동소적 종 분화이다. 동일한 하위 분류 단계에 속하는 생물들은 속하는 상위 분류 단계도 동일하다.

**정답맞이기** > ㄱ. 종 A는 지리적으로 격리된 두 서식지에 모두 존재하므로 지리적 격리가 일어나기 전에 동소적 종 분화에 의해 종 A로부터 종 B 또는 종 C로 분화되었음을 알 수 있다. 하지만 종 B와 C는 지리적으로 격리된 서로 다른 서식지에 각각 서식하므로 B와 C는 지리적 격리가 일어나 이소적 종 분화에 의해 분화되었음을 알 수 있다.

ㄴ. 종 B와 C는 서로 다른 생물학적 종이므로 생식적으로 격리되어 있다.

ㄷ. 종 A와 B는 같은 속에 속하므로 같은 과에 속한다. 분류 단계에서 과는 속보다 상위 단계이므로, 같은 속은 같은 과에 속하게 된다. B와 C의 유연관계는 B와 A의 유연관계보다 가까우므로 B와 C도 같은 과와 같은 속에 속한다.

## 20

**예설** | 대장균, 메테인 생성균, 푸른곰팡이는 모두 세포벽을 가진다. 대장균과 메테인 생성균은 단세포 생물이고 원형 DNA를 가지지만, 푸른곰팡이는 다세포 생물이고 선형 DNA를 가진다. A와 C는 각각 대장균과 메테인 생성균 중 하나이고, B는 푸른곰팡이이다. ㉔은 '세포벽을 가진다.', ㉕은 '선형 DNA를 가진다.', ㉕은 '단세포 생물이다.'이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 선형 DNA를 가지는 B는 푸른곰팡이이다.

ㄴ. 대장균과 메테인 생성균은 가지지만, 푸른곰팡이는 가지지 않는 특징 ㉕은 '단세포 생물이다.'이다.

**오답짜이기** > ㄷ. A와 C는 각각 대장균과 메테인 생성균 중 하나이므로 모두 원핵생물이다. 원핵생물은 핵막이 없어서 전사와 번역이 모두 세포질에서 일어나므로 전사와 번역이 일어나는 장소가 2중막으로 서로 분리되어 있지 않다.

실전 모의고사 2회

본문 120~125쪽

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

01

예설 | A는 광학 현미경, B는 주사 전자 현미경, C는 투과 전자 현미경이다.

정답맞이기 > 나. 주사 전자 현미경은 시료의 표면에서 반사되거나 튕겨져 나오는 전자를 이용하므로 시료의 입체 구조를 관찰하기에 적합하다.

다. 투과 전자 현미경은 시료를 투과한 전자를 이용하므로 시료를 전자가 투과할 수 있을 정도의 두께로 매우 얇게 잘라서 관찰해야 한다.

오답맞이기 > 가. 광학 현미경은 가시광선의 한계로 인해 얻을 수 있는 해상력이 제한적인 반면, 전자 현미경은 전자선을 이용하므로 광학 현미경에 비해 더 높은 해상력을 얻을 수 있다.

02

예설 | A는 미토콘드리아, B는 리보솜, C는 리소좀이고, 특징 ㉠은 '가수 분해 효소가 있다.', ㉡은 'RNA가 있다.', ㉢은 '2중막 구조이다.'이다.

정답맞이기 > 가. 리소좀(C)은 가수 분해 효소를 가지고 있으므로 ㉢은 '○'이다.

나. ㉠은 2가지 세포 소기관이 공통적으로 갖는 특징이므로 'RNA가 있다.'이다.

오답맞이기 > 다. C는 리소좀으로 세포 내 소화를 담당하며, 세포 호흡을 담당하는 세포 소기관은 미토콘드리아(A)이다.

03

예설 | A는 경쟁적 저해제, B는 비경쟁적 저해제이고, I은 저해제가 없을 때, II는 경쟁적 저해제가 있을 때, III은 비경쟁적 저해제가 있을 때이다.

정답맞이기 > 가. II는 저해제가 없을 때보다 초기 반응 속도가 느리지만, 기질 농도가 증가함에 따라 저해 효과가 작아지므로 경쟁적 저해제가 사용되었다.

오답맞이기 > 나. 기질 농도가 S<sub>1</sub>일 때 III보다 I에서 초기 반응 속도가 빠르므로  $\frac{\text{기질과 결합한 X의 수}}{\text{X의 총수}}$ 는 I > III이다.

다. 활성화 에너지는 기질 농도에 관계없이 일정하다.

04

예설 | X는 3PG(PGA), Y는 G3P, Z는 RuBP이고, ㉠은 ATP, ㉡은 NADPH이다.

정답맞이기 > 가. 3PG(PGA)(X)는 NADPH로부터 H를 받아 환원되

어 G3P(Y)가 된다.

오답맞이기 > 나. G3P(Y)는 3탄소 화합물이고, 1개의 인산기를 갖고 있으며, RuBP(Z)는 5탄소 화합물이고, 2개의 인산기를 갖고 있다. 따라서 분자당  $\frac{\text{인산기 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 Z가 Y보다 크다.

다. ㉠은 ATP이다. 틸라코이드(A) 막에 존재하는 전자 전달계의 최종 전자 수용체는 NADP<sup>+</sup>이다.

05

예설 | 단계 I에서는 ATP 2분자가 소모되어 포도당이 과당 2인산으로 바뀌고, 단계 II에서는 과당 2인산이 2분자의 피루브산으로 분해되면서 4분자의 ATP가 생성된다.

정답맞이기 > 가. 첨가된 ATP는 단계 I에서 과당 2인산을 만드는 데 사용된다.

오답맞이기 > 나. 단계 I에서 ATP 2분자를 소모하지만 단계 II에서 다시 4분자의 ATP를 생성하므로 해당 과정이 진행되는 동안 시험관 내의 ATP양은 점점 증가한다.

다. 일부 포도당이 해당 과정을 거치는 동안 ATP가 생성되므로 생성된 ATP가 다시 나머지 포도당을 분해하는 데 사용될 수 있다. 따라서 소량의 ATP만 첨가하더라도 시험관 내의 모든 포도당이 분해될 수 있다.

06

예설 | (가)의 광계는 광계 II이고, 반응 중심 색소 ㉢은 엽록소 a의 일종인 P<sub>680</sub>이다.

정답맞이기 > 나. H<sub>2</sub>O의 광분해로 방출된 전자는 P<sub>680</sub> 반응 중심을 통해 전자 전달계로 들어간 후 최종적으로 NADP<sup>+</sup>로 전달되어 NADPH를 만드는 데 쓰인다.

오답맞이기 > 가. ㉠은 엽록소 b이고, ㉡은 엽록소 a이다.

다. 명반응을 통해 스트로마의 H<sup>+</sup>이 틸라코이드 내부로 이동하므로 명반응이 활발할수록  $\frac{\text{스트로마의 pH}}{\text{틸라코이드 내부의 pH}}$ 는 커진다.

07

예설 | (나)는 피루브산에 NADH가 작용하여 젖산을 생성하는 젖산 발효 과정이고, (다)는 피루브산에 탈탄산 효소가 작용하여 CO<sub>2</sub> 1분자가 방출되고, 여기에 NADH가 작용하여 에탄올을 생성하는 알코올 발효 과정이다.

정답맞이기 > 가. 젖산 발효는 근육 세포에서 산소가 부족할 때 일어난다.

나. 젖산(㉠)은 C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>이고, 에탄올은 C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH이다. 따라서 1분자당  $\frac{\text{수소 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 ㉠은 2이고, ㉡은 3이다.

오답맞이기 > 다. (나)와 (다) 과정은 해당 과정에서 만들어진 NADH를 산화시켜 다시 NAD<sup>+</sup>를 만드는 과정이며, 기질 수준 인산화는 해당 과정인 (가)에서 일어난다.

## 08

**예설** | A에는 단백질 분해 효소, B에는 DNA 분해 효소, C에는 RNA 분해 효소를 처리한 것이다.

**정답맞이기** > 나. ㉠은 DNA이다. DNA 분해 효소를 처리하여 DNA를 제거한 경우 형질 전환이 일어나지 않았다. 따라서 DNA는 형질 전환에 관여하는 물질이다.

**오답짜이기** > 가. B에서는 S형균이 발견되지 않았으므로 형질 전환이 일어나지 않았다.

다. ㉠은 DNA이므로 염기 T를 함유하고, ㉡은 RNA이므로 염기 U를 함유하고 있다.

## 09

**예설** | (가)에서는 이소적 종 분화, (나)에서는 동소적 종 분화가 일어났다.

**정답맞이기** > 나. (가) → (나) 과정에서  $X_2$ 가  $X_2$ 와  $X_3$ 으로 분화되었다. 이는 지리적으로 격리되지 않은 상태에서 일어난 종 분화이므로 동소적 종 분화이다.

다.  $X_2$ 와  $X_3$ 은 서로 다른 생물학적 종이므로 생식적으로 격리되어 있다.

**오답짜이기** > 가.  $X_1$ 과  $X_2$ 는 지리적으로 격리되어 있으며 서로 다른 생물학적 종이므로 유전자풀은 서로 다르다.

## 10

**예설** | ㉠은 2개의 고리로 이루어진 퓨린 계열 염기이므로 아데닌과 구아닌 중 하나이다.

**정답맞이기** > 나. ㉠은 아데닌과 구아닌 중 하나이므로 DNA(나)와 RNA(다)에서 공통으로 이용된다.

**오답짜이기** > 가. RNA(다)는 단일 가닥이므로 A와 U, G와 C의 함량이 서로 다를 수 있다.

다. DNA인 (나)는 5탄당으로 디옥시리보스를 사용하고, RNA인 (다)는 리보스를 사용한다.

## 11

**예설** | ㉠과 ㉡ 사이에 형성된 A-T(U) 결합의 수를  $x$ , G-C 결합의 수를  $y$ 라 하면, ㉠ 가닥의 염기 수는 50이므로  $x+y=50$ 이고, ㉠과 ㉡ 사이에 형성된 염기 간 수소 결합의 총수가 130이므로  $2x+3y=130$ 이다. 따라서 ㉠과 ㉡ 사이에 A-T(U) 결합의 수는 20개, G-C 결합의 수는 30개이다. 같은 방법으로 ㉢과 ㉣ 사이에 형성된 결합의 수를 구하면 A-T(U) 결합의 수는 60개, G-C 결합의 수는 40개이다.

**정답맞이기** > 가. 지연 가닥에서 복제 분기점에 가까운 절편일수록 나중에 합성된 절편이다. 따라서 ㉠이 ㉡보다 먼저 합성된 절편이다.

다. ㉠에서 A-T(U) 결합의 수는 20이고, A는 9개이므로 T(U)은 11개이다. 그런데 가닥 ㉠에 있는 프라이머에 U이 2개 포함되어 있으므로 T은 9개이다. ㉡에서 A-T(U) 결합의 수는 60이고, A은 21개이므로 T(U)은 39개이다.

그런데 프라이머에 U이 3개 포함되어 있으므로 T의 수는 36개이다.

따라서 염기 T의 수는 ㉡에서가 ㉠에서의 4배이다.

**오답짜이기** > 나. ㉠에서 A의 수는 21개, T은 36개이고, G와 C의 합은 40개이다. 따라서  $\frac{G+C}{A+T} = \frac{40}{57}$ 이다.

## 12

**예설** | DNA X는 100개의 염기쌍으로 이루어져 있고, 염기의 비  $\frac{G+C}{A+T} = \frac{2}{3}$ 이므로 DNA I과 II에 A와 T은 각각 60개씩, G와 C은 각각 40개씩 포함되어 있다. DNA II를 구성하는 G의 수가 30

개이므로 C의 수는 10개이다. mRNA를 구성하는 염기의 비  $\frac{U}{C} = 2$

이므로 U의 수가 C보다 2배 많다. 만일 DNA II가 mRNA의 주형이라면 mRNA를 구성하는 C의 수는 30이므로 U의 수가 60이 되어야 한다. mRNA의 염기 100개 중 A와 U의 합이 60이고, 4가지 염기로 구성되어 있으므로 U의 수는 60이 될 수 없다. 따라서 mRNA의 주형은 DNA I이며, mRNA를 구성하는 C의 수는 10, U의 수는 20이 되므로, A의 수는 40이다.

**정답맞이기** > 가. DNA I에서 염기의 함량은 A은 20, C은 30, T은 40, G은 10이므로  $\frac{T+G}{A+C} = 1$ 이다.

다. DNA I은 mRNA의 주형이므로 DNA I과 mRNA는 서로 상보적인 서열을 갖는다.

**오답짜이기** > 나. DNA II에서 염기의 함량은 A은 40, T은 20이므로  $\frac{A}{T} = 2$ 이다.

## 13

**예설** | A는 조절 유전자, B는 프로모터, C는 작동 부위, D는 구조 유전자이다.

**정답맞이기** > 나. 프로모터(B)는 RNA 중합 효소가 결합하여 전사가 시작되는 부위이다.

다. C는 젓당이 없을 때 억제 단백질이 결합하여 프로모터에 RNA 중합 효소가 결합하는 것을 막아 전사가 일어나지 않도록 조절하는 부위이다. 따라서 C에 돌연변이가 일어나 억제 단백질이 결합하지 못하면 젓당 유무에 관계없이 항상 젓당 분해 효소가 발현된다.

**오답짜이기** > 가. A는 조절 유전자로 젓당 유무와 관계없이 항상 발현되는 유전자이다.

## 14

**예설** | 전기 영동 결과 (-)극 쪽에 크기가 큰 DNA 조각의 띠, (+)극 쪽에 크기가 작은 DNA 조각의 띠가 나타난다.

**정답맞이기** > 가. 가닥 I과 II에서 구간 X의 양쪽 끝 부위에서 프롤린을 지정하는 코돈과 같은 염기 서열을 가진 것은 I이다. 따라서 I은 전사 주형 가닥과 상보적인 서열을 가지는 가닥이고, II가 전사 주형 가닥이다.

나. ㉠은 코돈 CGC에 의해 지정되는 아미노산이므로 아르지닌이다.

다. 주형 가닥이 II이므로 새로 합성되는 가닥의 염기 서열은 I과 동일하다. I에는 구간 X에서 C이 3개 연속된 부분이 있는데, (나)의

전기 영동 결과에서 동일한 염기의 밴드가 3개 이상 연속된 부분이 있는 것은 ㉠이므로 ㉠은 ddCTP이다. 또, 연속된 C에 인접한 염기는 G이므로 ㉡가 ddGTP이다. 그리고 자료에서 ㉢는 퓨린 계열의 염기를 갖고 있다고 했으므로 ㉢는 ddATP, ㉣는 ddTTP이다. 전기 영동 결과에서 새로 합성된 가닥의 염기 서열이 3'-ACTGCC CCGCGCTTAGTC-5'이므로 주형 가닥의 염기 서열은 5'-TGACGGGCGCGAATCAG-3'이다.

### 15

**예설** | (가)는 광합성의 명반응, (나)는 광합성의 암반응, (다)는 세포 호흡이다.

**정답맞히기** > ㄷ. 세포 호흡(다)에서는 전자 전달 과정을 통한 산화적 인산화로 ATP가 생성된다.

**오답피하기** > ㄱ. 광합성의 명반응(가)에서는 전자 전달계에서 일어나는 광인산화를 통해 ATP가 생성된다.

ㄴ. 광합성의 암반응(나)은 엽록체의 스트로마에서 일어난다.

### 16

**예설** | (가)는 원형질 분리가 일어난 상태이므로 세포질보다 고장액에 담긴 상태이며, A는 흡수력, B는 팽압이다.

**정답맞히기** > ㄱ. ㉠에 식물 세포를 담갔을 때 원형질 분리가 일어났으므로 ㉠은 식물 세포의 세포질 용액의 농도보다 농도가 높은 고장액이다.

ㄴ. 흡수력=삼투압-팽압이고,  $V_1$ 일 때 흡수력과 팽압이 같으므로  $V_1$ 일 때 이 세포의 삼투압은 팽압의 2배이다.

ㄷ.  $V_2$ 일 때 이 세포의 흡수력이 0이므로 더 이상 부피가 커지지 않는다. 따라서  $V_2$ 일 때 이 세포는 부피가 최대인 상태이다.

### 17

**예설** | A는 독립 영양 세균, B는 호기성 종속 영양 세균, C는 단세포 진핵생물, D는 다세포 진핵생물이다.

**정답맞히기** > ㄱ. 독립 영양 세균(A)의 광합성을 통해 대기 중  $O_2$  농도가 점차 증가하였다.

ㄷ. 고생대 캄브리아기의 지층에서는 다양한 다세포 진핵생물(D)들의 화석이 발견된다.

**오답피하기** > ㄴ. 호기성 종속 영양 세균(B)은 원핵생물로 핵, 미토콘드리아 등과 같은 세포 소기관이 발달하지 않는다.

### 18

**예설** | A와 D는 동일한 특징을 공유하므로 유연관계가 가장 가깝고, C와 E도 역시 동일한 특징을 공유하므로 유연관계가 가장 가깝다. (가)는 B이다.

**정답맞히기** > ㄱ. ㉠은 B, C, E가 공유하는 특징이므로 특징 4이다.

ㄷ. B와 C는 2가지 특징을 공유하는 반면 B와 D는 1가지 특징만 공유하므로 B와 D의 유연관계보다 B와 C의 유연관계가 더 가깝다.

**오답피하기** > ㄴ. (가)는 B이므로 특징 2를 갖지 않는다.

### 19

**예설** | 4종의 동물에 공통적으로 해당되는 특징 ㉠은 '중배엽이 있다'이고, 2종의 동물에 공통적으로 해당되는 특징 ㉡은 '원구가 항문으로 분화된다.'이다. 원구가 항문으로 분화되는 후구동물은 창고기와 불가사리인데, 이 중에서 척삭이 형성되는 것은 창고기이므로 ㉢은 '척삭이 형성된다.'이고, A는 창고기, D는 불가사리이다. ㉣은 '체강이 없다.'이고, C는 플라나리아, B는 오징어이다.

**정답맞히기** > ㄴ. 오징어(B)는 연체동물에 속하며, 몸이 외투막으로 싸여 있다.

ㄷ. ㉡은 2종의 동물(A, D)에 공통적으로 해당되는 특징인데, (나)의 4가지 특징 중에서 2종의 동물에 공통적으로 해당되는 것은 '원구가 항문으로 분화된다.'이다.

**오답피하기** > ㄱ. 창고기(A)는 일생 동안 척삭을 가지고 있으며, 척추는 발달하지 않는다.

### 20

**예설** | 유전병 ㉠은 우성으로 유전되며, 상염색체에 유전자가 있다.

**정답맞히기** > ㄴ. ㉠은 상염색체 유전이므로 ㉠을 갖는 사람의 비율은 남녀가 같다.

**오답피하기** > ㄱ. T를 갖는 여자의 수는 (여자의 총수 - T를 갖지 않는 여자의 수)이므로  $1000 \times (1 - 0.2^2) = 960$ 명이다.

ㄷ. (가)가 임의의 남자와 결혼하여 정상인 아이를 낳으려면 (가)의 유전자형이  $T^*T$ 여야 한다. (가)는 ㉠을 갖고 있으므로 유전자형이  $T^*T$ 일 확률은  $\frac{2}{3}$ 이다. 또한 (가)가 임의의 남자와 결혼했을 때 정상인 아이가 태어나기 위해서는 남자의 유전자형이 TT 또는  $T^*T$ 여야 한다. 집단 내에서  $T^*$ 의 빈도가 0.2이므로 T의 빈도는 0.8이다. 따라서 임의의 남자의 유전자형이 TT일 확률은  $0.8 \times 0.8 = 0.64$ 이고,  $T^*T$ 일 확률은  $2 \times 0.2 \times 0.8 = 0.32$ 이다.

따라서 (가)와 임의의 남자 사이에서 정상인 아이가 태어날 확률은 (가)와 임의의 남자의 유전자형이  $T^*T - T^*T$ 일 경우  $\frac{1}{4} \times \frac{2}{3} \times \frac{32}{100}$

$= \frac{4}{75}$ 이고,  $T^*T - TT$ 일 경우  $\frac{1}{2} \times \frac{2}{3} \times \frac{64}{100} = \frac{16}{75}$ 이므로, (가)

와 임의의 남자 사이에서 정상인 아이가 태어날 확률은  $\frac{20}{75} = \frac{4}{15}$ 이다.

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

### 01

**예설** | 현미경의 배율이 증가한 경우 관찰되는 세포의 상은 커지지만 접안 마이크로미터의 눈금 간격은 변화가 없다. 그러므로 세포와 겹치는 접안 마이크로미터의 눈금 수가 증가한다. 즉, 대물렌즈의 교환으로 현미경 배율을 변화시켰을 때 세포와 겹치는 접안 마이크로미터의 눈금 수는 현미경의 배율에 비례한다. 현미경의 배율이 200배일 때 접안 마이크로미터 8눈금과 대물 마이크로미터 4눈금이 일치했으므로 접안 마이크로미터 1눈금의 길이 =

$$\frac{\text{겹쳐진 두 지점 사이의 대물 마이크로미터 눈금 수}}{\text{겹쳐진 두 지점 사이의 접안 마이크로미터 눈금 수}} \times 10 \mu\text{m}$$

$$= \frac{4}{8} \times 10 \mu\text{m} = 5 \mu\text{m} \text{이다.}$$

**정답맞이기** > 가, 나. (마)에서 현미경의 배율을 400배로 한 후 A를 관찰하였다면 A와 겹치는 접안 마이크로미터의 눈금 수는 16눈금이다. 그러므로 (다)에서 대물렌즈의 배율은 200배로 한 후 A를 관찰하면 A와 겹치는 접안 마이크로미터의 눈금 수는 8눈금이다. 따라서 A의 크기는  $5 \mu\text{m} \times 8\text{눈금} = 40 \mu\text{m}$ 이다.

**오답짜이기** > 다. A의 크기는  $40 \mu\text{m}$ 이고, (마)에서 A와 겹치는 접안 마이크로미터의 눈금 수는 16눈금이므로 현미경 배율을 400배로 했을 때 접안 마이크로미터 눈금 1칸의 길이는  $2.5 \mu\text{m}$ 이다. 따라서 (라)에서 일치하는 눈금 수의 비는 접안 마이크로미터 눈금 수 : 대물 마이크로미터 눈금 수 = 4 : 1이다.

### 02

**예설** | A는 진정세균계(세균계)인 대장균, B는 원생생물계인 유글레나, C와 D는 식물계인 우산이끼와 균계인 효모 중 하나이다.

**정답맞이기** > 나. 유글레나(B)는 원생생물인 유글레나류로, 엽록소 a와 b, 카로티노이드를 가지고 있다.

다. 우산이끼는 식물계의 선대식물로, 포자체에서 감수 분열을 통해 포자를 형성하고, 효모는 균계의 자낭균류로, 자낭 포자를 형성한다.

**오답짜이기** > 가. 대장균(A)은 펩티도글리칸 성분의 세포벽을 가진다.

### 03

**예설** | 막 단백질을 사용하지 않고, ATP를 소모하지 않는 물질의 이동 방식 (나)는 단순 확산, 막 단백질을 사용하고 ATP를 소모하지 않는 물질의 이동 방식 (다)는 촉진 확산이다. 그러므로 (가)는 능동 수송이다. ①의 농도 차가 0일 때 ①의 이동 속도가 0이고, ①의 농도 차가 커짐에 따라 ①의 이동 속도가 커지다가 농도 차가 일정 수준을 넘으면 ①의 이동 속도가 더 이상 커지지 않으므로 ①의 이동 방식은 막 단백질이 관여하는 촉진 확산이다.

**정답맞이기** > 가. 물질의 이동 방식 (가)는 능동 수송이므로 ②는 '소모함'이다.

**오답짜이기** > 나. ①의 이동 방식은 촉진 확산이므로 (다)에 해당한다.

다. 뉴런의 축삭돌기 말단에서 신경 전달 물질이 분비되는 방식은 세포 외 배출(외포 작용)이다. 세포 외 배출(외포 작용)은 ATP를 사용하며, 세포 내의 소낭이 세포막과 융합하면서 소낭 속의 신경 전달 물질이 축삭돌기의 세포막 밖으로 분비된다. 그러므로 단순 확산인 (나)에 해당하지 않는다.

### 04

**예설** | 효소 반응에서 효소의 양이 일정할 때 기질의 농도가 높아질수록 초기 반응 속도는 일정 수준까지 증가하며, 다른 조건이 같고 효소의 농도가 다르면, 초기 반응 속도는 효소의 농도에 비례한다. 경쟁적 저해제는 기질의 농도가 충분할 때 효소 반응의 저해 효과가 감소하지만 비경쟁적 저해제는 감소하지 않는다. 그러므로 A는 III의 결과, B는 I의 결과, C는 II의 결과이다.

**정답맞이기** > 가. I의 결과 B에서 기질 농도가 낮을 때는 저해 효과가 크고, 기질 농도가 높아짐에 따라 저해 효과가 작아지므로 ①은 경쟁적 저해제이다. ②는 기질과 경쟁적으로 효소의 활성 부위에 결합한다.

나. S<sub>1</sub>일 때 II(C)와 III(A)에서 모두 초기 반응 속도가 최대 초기 반응 속도의 절반이므로 초기 반응에서  $\frac{\text{기질과 결합한 X의 수}}{\text{X의 총수}}$ 는  $\frac{1}{2}$ 로 II와 III에서 같다.

다. A(III의 결과)와 C(II의 결과)의 경우, 반응물의 농도가 같으므로 모든 반응이 완료되었을 때 생성물의 농도는 A에서와 C에서와 같다.

### 05

**예설** | 식물 세포를 고장액에 넣으면 식물 세포 내의 물이 세포 밖으로 유출되면서 원형질 분리가 일어난다. 원형질 분리가 일어난 식물 세포를 저장액에 넣으면 물이 식물 세포 내부로 유입되어 식물 세포의 부피는 증가하고 식물 세포의 삼투압은 감소하며, 한계 원형질 분리 상태 이후에 물이 계속 유입되어 팽압이 증가한다. 그러므로 A는 흡수력, B는 팽압이다. 흡수력은 '삼투압 - 팽압'이므로 삼투압이 감소하고 팽압이 증가하면 흡수력은 감소하게 된다. 세포의 부피가 더 이상 증가하지 않는 팽윤 상태가 되면 삼투압과 팽압이 같기 때문에 흡수력은 0이다.

**정답맞이기** > 나. 삼투압 = 흡수력(A) + 팽압(B)이다. V<sub>1</sub>일 때 흡수력과 팽압이 같으므로 삼투압 크기는 팽압 크기의 2배이다.

**오답짜이기** > 가. (가)에서 식물 세포를 넣은 설탕 용액 ①은 고장액이고, 세포벽은 전투과성이므로 ①과 ②의 농도는 동일하다. (나)에서 원형질 분리가 일어난 세포를 넣은 설탕 용액 ③은 저장액이므로 설탕 용액의 농도는 ③이 ②보다 높다.

다. V<sub>2</sub>일 때 식물 세포는 팽윤 상태로 흡수력은 0이지만 세포막을 통한 물의 이동이 일어난다. 다만 물의 유입량과 유출량이 같을 뿐이다. 그러므로 세포막을 통한 물의 이동이 일어난다.

## 06

**예설** | 피루브산이 아세틸 CoA로 분해될 때 CO<sub>2</sub>가 발생하고, NAD<sup>+</sup>가 NADH로 환원된다. 피루브산이 젖산으로 환원될 때에는 NADH가 NAD<sup>+</sup>로 산화된다. 피루브산이 에탄올로 환원될 때 CO<sub>2</sub>가 발생하고, NADH가 NAD<sup>+</sup>로 산화된다. 그러므로 (가)는 피루브산이 에탄올로 환원되는 과정, (나)는 피루브산이 아세틸 CoA로 분해되는 과정, (다)는 피루브산이 젖산으로 환원되는 과정이고, ㉠은 에탄올, ㉡은 아세틸 CoA, ㉢은 젖산이며, 물질 A는 NADH, B는 CO<sub>2</sub>이다.

**정답맞히기** > ㄱ. B는 CO<sub>2</sub>이다.

ㄴ. NADH가 NAD<sup>+</sup>로 산화되는 과정과 NAD<sup>+</sup>가 NADH로 환원되는 과정에는 모두 탈수소 효소가 관여한다.

ㄷ. ㉠은 에탄올(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), ㉡은 젖산(C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>)이므로 1분자당 탄소수와 수소수의 합은 ㉡이 ㉠보다 크다.

## 07

**예설** | 광합성의 명반응에서 일어나는 ATP의 합성은 틸라코이드 내부와 스트로마 사이의 H<sup>+</sup> 농도 기울기에 의해 H<sup>+</sup>이 틸라코이드 내부에서 스트로마로 ATP 합성 효소를 통해 촉진 확산되어 일어난다. 이 실험에서는 틸라코이드와 스트로마 사이에 인위적으로 형성된 H<sup>+</sup> 농도 기울기에 의해 ATP가 합성되는 것이다.

**정답맞히기** > ㄱ. H<sup>+</sup>이 틸라코이드 내부에서 스트로마로 ATP 합성 효소를 통해 촉진 확산되기 위해서는 C에서 틸라코이드 내부의 pH가 스트로마의 pH보다 낮아야 한다. 따라서 ㉠은 ㉡보다 작다.

**오답짜이기** > ㄴ. 빛이 있을 때 B의 상태에서 C의 상태로 되면 틸라코이드와 스트로마 사이의 H<sup>+</sup> 농도 기울기가 형성되지만 암실이므로 빛에 의한 물(H<sub>2</sub>O)의 광분해는 일어나지 않는다.

ㄷ. 빛에 의한 명반응이 일어나지 않아 NADPH가 없으므로 C의 상태일 때 엽록체의 스트로마에서 포도당이 합성되지 않는다.

## 08

**예설** | B초 후에 가장 먼저 ㉡이 생성되었고, C초 후에 ㉠과 ㉢이 생성되었으며, A초 후에 ㉠~㉢이 모두 생성되었으므로 물질의 생성 순서는 ㉡ → ㉠ → ㉢ 순이다. 따라서 ㉠은 G3P, ㉡은 RuBP, ㉢은 3PG(PGA)이다.

**정답맞히기** > ㄴ. 빛을 차단하면 명반응을 통해 ATP와 NADPH가 생성되지 않기 때문에 암반응의 캘빈 회로에서 3PG(PGA)가 G3P로 전환되는 반응에 ATP와 NADPH가 공급되지 않아 G3P가 생성되지 않고, G3P가 RuBP로 전환되는 반응에 ATP가 공급되지 않기 때문에 RuBP가 생성되지 않는다. 따라서 광합성 중인 클로렐라에 빛을 차단하면 빛을 차단하기 전보다 RuBP(㉡)의 농도는 일시적으로 감소하고, 3PG(PGA)(㉢)의 농도는 일시적으로 증가한다.

ㄷ. 1분자의 3PG(PGA)(㉢)가 1분자의 G3P(㉠)로 전환되는 과정에서 사용되는 ATP와 NADPH는 모두 1분자이다. 그러므로 1분자의 3PG(PGA)(㉢)가 G3P(㉠)로 전환되는 과정에서 사용되는

$\frac{\text{NADPH의 분자 수}}{\text{ATP의 분자 수}} = 1$ 이다.

**오답짜이기** > ㄱ. 1분자당 G3P(㉠)의 탄소 수는 3개, 인산기 수는 1개이고, RuBP(㉡)의 탄소 수는 5개, 인산기 수는 2개이다.

그러므로 1분자당  $\frac{\text{인산기 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 G3P(㉠)가  $\frac{1}{3}$ , RuBP(㉡)가  $\frac{2}{5}$ 이다.

따라서 1분자당  $\frac{\text{인산기 수}}{\text{탄소 수}}$ 는 RuBP(㉡)가 G3P(㉠)보다 크다.

## 09

**예설** | 열처리한 S형균의 세포 추출물에 포함된 DNA에 의해 살아 있는 R형균이 살아 있는 S형균으로 형질 전환된다. 그러므로 ㉠은 S형균, ㉡은 R형균이다. 열처리한 ㉠(S형균)의 세포 추출물 X에 ㉠~㉢을 각각 첨가한 후 살아 있는 ㉡(R형균)과 함께 배양한 배양액을 주사한 생쥐 ㉣~㉥가 모두 살았으므로 X는 단백질이고, Y는 DNA이다. 세포 추출물 Y에 ㉠과 ㉢을 첨가한 후 살아 있는 ㉡(R형균)과 함께 배양한 배양액을 주사한 생쥐 ㉥만 죽었으므로 ㉡는 DNA 분해 효소이고, ㉠과 ㉢은 각각 단백질 분해 효소와 다당류 분해 효소 중 하나이다.

**정답맞히기** > ㄷ. 시험관 V는 살아 있는 ㉡(R형균), 열처리한 ㉠(S형균)의 세포 추출물 Y(DNA), 효소 ㉠과 ㉢을 함께 넣은 후 배양한 배양액이다. 이것을 주사한 생쥐 ㉥가 죽었으므로 배양액에서는 살아 있는 ㉡(R형균)이 ㉠(S형균)으로 형질 전환되었다. 따라서 ㉥의 혈액에서 살아 있는 ㉠(S형균)이 발견된다.

**오답짜이기** > ㄱ. ㉡는 DNA 분해 효소이므로 ㉡의 기질은 DNA이다. X는 단백질이다.

ㄴ. ㉡(R형균)에서는 피막(헵막)이 합성되지 않아 피막(헵막)을 가지고 있지 않다. 그러므로 ㉡(R형균)에서는 피막(헵막)이 합성되지 않는다.

## 10

**예설** | ㉠은 α-케토글루타르산, ㉡은 CO<sub>2</sub>, ㉢은 NAD<sup>+</sup>, ㉣은 NADH, ㉤은 석신산(숙신산)이고, 그림은 α-케토글루타르산(㉠)이 석신산(숙신산)(㉤)으로 되는 과정이다.

**정답맞히기** > ㄴ. TCA 회로에서는 기질 수준 인산화에 의해 ATP가 합성된다.

**오답짜이기** > ㄱ. ㉢은 NAD<sup>+</sup>, ㉣은 NADH이므로 α-케토글루타르산(㉠)은 석신산(숙신산)(㉤)으로 산화된다.

ㄷ. 2분자의 피루브산이 TCA 회로를 거치는 동안 α-케토글루타르산(㉠)이 석신산(숙신산)(㉤)으로 되는 과정에서 2분자의 CO<sub>2</sub>, 2분자의 NADH, 2분자의 ATP가 생성된다.

## 11

**예설** | DNA (가)와 (나)의 염기의 비율  $\frac{\text{A의 수} + \text{㉠의 수}}{\text{㉡의 수} + \text{㉢의 수}}$ 가 모두 1이 아니므로 ㉠은 티민(T)이고, ㉡과 ㉢ 중 하나는 구아닌(G), 다른 하나는 사이토신(C)이다. ㉠에서 티민(T)의 수가 13이므로 ㉡에서 아데닌(A)의 수도 13이다. ㉢에서 사이토신(C)의 수가 28이므로 ㉠에서 구아닌(G)의 수도 28이다. DNA (가)는 200개의 뉴클레

오타이드로 이루어져 있고,  $\frac{A\text{의 수} + \text{㉠의 수}}{\text{㉡의 수} + \text{㉢의 수}} = \frac{1}{4} = \frac{40}{160}$  이므로 A의 수 + T의 수 = 40, ㉡의 수 + ㉢의 수 = 160이다.

A의 수 + T의 수 = 40에서 ㉠의 T의 수(13)와 ㉡의 A의 수(13)의 합인 26을 빼면 14이다. 따라서 ㉠의 A의 수와 ㉡의 T의 수는 각각 7이다.

㉡의 수 + ㉢의 수 = 160에서 ㉠의 G의 수(28)와 ㉡의 C의 수(28)의 합인 56을 빼면 104이다. 따라서 ㉠에서 C의 수와 ㉡에서 G의 수는 각각 52개이다. ㉠에서 ㉡의 수가 ㉢의 수보다 많으므로 ㉡은 사이토신(C), ㉢은 구아닌(G)이다.

구분	A	T(㉠)	C(㉡)	G(㉢)
㉠	7	13	52	28
㉡	13	7	28	52

㉡에서 구아닌(G)의 수가 14이므로 ㉢에서 사이토신(C)의 수도 14이다. ㉢에서 구아닌(G)의 수가 14이고, 피리미딘 계열 염기(C+T)의 수가 64이므로 아데닌(A)의 수는 22이다. ㉢에서 아데닌(A)의 수가 22이므로 ㉢에서 티민(T)의 수도 22이다. DNA(나)는 200개의 뉴클레오타이드로 이루어져 있고,  $\frac{A\text{의 수} + \text{㉠의 수}}{\text{㉡의 수} + \text{㉢의 수}} = \frac{3}{2} = \frac{120}{80}$  이므로 A의 수 + T의 수 = 120, C의 수 + G의 수 = 80이다.

A의 수 + T의 수 = 120에서 ㉡의 A의 수(22)와 ㉢의 T의 수(22)의 합인 44를 빼면 76이다. 따라서 ㉢의 A의 수와 ㉢의 T의 수는 각각 38이다. C의 수 + G의 수 = 80에서 ㉢의 C의 수(14)와 ㉢의 G의 수(14)의 합인 28을 빼면 52이다. 따라서 ㉢의 G의 수와 ㉢의 C의 수는 각각 26이다.

구분	A	T(㉠)	C(㉡)	G(㉢)
㉢	38	22	14	26
㉣	22	38	26	14

**정답맞이기** > ㄱ. ㉡이 사이토신(C)이므로 피리미딘 계열의 염기이다.  
 ㄴ. ㉡에서 퓨린 계열 염기의 수는 아데닌(A)의 수 13 + 구아닌(G)의 수 52 = 65이고, 피리미딘 계열 염기의 수는 사이토신(C)의 수 28 + 티민(T)의 수 7 = 35이므로

피리미딘 계열 염기의 수 / 퓨린 계열 염기의 수 =  $\frac{35}{65} = \frac{7}{13}$  이다.

**오답짜이기** > ㄷ. ㉢에서 아데닌(A)의 수가 38이므로 ㉢을 주형으로 전사가 완료되어 ㉢의 길이와 동일한 mRNA가 생성될 때, 이 mRNA에 있는 유라실(U)의 수는 38이다.

## 12

**예설** | 대장균은 젖당 대사와 관련된 유전자의 발현을 오페론을 이용하여 조절한다. 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자에서 발현된 억제 단백질은 젖당이 없을 때는 작동 부위에 결합하며, 젖당이 있을 때는 젖당과 결합한다. 젖당과 결합한 억제 단백질은 작동 부위에 결합하지 않는다. 젖당 오페론과 관련된 유전자가 결실되면 이러한 조절에 이상이 생길 수 있다.

구분	포도당과 젖당이 없는 배지(가)			포도당은 없고 젖당이 있는 배지(나)		
	젖당 분해 효소의 생성(㉠)	억제 단백질과 젖당의 결합(㉡)	억제 단백질과 작동 부위의 결합(㉢)	젖당 분해 효소의 생성(㉠)	억제 단백질과 젖당의 결합(㉡)	억제 단백질과 작동 부위의 결합(㉢)
야생형	×	×	○	○	○	×
I	○	×	×	㉠(○)	○	×
II	○	×	×	○	×	×

(○ : 결합함 또는 생성됨, × : 결합 못함 또는 생성 안됨)

야생형은 포도당과 젖당이 없는 배지에서 '억제 단백질과 젖당의 결합'이 일어나지 않고 '억제 단백질과 작동 부위의 결합'은 일어나므로 '젖당 분해 효소의 생성'이 일어나지 않는다. 그리고 포도당은 없고 젖당이 있는 배지에서 '억제 단백질과 젖당의 결합'이 일어나고 '억제 단백질과 작동 부위의 결합'이 일어나지 않으므로 '젖당 분해 효소의 생성'이 일어난다.

젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 돌연변이는 억제 단백질이 합성되지 않으므로 포도당과 젖당이 없는 배지에서 '억제 단백질과 젖당의 결합'과 '억제 단백질과 작동 부위의 결합'이 일어나지 않는다. 그리고 포도당은 없고 젖당이 있는 배지에서 '억제 단백질과 젖당의 결합'과 '억제 단백질과 작동 부위의 결합'은 일어나지 않으므로 '젖당 분해 효소의 생성'은 일어난다.

젖당 오페론의 작동 부위의 일부가 결실된 돌연변이는 억제 단백질은 합성되지만 억제 단백질이 작동 부위에 결합을 할 수 없으므로 포도당과 젖당이 없는 배지에서 '억제 단백질과 젖당의 결합'과 '억제 단백질과 작동 부위의 결합'이 일어나지 않는다. 그리고 포도당은 없고 젖당이 있는 배지에서 '억제 단백질과 젖당의 결합'은 일어나고, '억제 단백질과 작동 부위의 결합'은 일어나지 않으므로 '젖당 분해 효소의 생성'은 일어난다. 따라서 (가)는 포도당과 젖당이 없는 배지, (나)는 포도당은 없고 젖당이 있는 배지, I은 젖당 오페론의 작동 부위의 일부가 결실된 돌연변이, II는 젖당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 돌연변이, ㉠은 젖당 분해 효소의 생성, ㉡은 억제 단백질과 젖당의 결합, ㉢은 억제 단백질과 작동 부위의 결합이다.

**정답맞이기** > ㄱ. I은 젖당 오페론의 작동 부위의 일부가 결실되었다.

ㄴ. ㉠은 '젖당 분해 효소의 생성'이다.

ㄷ. ㉠은 '○'이다.

## 13

**예설** | 독립적으로 생활하던 호기성 세균과 광합성 세균이 숙주 세포와 공생하다가 각각 미토콘드리아와 엽록체로 분화되었다.

㉠은 호기성 세균, ㉡은 미토콘드리아, ㉢은 광합성 세균, ㉣은 엽록체이다.

**정답맞이기** > ㄴ. 미토콘드리아(㉡)와 엽록체(㉣)에는 모두 DNA, RNA, 리보솜이 있다.

**오답짜이기** > ㄱ. ㉠은 호기성 세균, ㉢은 광합성 세균이다. 산소 호흡을 하는 호기성 세균은 광합성을 하는 세균의 출현으로 대기 중의 O<sub>2</sub> 농도가 증가하면서 출현하였다.

ㄷ. (가)는 진핵세포인 동물 세포로 분화된다. 동물 세포는 산소(O<sub>2</sub>)를 소비한다. 유기물을 스스로 합성하는 광합성 세균의 출현으로 대



비하는 형질 세포와 같은 분비 세포에 많이 존재한다.

ㄷ. 리보솜(D)은 리보솜 RNA(rRNA)와 단백질로 이루어진 2개의 단위체(대단위체와 소단위체)가 결합한 형태이므로 리보솜에는 RNA가 있다.

**오답피하기** > ㄱ. 리소좀(A)에 있는 효소는 가수 분해 효소로, 주성분은 단백질이다. 그러므로 가수 분해 효소는 거친면 소포체(C) 표면에 부착된 리보솜(D)에서 합성된 후 골지체(B)를 거쳐 리소좀에 전달된다.

## 18

**예설** | 각 동물문의 특성을 정리하면 표와 같다.

구분	연체동물문	환형동물문	절지동물문
체강	진체강	진체강	진체강
체절	없음	있음	있음
키틴질의 외골격	없음	없음	있음

그러므로 분류 기준 ㉠은 진체강이 형성됨, ㉡는 체절 있음, ㉢는 키틴질의 외골격 있음이고, A는 진체강이 형성되고 체절이 없는 연체동물문, B는 진체강이 형성되고 체절이 있고 키틴질의 외골격이 없는 환형동물문, C는 진체강이 형성되고 체절이 있고 키틴질의 외골격이 있는 절지동물문이다.

**정답맞이기** > ㄱ. ㉠은 '진체강이 형성됨'이다.

ㄴ. 연체동물문(A), 환형동물문(B), 절지동물문(C)은 모두 발생 과정에서 원구가 입으로 분화되는 선구동물에 해당한다.

ㄷ. 절지동물문(C)에 속하는 동물에는 나비, 거미, 새우, 가재, 지네 등이 있다.

## 19

**예설** | 종 A에서 종 B로 종 분화되는 것은 지리적 격리 후에 일어났으므로 이소적 종 분화이고, 종 A에서 종 C로 종 분화되는 것은 지리적 격리 없이 일어났으므로 동소적 종 분화이다.

**정답맞이기** > ㄱ. A와 C는 지리적으로 격리되어 있지는 않지만 서로 다른 생물학적 종이므로 생식적으로 격리되었다.

**오답피하기** > ㄴ. 이소적 종 분화에 의해 A로부터 B로 종 분화가 일어난 후에 동소적 종 분화에 의해 A로부터 C로 종 분화가 일어났으므로 A와 C의 유연관계는 B와 C의 유연관계보다 가깝다.

ㄷ. 이소적 종 분화가 동소적 종 분화보다 먼저 일어났다.

## 20

**예설** | 우성인 붉은 눈 암컷이 420개체이므로 열성인 흰 눈 암컷(X<sup>r</sup>X<sup>r</sup>)은 80개체이다. 유전자형 X<sup>r</sup>X<sup>r</sup>의 빈도는  $\frac{80}{500} = 0.16$ 이므로, 흰 눈 대립 유전자(X<sup>r</sup>)의 빈도는 0.4, 붉은 눈 대립 유전자(X<sup>R</sup>)의 빈도는 0.6이다. 우성인 긴 날개 수컷이 180개체이므로 열성인 흔적 날개(tt) 수컷은 320개체이다. 유전자형 tt의 빈도는  $\frac{320}{500} = 0.64$ 이므로 흔적 날개 대립 유전자(t)의 빈도는 0.8, 긴 날개 대립 유전자(T)의 빈도는 0.2이다.

**정답맞이기** > ㄴ. 긴 날개 대립 유전자 T를 가진 개체의 유전자형은 TT, Tt이다. 긴 날개 대립 유전자 T의 빈도를 p, 흔적 날개 대립 유전자 t의 빈도를 q라고 가정했을 때, 긴 날개 대립 유전자 T의 빈도(p)가 0.2, 흔적 날개 대립 유전자 t의 빈도(q)가 0.8이므로 긴 날개 대립 유전자 T를 가진 개체의 수는  $1000(p^2 + 2pq) = 1000(0.04 + 0.32) = 360$ 이다.

ㄷ. 자손(F<sub>1</sub>)에서 흰 눈, 긴 날개인 개체가 나올 확률은 ((수컷의 유전자형이 X<sup>R</sup>Y일 확률) × (X<sup>R</sup>Y와 X<sup>r</sup>X<sup>r</sup> 사이에서 흰 눈이 나올 확률) + (수컷의 유전자형이 X<sup>r</sup>Y일 확률) × (X<sup>r</sup>Y와 X<sup>r</sup>X<sup>r</sup> 사이에서 흰 눈이 나올 확률)) × ((수컷의 유전자형이 TT일 확률) × (TT와 tt 사이에서 긴 날개가 나올 확률) + (수컷의 유전자형이 Tt일 확률) × (Tt와 tt 사이에서 긴 날개가 나올 확률))이므로

$$\left\{ \left( 0.6 \times \frac{1}{2} \right) + \left( 0.4 \times 1 \right) \right\} \times \left\{ \left( 0.04 \times 1 \right) + \left( 0.32 \times \frac{1}{2} \right) \right\} = 0.7 \times 0.2 = 0.14 = \frac{7}{50}$$

**오답피하기** > ㄱ. 하디-바인베르크 평형이 유지되는 집단이므로 세대를 거듭하더라도 대립 유전자의 빈도는 변하지 않는다. 따라서 우성 대립 유전자의 빈도는 일정하다.

실전 모의고사 4회

본문 132~137쪽

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

01

예설 | (가)는 대장균이고, (나)는 식물 세포이다.

정답맞이기 > 가. 대장균은 원핵세포이고, 세포질에 DNA와 리보솜이 존재한다.

나. 식물 세포인 (나)는 미토콘드리아를 가진다.

오답짜이기 > 다. (가)는 펩티도글리칸이 주성분인 세포벽을 가지고, (나)는 셀룰로스가 주성분인 세포벽을 가진다.

02

예설 | (가)에서 대물 마이크로미터 50눈금( $50 \times 10 = 500 \mu\text{m}$ )과 접안 마이크로미터 20눈금이 일치했으므로 접안 마이크로미터 1눈금의 길이는  $25 \mu\text{m}$ 이다.

정답맞이기 > 가. ③은 접안 마이크로미터이다. 접안 마이크로미터는 접안렌즈에 장착하여 사용한다.

나. (가)에서보다 (나)에서의 대물렌즈 배율이 5배 높아졌으므로, (나)에서 접안 마이크로미터 1눈금의 길이는 (가)에서  $25 \mu\text{m}$ 의  $\frac{1}{5}$ 인  $5 \mu\text{m}$ 이다.

다. (나)에서 세포 A의 길이는  $15 \times 5 = 75 \mu\text{m}$ 이므로 (가)에서는 3눈금( $\frac{75 \mu\text{m}}{25 \mu\text{m}}$ )과 겹친다.

03

예설 | ATP를 첨가한  $t_1$  시점 이후에 ①의 내부 pH가 낮아졌으므로 X는 ATP를 이용하여  $\text{H}^+$ 을 ①의 외부에서 내부로 능동 수송하는 운반체 단백질이다.

Y를 첨가한 이후 ①의 내부 pH가  $t_1$  이전과 같아졌으므로 Y는 리포솜 막을 통한  $\text{H}^+$ 의 확산을 촉진한다.

정답맞이기 > 나. Y는 리포솜 막을 통한  $\text{H}^+$ 의 확산을 촉진하여 리포솜 내부와 외부의 pH가 같아지게 한다.

다. ① 외부의  $\text{H}^+$  농도는 ① 내부에  $\text{H}^+$ 이 적게 축적된  $t_2$ 일 때가 ① 내부에  $\text{H}^+$ 이 많이 축적된  $t_3$ 일 때보다 높다. A에서

① 외부의  $\text{H}^+$  농도  
① 내부의  $\text{H}^+$  농도

는  $t_2$ 일 때가  $t_3$ 일 때보다 크다.

오답짜이기 > 가. X는  $\text{H}^+$ 을 ① 외부에서 내부로 능동 수송하여 ① 외부와 내부의  $\text{H}^+$  농도 차가 커지게 한다.

04

예설 | ①은 피루브산, ②은 젖산, ③은 에탄올이다. ④는 NADH, ⑤는  $\text{NAD}^+$ , ⑥는  $\text{CO}_2$ 이다.

정답맞이기 > 가. I은 해당 과정이고, 이 과정의 활성화 단계에서 ATP가 사용되어 과당 2인산이 생성된다.

나. II는 피루브산이 젖산으로 환원되는 단계이고, 이 단계에서 ④(NADH)가 ⑤( $\text{NAD}^+$ )로 산화된다.

다. III은 피루브산이 에탄올로 전환되는 단계이며, 이 단계에서 탈수소 반응( $\text{NADH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NAD}^+ + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ )과 탈탄산 반응( $\text{CO}_2$  생성)이 모두 일어난다.

05

예설 | 반응 속도가 빠를수록 기질의 농도는 빠르게 감소한다. 반응 속도가 빠른 순서는 III > II > I이므로 I은 ②, II는 ③, III은 ①의 결과이다.

정답맞이기 > 나.  $t_1$ 일 때 기질 농도가 감소하는 빠르기가 ②이 ③보다 느리므로 이때 반응 속도는 I에서가 II에서보다 느리다.

다. 반응 속도가 빠를수록 효소·기질 복합체의 농도가 높다.  $t_2$ 일 때 III에서는 A의 농도가 변하지 않으므로 반응 속도가 0이다. 따라서 기질과 결합한 X의 수는 II에서가 III에서보다 많다. 반응 속도의 빠르기는 그래프의 기울기의 절댓값으로도 비교할 수 있다.

오답짜이기 > 가. 기질 농도가 가장 빠르게 감소하는 ①은 효소 X의 농도가 높고 반응 온도가 최적이어서 반응 속도가 가장 빠른 III의 결과이다.

06

예설 | ①은 석신산, ②은 옥살아세트산, ③은  $\alpha$  케토글루타르산이고, ④는 NADH, ⑤는  $\text{FADH}_2$ 이다.

정답맞이기 > 다. ④(NADH)와 ⑤( $\text{FADH}_2$ )가 산화적 인산화 과정에 이용될 때 1분자당 생성되는 ATP는 NADH가 이용될 때가  $\text{FADH}_2$ 가 이용될 때보다 많고, 생성되는  $\text{H}_2\text{O}$  분자 수는 모두 1로 같다.

오답짜이기 > 가. 시트르산의 합성은 옥살아세트산이  $\alpha$  케토글루타르산으로 전환되는 과정인 II에서 일어난다.

나. TCA 회로가 억제되면 NADH와  $\text{FADH}_2$ 의 생성이 억제되어 전자 전달계의  $\text{H}^+$ 의 능동 수송이 억제되므로 ⑦(막 사이 공간)에서의 pH는 억제된 후가 억제되기 전보다 높다.

07

예설 | A는 담자균류인 갯부기균, B는 접합균류인 검은빵곰팡이, C는 자낭균류인 푸른곰팡이이다.

정답맞이기 > 나. B(검은빵곰팡이)는 격벽이 없는 접합균류에 속한다.

오답짜이기 > 가. A는 격벽이 있고 담자 포자가 형성되므로 담자균류인 갯부기균이다.

다. 담자 포자는 담자균류(A)의 분류 특징으로 접합균류에는 없는 특징이므로 ①은 '없음'이고, 격벽은 자낭균류(C)에도 있으므로 ②은 '있음'이다.

08

예설 | ADP를 첨가했을 때  $\text{O}_2$  소비가 촉진되고, ①(내막의 인지질을

통해 H<sup>+</sup>을 새어 나가게 하는 물질)을 첨가했을 때 역시 O<sub>2</sub> 소비가 촉진되었다.

**정답맞이기** ▶ ㄱ. ATP 합성 효소를 통한 H<sup>+</sup>의 이동을 차단하면 전자 전달계에 의한 O<sub>2</sub> 소비가 억제된다. 따라서 ㉠은 미토콘드리아 내막의 인지질을 통해 H<sup>+</sup>을 새어 나가게 하는 물질이다.

ㄴ. ㉠이 첨가되어 미토콘드리아 내막을 통해 H<sup>+</sup>이 새어 나감에 따라 O<sub>2</sub> 소비가 빨라졌다. O<sub>2</sub> 소비는 전자 전달계가 빠르게 진행될수록 빠르다. 그러므로 전자 전달이 빠르게 일어나는 t<sub>2</sub>일 때가 t<sub>1</sub>일 때보다 내막을 통한 H<sup>+</sup>의 이동 속도(능동 수송 포함)가 빠르다.

**오답짜이기** ▶ ㄷ. ㉠(내막의 인지질을 통해 H<sup>+</sup>을 새어 나가게 하는 물질)이 첨가된 조건에서는 같은 양의 ATP를 생성하는 데 더 많은 H<sup>+</sup>의 능동 수송이 일어나야 하므로 ㉡에서보다 ㉢에서 더 많은 양의 O<sub>2</sub>가 소비된다.

## 09

**예설** | ㉠은 엽록소 b, ㉡은 엽록소 a, ㉢은 카로틴이다.

**정답맞이기** ▶ ㄴ. 680 nm에서 빛의 흡수율은 엽록소 a(㉡)가 엽록소 b(㉠)보다 높다.

ㄷ. 전개울은 원점에서 용매 전선까지의 거리에 대한 원점에서 색소까지의 거리의 비율이므로 전개울이 클수록 원점과 색소 사이의 거리는 멀고, 용매 전선과 색소 사이의 거리는 가깝다. 따라서 종이 크로마토그래피 결과 전개울이 큰 ㉢이 전개울이 작은 ㉡보다 용매 전선에 더 가까운 위치까지 전개된다.

**오답짜이기** ▶ ㄱ. 광계 I, II의 반응 중심 색소는 모두 엽록소 a(㉡)이다.

## 10

**예설** | ㉠은 NADPH, X는 RuBP, Y는 3PG(PGA)이다.

**정답맞이기** ▶ ㄷ. CO<sub>2</sub> 고정 과정(㉡)에서 RuBP(X)에 CO<sub>2</sub>가 결합하여 3PG(PGA)(Y)가 생성된다.

**오답짜이기** ▶ ㄱ. (가)에서 ATP의 합성은 빛에너지에 의해 전자가 광계 II에서 광계 I로 전달되는 동안 틸라코이드 내부로 능동 수송된 H<sup>+</sup>이 ATP 합성 효소를 통해 스트로마 쪽으로 확산되면서 합성된다. 이 과정은 기질 수준 인산화가 아니고 광인산화이며, 일종의 화학 삼투에 의한 인산화이다.

ㄴ. 캘빈 회로에서 NADPH는 G3P로부터 RuBP가 생성되는 과정(㉢)에는 이용되지 않고 3PG(PGA)로부터 G3P가 생성되는 과정(㉡)에 이용된다.

## 11

**예설** | G<sub>0</sub>의 DNA는 <sup>15</sup>N-<sup>15</sup>N이므로 모두 하층에 존재한다. G<sub>1</sub>~G<sub>4</sub>까지의 DNA를 다음 표와 같은 방법으로 추론할 수 있다. G<sub>1</sub>과 G<sub>2</sub>는 <sup>14</sup>N가 들어 있는 배지에서 배양한 결과이고 G<sub>3</sub>과 G<sub>4</sub>는 <sup>15</sup>N가 들어 있는 배지에서 배양한 결과이다. 화살표를 이용하면 한 세대의 2중 가닥 DNA를 구성하는 각 단일 가닥이 DNA의 반보존적 복제에 의해 2중 가닥 DNA로 합성되었을 때, 각각이 다음 세대에서 어느 층에 위치하게 되는지를 파악하는 데 도움이 된다.

세대	G <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>
구분					
A(하층)	1	0	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{8}$
B(상층)	0	0	$\frac{1}{2}$	0	0
C(중층)	0	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$

※ 표의 화살표는 DNA 1개가 반보존적으로 복제되었을 때 만들어지는 2개의 DNA가 각각 어느 층에 위치하는지를 나타낸다.

(라)의 표를 완성하면 다음과 같다.

세대	G <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>
구분					
A	1	0(㉠)	0	0.25(㉡)	0.625
B	0	0	0.5	0	0
C	0	1	0.5(㉢)	0.75	0.375(㉣)

**정답맞이기** ▶ ㄱ. G<sub>1</sub>의 DNA는 모두 중층(C)에 존재하므로 ㉠(하층 A) DNA의 비율은 0이다.

ㄷ. G<sub>0</sub>의 DNA는 모두 <sup>15</sup>N-<sup>15</sup>N이므로 하층에 존재하고, G<sub>1</sub>의 DNA는 모두 중층에 존재한다. G<sub>1</sub>에서 C에 존재하는 DNA의 비율이 1이므로 C는 중층이고, G<sub>0</sub>과 G<sub>1</sub>에서 B의 DNA의 비율은 0이므로 B는 상층이다. 따라서 A는 하층이다.

**오답짜이기** ▶ ㄴ. ㉡은 0.5, ㉢은 0.25, ㉣은 0.375이므로 ㉡ ≠ ㉢ + ㉣이다.

## 12

**정답맞이기** ▶ ㄴ. 상층액 ㉠에는 대장균에서 분리된 <sup>35</sup>S로 표지된 파지의 단백질 껍질이 있다.

ㄷ. 침전물 ㉡에는 대장균 안으로 들어가 믹서 작동에 의해 분리되지 않은 <sup>32</sup>P로 표지된 파지의 유전 물질(DNA)이 있다.

**오답짜이기** ▶ ㄱ. 대장균의 표면에 부착된 파지의 단백질 껍질을 대장균으로부터 분리하기 위한 과정은 믹서 작동이다. 믹서 작동 결과 만들어진 대장균과 대장균으로부터 분리된 파지의 단백질이 섞여 있는 혼합액을 원심 분리시키면 대장균은 침전물에, 파지의 단백질 껍질은 상층액에 서로 분리된다.

## 13

**예설** | y의 전사가 촉진되지 않고 x의 전사만 촉진되는 경우가 있으므로 Y는 x의 전사를 촉진하는 전사 인자가 아니며, X가 y의 전사를 촉진한다. Y가 x의 전사를 촉진한다면 y의 전사가 촉진되지 않는 조건에서 x의 전사가 촉진될 수 없다. x는 A 또는 D가 제거되어도 전사가 촉진되므로 x의 전사를 촉진하는 전사 인자 결합 부위는 B와 C이다. x의 전사가 촉진되어 X가 생성될 때 E, F가 제거되어도 y의 전사가 촉진되고 G, H가 제거되면 y의 전사가 촉진되지 않으므로 전사 인자 X 결합 부위는 G 또는 H 중 하나이다.

**정답맞이기** ▶ ㄱ. ㉠은 B와 C이므로 C를 포함한다.

ㄴ. y의 전사를 촉진하는 전사 인자는 X이므로 x의 전사가 촉진되는 (라)에는 y의 전사를 촉진하는 전사 인자 X가 존재한다. 다만, x의

결합 부위가 제거되어  $y$ 의 전사가 촉진되지는 않는다.

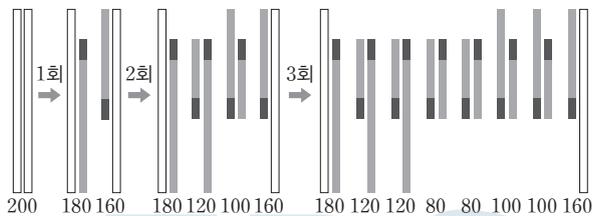
ㄷ. (마)는  $x$ 의 전사 인자 결합 부위 B, C와  $y$ 의 전사 인자 결합 부위 G 또는 H가 제거되지 않은 조건이므로  $x$ 와  $y$ 의 전사가 모두 촉진된다.

## 14

**예설** | I은 약 90~95 °C에서 진행되는 DNA 변성 단계이고, II는 약 50~60 °C에서 진행되는 프라이머 결합 단계이며, III은 약 72 °C에서 진행되는 DNA 합성 단계이다. ㉠의 프라이머는 주형 가닥의 3' 말단 쪽 21번째 염기부터, ㉡의 프라이머는 주형 가닥의 3' 말단 쪽 41번째 염기부터 결합하므로 PCR의 목적 DNA는 40염기쌍 길이이다.

**정답맞이기** ㄱ. I~III 중 설정 온도는 DNA 변성이 일어나는 I이 가장 높다.

ㄴ. DNA (가) 1분자를 이용하여 I~III을 3회 반복하면 생성물에 80개의 염기로 구성된 단일 가닥과 40개의 염기로 구성된 단일 가닥으로 이루어진 120개의 염기로 구성된 DNA가 2분자 존재한다.



**오답맞이기** ㄷ. PCR를 30회 반복할 때 가장 많이 만들어지는 2중 나선 DNA는 40개의 염기로 구성된 단일 가닥 2개로 이루어져 있으므로, 총 80개의 염기로 구성되어 있다.

## 15

**예설** | ㉠는 호기성 세균이고, ㉡는 광합성 세균이다.

**정답맞이기** ㄴ. 미토콘드리아와 엽록체는 모두 독자적인 DNA와 2중 막을 갖는다.

ㄷ. (나)는 엽록체와 미토콘드리아가 모두 있으므로 광합성과 산소 호흡을 모두 수행할 수 있는 독립 영양 생물이다.

**오답맞이기** ㄱ. (가)는 미토콘드리아와 엽록체가 없고, 무산소 호흡을 하는 종속 영양 생물이다.

## 16

**예설** | 류신을 지정하는 코돈은 UUA, UUG, CUU, CUC, CUA, CUG이며 첫 번째 염기가 U 또는 C이고, 두 번째 염기는 모두 U이다. (나)를 주형으로 X의 mRNA가 합성된다면 이 mRNA는 개시 코돈(AUG)부터 종결 코돈(UAA)까지 9개의 코돈이 있지만, 1개의 염기쌍이 결실될 때 두 번째 염기가 U인 코돈 3개가 연속되는 경우가 없다.

X의 mRNA는 (가)를 주형으로 합성되며, 이 mRNA에는 개시 코돈(AUG)부터 종결 코돈(UGA)까지 7개의 코돈이 있고, 2번째 아미노산을 지정하는 코돈의 2번째 염기인 A이 결실되면 류신을 지정하는 코돈 3개(CUC/CUU/CUC)가 연속된다.

**정답맞이기** ㄱ. 조건을 만족하는 전사 주형 가닥은 (가)이다.

ㄴ. X 합성에 이용되는 mRNA는 개시 코돈(AUG)부터 종결 코돈(UGA)까지 7개의 코돈이 있으므로, X는 6개의 아미노산으로 구성되고 5개의 펩타이드 결합을 갖는다.

**오답맞이기** ㄷ. Y를 지정하는 mRNA는 X 합성에 이용되는 mRNA에서 아데닌(A)이 빠져 있는 것과 같으므로  $y$ 는  $x$ 의 전사 주형 가닥에서 티민(T)이 결실된 것이다.

## 17

**정답맞이기** ㄱ. 포도당이 없고 젓당이 있는 조건(A)일 때, 야생형 대장균에서는 젓당 오페론의 구조 유전자가 전사되고 번역되어 젓당 분해 효소가 생성된다.

ㄴ. 젓당 오페론을 조절하는 조절 유전자가 결실된 돌연변이(I)에서는 억제 단백질이 생성되지 않는다. 따라서 I은 A와 B의 조건에서 모두 젓당 오페론의 작동 부위에 억제 단백질이 결합하지 않으므로 젓당 분해 효소를 생성한다.

**오답맞이기** ㄷ. 젓당 오페론의 억제 단백질이 결합하지 못하는 작동 부위 돌연변이(II)에서는 억제 단백질이 작동 부위에 결합할 수 없다. 따라서 II는 A와 B의 조건일 때 모두 젓당 분해 효소 생성이 억제되지 않는다.

## 18

**정답맞이기** ㄱ. 남세균은 세균(진정세균)이고 극호염균은 고세균이다. 세균(진정세균)과 고세균에 속하는 생물은 모두 원핵생물이며 단세포 생물이다.

**오답맞이기** ㄴ. 솔이끼는 식물이므로 셀룰로스가 주성분인 세포벽을 갖고, 푸른곰팡이는 자낭균류이므로 키틴질의 세포벽을 갖지만, 모기는 절지동물이므로 세포벽을 갖지 않고 키틴질의 외골격을 갖는다.

ㄷ. 3역 6계 분류 체계에서 고세균역은 세균역(진정세균역)보다 진핵 생물역과의 유연관계가 가깝다. 따라서 극호염균과 남세균의 유연관계보다 극호염균과 푸른곰팡이의 유연관계가 가깝다.

## 19

**정답맞이기** ㄱ. 최근에 중 분화된 B와 A의 유연관계가 과거에 중 분화된 B와 C의 유연관계보다 가깝다.

ㄷ. II에서 B와 C는 서로 다른 생물학적 종이므로 자연 상태에서 생식적으로 격리되어 있다.

**오답맞이기** ㄴ. A와 B의 중 분화는 호수가 분리된 후, B가 I과 II에 지리적으로 격리된 상태에서 I의 B가 A로 변화되어 일어난 것으로 파악된다. 따라서 A와 B의 중 분화는 이소적 중 분화이다.

## 20

**예설** | AA\*인 사람이 정상이므로 A는 정상 대립 유전자이며, ㉠은 유전자형이 A\*A\*일 때만 발현되는 열성 유전병이다. A의 빈도를  $p$ , A\*의 빈도를  $q$ 라고 할 때, 임의의 남성에서 생성된 정자가 A\*를 가질 확률은  $q$ 이고, 임의의 정상 여성에서 생성된 난자가 A\*를 가질 확률은 정상 여성의 유전자형은 AA( $p^2$ )와 AA\*( $2pq$ )이고, 여기서

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

전체 대립 유전자 수는  $2(p^2+2pq)$ ,  $A^*$ 의 수는  $2pq$ 로 나타낼 수 있으므로  $\frac{2pq}{2(p^2+2pq)} = \frac{pq}{p(p+2q)} = \frac{q}{(1+q)}$ 이다. (가)에서 임의의 남성이 임의의 정상인 여성과 결혼하여 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 ㉠이 발현될 확률은  $\frac{1}{6}$ 이므로,  $q \times \frac{q}{(1+q)} = \frac{1}{6}$ ,  $6q^2=1+q$ ,  $6q^2-q-1=0$ 이고, (가)에서  $q=0.5$ ,  $p=0.5$ 이다.

(나)에서 ㉠이 발현되는 남성( $A^*A^*$ )에서 만들어지는 정자는 모두  $A^*$ 를 가지므로, (나)에서 ㉠이 발현되는 남성이 임의의 정상인 여성과 결혼하여 아이가 태어날 때 이 정상인 여성에서  $A$ 를 가진 난자가 수정에 참여해야만 유전자형이  $AA^*$ 인 정상 아이가 태어날 수 있다.

정상 여성에서 만들어지는 난자가  $A$ 를 가질 확률은  $\frac{2p^2+2pq}{2(p^2+2pq)} = \frac{2p(p+q)}{2p(p+2q)} = \frac{1}{1+q}$ 이고 이 값이  $\frac{4}{5}$ 이므로,  $\frac{1}{1+q} = \frac{4}{5}$ ,  $4+4q=5$ 이고,  $q = \frac{1}{4}$ ,  $p = \frac{3}{4}$ 이다.

**정답맞이기** ㄱ. (가)에서 정상인 사람의 수는  $(p^2+2pq) \times 10000 = 0.75 \times 10000$ 이므로 7500이고, ㉠이 발현되는 사람의 수는  $q^2 \times 10000 = 0.25 \times 10000$ 이므로 2500이다.

ㄴ. (가)에서 ㉠이 발현되는 사람의 수는  $q^2 \times 10000 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 10000 = 2500$ 이고, (나)에서 ㉠이 발현되는 사람의 수는  $q^2 \times 10000 = \left(\frac{1}{4}\right)^2 \times 10000 = 625$ 이므로, ㉠이 발현되는 사람의 수는 (가)에서가 (나)에서보다 1875가 많다.

**오답피하기** ㄷ. (나)에서  $A$ 의 빈도( $\frac{3}{4}$ )는  $A^*$ 의 빈도( $\frac{1}{4}$ )의 3배이다.

### 01

**예설** | 배율이  $n$ 배 늘어나면 대물 마이크로미터 1눈금과 겹치는 접안 마이크로미터의 눈금 수도  $n$ 배 늘어난다.

**정답맞이기** ㄱ. 이 현미경은 광학 현미경이다. 광학 현미경의 해상력은 전자 현미경에 비해 낮다.

**오답피하기** ㄴ.  $A$ 의 길이는  $40 \mu\text{m}$ 이고, 배율이 ⑥배일 때 20눈금이 겹쳤으므로 배율이 ⑥배일 때 접안 마이크로미터 1눈금의 길이는  $2 \mu\text{m}$ 이다. 배율이 ③배일 때 10눈금이 겹쳤으므로 ③배일 때 1눈금의 길이는  $4 \mu\text{m}$ 이다. 그러므로 배율이 ③배일 때 대물 마이크로미터 2눈금과 접안 마이크로미터 5눈금이 일치한다.

ㄷ. 배율이 ③배일 때  $A$ 와 겹치는 눈금 수가 10이고, 배율이 ⑥배일 때  $A$ 와 겹치는 눈금 수가 20이므로  $\frac{③}{⑥} = \frac{1}{2}$ 이다.

### 02

**예설** | 남세균은 원핵세포, 쥐의 간세포와 효모는 진핵세포이다.

**정답맞이기** ㄷ.  $C$ 는 진핵세포인 효모이므로 핵막이 있다.

**오답피하기** ㄱ. 미토콘드리아는 쥐의 간세포와 효모에 있고, 세포벽은 남세균과 효모에 있다. 빛에너지를 화학 에너지로 전환하는 생물은 남세균이다. 그러므로 ㉠이 '빛에너지를 화학 에너지로 전환한다.'이고, 3개의 특징을 모두 갖는 세포가 없고, '빛에너지를 화학 에너지로 전환한다.'는 남세균만 갖는 특징이므로 ③은 '○'이고,  $B$ 는 남세균이다. 남세균에 있는 특징인 ④은 '세포벽이 있다.'이고,  $C$ 도 세포벽이 있으므로  $C$ 는 효모이다.  $A$ 는 쥐의 간세포이고, ⑤은 '미토콘드리아가 있다.'이다. 남세균은 미토콘드리아가 없으므로 ⑥은 '×'이다.

ㄴ. 크리스타 구조를 갖는 세포 소기관은 미토콘드리아이다.  $A$ (쥐의 간세포)에는 미토콘드리아가 있지만  $B$ (남세균)에는 미토콘드리아가 없다.

### 03

**예설** | 식물 세포를 증류수에 넣으면 세포에서 나가는 물의 양보다 세포로 들어오는 물의 양이 많아 세포의 부피가 시간에 따라 증가한다. 세포의 부피가 증가할수록 삼투압과 흡수력은 감소하고 팽압은 커진다.  $V_2$ 일 때 (나)의 값이 0이므로 (가)는 삼투압, (나)는 흡수력이다.

**정답맞이기** ㄱ.  $V_2$ 일 때 흡수력이 0이므로 팽압과 삼투압의 크기가 서로 같다. 그러므로  $V_2$ 일 때 팽압은 ②와 같다.

ㄴ.  $V_1$ 일 때 흡수력이 3이고  $V_2$ 일 때 흡수력이 0이므로  $V_2$ 는  $V_1$ 보다 크다.

ㄷ.  $X$ 를 고장액에 넣으면 세포로 들어오는 물의 양보다 세포에서 빠져나가는 물의 양이 많아 세포의 부피가 감소하며 이로 인해 원형질

분리가 일어난다.

## 04

**예설** | 효소의 농도가 높으면 초기 반응 속도는 더 빠르다. 경쟁적 저해제는 기질의 농도가 높으면 효소에 결합할 확률이 낮다. A는 III, B는 I, C는 II에서의 기질 농도에 따른 초기 반응 속도이다.

**정답맞이기** > ㄱ. 기질의 농도가 일정 수준보다 낮을 경우에는 B와 C가 차이가 나고, 기질의 농도가 일정 수준보다 높을 경우에는 B와 C가 같아지므로 ㉠은 경쟁적 저해제이다. 경쟁적 저해제는 X의 활성 부위에 결합한다.

**오답짜이기** > ㄴ. 효소·기질 복합체의 농도와 초기 반응 속도는 비례한다. S<sub>1</sub>일 때 III에서의 초기 반응 속도는 50이고, S<sub>2</sub>일 때 II에서의 초기 반응 속도는 50보다 낮으므로 효소·기질 복합체의 농도는 S<sub>2</sub>일 때 II에서 S<sub>1</sub>일 때 III에서보다 낮다.

ㄷ. III에서  $\frac{\text{기질과 결합한 X의 수}}{\text{기질과 결합하지 않은 X의 수}}$ 는 S<sub>1</sub>일 때가 1이고, S<sub>2</sub>일 때는 1보다 크다.

## 05

**예설** | ㉠과 ㉡ 혹은 ㉢과 ㉣은 한 공간에서 일어나지 않는 물질대사이므로 II에서는 ㉠과 ㉣이 일어나며, (가)는 미토콘드리아이다.

**정답맞이기** > ㄴ. 미토콘드리아 전자 전달계의 최종 전자 수용체는 O<sub>2</sub>이다.

**오답짜이기** > ㄱ. ATP 합성 효소에서 ATP가 합성될 때 pH는 막 사이 공간인 I에서 기질인 II에서보다 낮다.

ㄷ. II는 기질이므로 탄소 고정 반응이 아닌 탈탄산 반응이 일어난다.

## 06

**예설** | 효모는 산소가 풍부할 때는 산소 호흡을 하고, 산소가 부족할 때는 알코올 발효를 한다. (가)와 (나)에서 공통으로 생성되는 ㉣은 NADH이다. ㉠은 ATP, ㉡은 CO<sub>2</sub>이다.

**정답맞이기** > ㄱ. (가)는 해당 과정이다. 해당 과정에서는 ㉠(ATP)이 사용된다.

ㄴ. (나)는 피루브산이 아세틸 CoA로 산화되는 과정이다. 이 과정은 미토콘드리아의 기질에서 일어난다.

**오답짜이기** > ㄷ. (다)에서는 ATP와 NADH가 생성되지 않고 CO<sub>2</sub>만 생성된다. 그러므로 (다)에서는 ㉠~㉣ 중 ㉡만 생성된다.

## 07

**예설** | 암실에 있던 엽록체에 빛을 비추면 틸라코이드 막에서의 전자 전달이 일어나고, 스트로마의 H<sup>+</sup>이 틸라코이드 내부로 능동 수송된다.

**정답맞이기** > ㄷ. t<sub>1</sub>일 때 ㉠에서 ㉡으로 H<sup>+</sup>의 이동이 일어난다. t<sub>1</sub>일 때 pH가 변하지 않는 것은 ㉠에서 ㉡으로의 H<sup>+</sup> 이동량과 ㉢에서 ㉣으로의 H<sup>+</sup> 이동량이 같아 평형을 이루기 때문이다.

**오답짜이기** > ㄱ. ㉠은 틸라코이드 내부, ㉢은 스트로마이다. (나)에서 빛을 공급하였을 때 pH가 상승하므로 (나)는 스트로마의 pH 변화이다.

ㄴ. H<sub>2</sub>O의 광분해는 틸라코이드 내부(㉢)에서 일어난다.

## 08

**예설** | ㉠으로부터 ㉣이 합성되는 과정에는 CO<sub>2</sub>가 필요하고 명반응 산물인 ATP와 NADPH는 필요하지 않다. ㉠으로부터 G3P를 거쳐 ㉣이 합성되는 과정에서는 명반응 산물인 ATP와 NADPH는 필요하고, CO<sub>2</sub>는 필요하지 않다. ㉠은 3PG(PGA), ㉡은 RuBP이다.

**정답맞이기** > ㄱ. CO<sub>2</sub>의 농도를 감소시키면 3PG(PGA)가 G3P로 전환되는 속도보다 RuBP가 3PG(PGA)로 전환되는 속도가 빠르게 감소하여, 3PG(PGA)의 농도가 시간에 따라 감소한다. 그러므로 A는 ㉠이다.

ㄴ. ㉠의 탄소 수는 3, 인산기 수는 1이고, ㉡의 탄소 수는 5, 인산기 수는 2이다. 그러므로 1분자당  $\frac{\text{탄소 수}}{\text{인산기 수}}$ 는 ㉠이 ㉡보다 크다.

ㄷ. NADP<sup>+</sup>는 3PG(PGA)가 G3P로 전환되는 과정에서 생성되므로 단위 시간당 생성되는 NADP<sup>+</sup>의 양은 t<sub>1</sub>일 때가 t<sub>2</sub>일 때보다 많다.

## 09

**예설** | 인지질을 통해 H<sup>+</sup>을 새어 나가게 하는 물질을 처리하면 막 사이 공간과 기질(바탕질)의 pH 차이가 감소하여 ATP가 합성되지 않는다. O<sub>2</sub>는 최종 전자 수용체로 O<sub>2</sub>가 감소한 만큼 전자 전달계의 전자 이동이 일어난다.

**정답맞이기** > ㄴ. 단위 시간당 전자 전달계를 통해 이동하는 전자의 수는 단위 시간당 소모되는 O<sub>2</sub>의 양과 비례한다. 그러므로 구간 II에서 단위 시간당 전자 전달계를 통해 이동하는 전자의 수는 ㉠에서 ㉡에서보다 많다.

**오답짜이기** > ㄱ. TCA 회로와 산화적 인산화는 연계되어 일어나므로 산화적 인산화에서 소모된 O<sub>2</sub>의 양과 TCA 회로에서 소모된 석신산(숙신산)의 양은 비례한다. 그러므로 ㉠에서 단위 시간당 소모되는 석신산(숙신산)의 양은 구간 I에서 II에서보다 적다.

ㄷ. ㉠에서는 정상적으로 ATP가 합성되지만 ㉡에서는 X로 인해 ATP 합성을 위한 화학 삼투를 형성할 수 없다. 그러므로 t<sub>1</sub>과 t<sub>2</sub> 사이에서 합성된 ATP의 양은 ㉠에서 ㉡에서보다 많다.

## 10

**예설** | 에이버리는 열처리한 S형균과 R형균을 혼합하였을 때는 형질 전환이 일어나지만 열처리한 S형균과 R형균을 혼합하고 DNA 분해 효소를 첨가하였을 때는 형질 전환이 일어나지 않는다는 점을 알아내고 유전 물질이 DNA임을 주장하였다.

**정답맞이기** > ㄱ. ㉠은 S형균, ㉡은 R형균이다. 살아 있는 R형균에는 피막이 없으며, 살아 있는 S형균에는 피막이 있다.

ㄴ. ㉢은 DNA 분해 효소이다. DNA를 구성하는 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 인(P)이다.

ㄷ. A는 살고, B는 죽었으므로 ㉢을 처리한 실험에서는 형질 전환이 일어나지 않았고, ㉣을 처리한 실험에서는 형질 전환이 일어났다.

## 11

**예설** | 2중 가닥 DNA에서 퓨린 계열 염기인 A와 G의 합과 피리미딘 계열 염기인 C와 T의 합은 모두 50%이다. RNA의 염기 조성은 DNA의 비주형 가닥과 같으며 DNA의 비주형 가닥에서 T이 존재하는 위치에 RNA는 U이 존재한다. I에서 A와 G의 합은 200이고  $\frac{G}{A} = \frac{7}{3}$ 이므로 A는 60, G은 140, T은 60, C은 140이다.

II에서 C와 T의 합은 200이고,  $\frac{T}{C}$ 은 I에서  $\frac{T}{A}$ 과 같으므로 C은 100, T은 100, G은 100, A은 100이다. X에서  $\frac{C}{G} = \frac{3}{4}$ 이므로 C과 G의 합은 7의 배수이다.

**정답맞이기** > ㄱ. I에서 C과 G의 합은 280이고, II에서 C과 G의 합은 200이다. X에서 C과 G의 합이 7의 배수이므로 X는 I로부터 전사된 RNA이다.

ㄴ. I에는 2개의 수소 결합으로 연결된 A-T 염기쌍이 60개이고, 3개의 수소 결합으로 연결된 G-C 염기쌍이 140개이다. 그러므로 I에서 염기 간 수소 결합의 총수는 540이다. II에서 2개의 수소 결합으로 연결된 A-T 염기쌍이 100개이고, 3개의 수소 결합으로 연결된 G-C 염기쌍이 100개이므로 II에서 염기 간 수소 결합의 총수는 500이다. 그러므로 염기 간 수소 결합의 총수는 I이 II보다 40개 많다.

**오답피하기** > ㄷ. I에서 G은 140개, II에서 G은 100개, X에서 G은 80개이므로 I에서 G은 II에서 G과 X에서 G을 합한 것보다 적다.

## 12

**예설** | 밀러는 실험을 통해 원시 지구에서 간단한 유기물이 합성됨을 밝혔다.

**정답맞이기** > ㄴ. 전기 방전은 원시 지구에 존재한 풍부한 에너지를 가정한 것이다. 전기 방전이 제공한 에너지로 아미노산이 합성된다.

**오답피하기** > ㄱ. 밀러는 원시 지구의 대기를 환원성 대기로 가정하고  $CH_4$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $H_2$  등으로 혼합 기체를 만들었으며,  $O_2$ 는 혼합 기체에 포함하지 않았다.

ㄷ. 밀러의 실험에서는 간단한 유기물이 관찰되었으며, 코아세르베이트는 관찰되지 않았다.

## 13

**예설** | 진핵생물에서 유전자가 발현되기 위해서는 여러 가지 전사 인자가 필요하다. 전사 인자는 전사 인자 결합 부위에 결합하여 RNA 중합 효소가 프로모터에 결합하는 것을 비롯한 전사 과정에 영향을 준다. (가)에서  $x$ 만 발현되므로 C에 결합하는 전사 인자만 존재한다. (가)에 ㉠을 넣어주었을 때  $w, x, y, z$ 가 모두 발현되므로 ㉠은 A에 결합하는 전사 인자이며,  $z$ 는 B에 결합하는 ㉡을 암호화한다.

**정답맞이기** > ㄴ. (가)에 ㉠을 넣었을 때 추가로 발현되는  $z$ 의 전사 인자 ㉡이 암호화되어 있어야만 (가)에서  $w$ 가 발현될 수 있다.

**오답피하기** > ㄱ. 하나의 전사 인자만 있는 (가)에 ㉠을 넣어주었을 때  $w, x, y, z$ 가 모두 발현되므로 ㉠을 넣어준 (가)에서는 ㉡이 합성된다. ㉠은 A에 결합하고 ㉡은 B에 결합한다.

ㄷ. (나)에는 ㉠과 ㉡이 있고, ㉢이 없으므로  $w$ 가 전사되기 위해서는 (나)에 ㉢을 넣어주어야 한다.

## 14

**예설** | 2중 가닥 DNA을 구성하는 각각의 가닥은 모두 전사 주형 가닥이 될 수 있다. 제시된 가닥이 주형 가닥이라고 하면 전사된 mRNA의 염기 서열은 다음과 같다.

5'-AUG/GGC/UCG/GCA/AGC/AGC/UAG/CCA/U-3'  
제시된 가닥이 비주형 가닥이라고 하면 전사된 mRNA의 염기 서열은 다음과 같다.

5'-AUG/GCU/AGC/UGC/UUG/CCG/AGC/CCA/U-3'  
P, Q, R의 합성은 모두 개시 코돈에서 시작하여 종결 코돈에서 끝나므로  $p$ 가 합성될 때는 제시된 가닥이 주형 가닥으로 사용되었다.  $q$ 는  $p$ 에서 1개의 AT쌍을 포함하는 4개의 염기쌍이 결실되어 만들어졌으므로 5'-AUG/GCU/AGC/UGC/UUG/CCG/AGC/CCA/U-3'에서 5'-TGCC-3'에 해당하는 부분이 결실되어  $q$ 가 만들어졌다.  $r$ 는 P의 전사 주형 가닥의 C 중 하나가 A으로 치환되어 만들어졌다. 만약 제시된 가닥이 주형 가닥이라고 하면 mRNA의 염기는 G이 U로 치환되고, 비주형 가닥이라고 하면 mRNA의 염기는 C이 A으로 치환된다.  $r$ 와  $p$ 의 종결 코돈이 서로 다르므로 제시된 가닥은 비주형 가닥이며  $p$ 의 mRNA에서 UGC인 부위가  $r$ 의 mRNA에서는 UGA이다.

5'-AUG/GCU/AGC/UGC/UUG/CCG/AGC/CCA/U-3'  
5'-AUG/GCU/AGC/UGA/UUG/CCG/AGC/CCA/U-3'  
**정답맞이기** > ㄱ.  $r$ 의 종결 코돈은 UGA이고,  $q$ 의 종결 코돈도 UGA이다.

ㄴ. P는 6개의 아미노산으로 이루어진 폴리펩타이드이므로 펩타이드 결합이 5개 있다. Q는 4개의 아미노산으로 이루어진 폴리펩타이드이므로 펩타이드 결합이 3개 있다. R는 3개의 아미노산으로 이루어진 폴리펩타이드이므로 펩타이드 결합이 2개 있다. 그러므로 P의 펩타이드 결합 수는 Q의 펩타이드 결합 수와 R의 펩타이드 결합 수를 합한 것과 같다.

ㄷ. P의 아미노산 서열은 메싸이오닌-글라이신-세린-알라닌-세린-세린이다. Q의 아미노산 서열은 메싸이오닌-알라닌-세린-시스테인이다. R의 염기 서열은 메싸이오닌-알라닌-세린이다. P에서 세린의 수는 3이고, Q와 R에서 세린의 수는 모두 1이므로 P에서 세린의 수는 Q에서 세린의 수와 R에서 세린의 수를 합한 것보다 많다.

## 15

**예설** | 하디-바인베르크 평형이 유지되는 집단은 세대가 거듭되어도 대립 유전자의 빈도가 변하지 않는다. I에서 A의 빈도를  $p$ 라고 하고 a의 빈도를  $q$ 라고 하자. II에서 검은색 털 대립 유전자 A의 빈도를  $p'$ 라고 하고, 흰색 털 대립 유전자 a의 빈도를  $q'$ 라고 하자. I의 개체수는 ㉠, II의 개체수는 ㉡이라고 하자.

I에서  $\frac{\text{유전자형이 동형 접합인 개체수}}{\text{흰색 털 개체수}} = 17$ 이므로

$\frac{(1-q)^2 \times \text{㉠} + q^2 \times \text{㉡}}{q^2 \times \text{㉠}} = 17$ 이다. 이 식을 풀면  $q$ 는 0.2,  $p$ 는 0.8이다.

다. I에서 검은색 털 개체의 비율  
II에서 이형 접합인 개체의 비율  $= 2$ 이므로  $\frac{p^2 + 2pq}{2p'q'} = 2$ 이고,

II에서 흰색 털 개체가 검은색 털 개체보다 많으므로  $p'$ 는 0.4,  $q'$ 는 0.6이다. I에서 흰색 털 개체수와 II에서 흰색 털 개체수의 합이 2320이므로  $0.04 \times \text{㉠} + 0.36 \times \text{㉡} = 2320$ 이다. 유전자형이 이형 접합인 개체수는 II에서가 I에서보다 1600개체 많으므로  $0.48 \times \text{㉠} - 0.32 \times \text{㉡} = 1600$ 이다. 이를 계산하면 ㉠은 4000, ㉡은 6000이다.

**정답맞히기** > 가. I에서 A의 빈도는 0.8, a의 빈도는 0.2이다.

나. I의 개체수는 4000, II의 개체수는 6000이므로 개체수의 합은 10000이다.

다. I에서 a의 수는  $2 \times 0.8 \times 0.2 \times 4000 + 0.2 \times 0.2 \times 4000 \times 2 = 1600$ 이다. II에서 a의 수는  $2 \times 0.4 \times 0.6 \times 6000 + 0.6 \times 0.6 \times 6000 \times 2 = 7200$ 이다. I과 II를 합쳐 새로운 집단을 구성하였을 때 이 집단에서 A와 a를 더한 값은 20000이므로 a의 빈도는 0.44이다.

## 16

**예설** | 분류 단계 중 하위 단계가 같으면 상위 단계도 같다. 학명은 속명과 종소명으로 이루어지며 (가)와 (라)의 속명이 서로 같으므로 같은 과와 목에 속한다. (가)와 (라)는 모두 메꽃과, 가지목에 속하고, (나)는 가지과, 가지목에 속한다. (다)는 가지과나 메꽃과에 속하지 않는다.

**정답맞히기** > 나. B는 (가)와 같은 목에 속하고 다른 과에 속하는 (나)이다.

다. (가)와 (나)는 같은 목에 속하고 (가)와 (다)는 다른 목에 속하므로 (가)와 (나)의 유연관계는 (가)와 (다)의 유연관계보다 가깝다.

**오답피하기** > 가. A는 (가)와 속명이 서로 같아 유연관계가 가장 가까운 (라)이다. (라)는 장미목이 아닌 가지목에 속한다.

## 17

**예설** | 관련된 다수의 유전자가 하나의 조절 방식으로 조절되는 것을 오페론이라고 한다. 젓당(젓당 유도체) 대사와 관련된 여러 유전자가 공통의 프로모터, 작동 부위, 조절 유전자에 의해 조절되는데 이를 젓당 오페론이라고 한다. A는 젓당이 있는 배지에서도 젓당과 억제 단백질이 결합하지 못하므로 억제 단백질을 합성하지 못하거나 젓당과 결합하지 못하는 억제 단백질이 만들어지는 돌연변이 대장균이다. 젓당이 있는 배지에서 젓당 분해 효소를 합성하지 않는 것으로 보아 젓당과 결합하지 못하는 억제 단백질이 합성되는 것을 알 수 있다. B는 젓당이 없는 배지에서도 젓당 분해 효소를 합성하므로 작동 부위의 돌연변이로 인해 작동 부위에 억제 단백질이 결합하지 못한다.

**정답맞히기** > 다. B는 작동 부위에 돌연변이가 일어나 억제 단백질이 결합하지 못한다. 그러므로 젓당 유무와 상관없이 젓당 분해 효소를 합성한다.

**오답피하기** > 가. 야생형 대장균은 젓당과 포도당이 모두 없는 배지에서는 억제 단백질이 작동 부위에 결합하므로 RNA 중합 효소가 젓당 오페론 프로모터에 결합하지 못한다. 그러므로 야생형 대장균은 ㉡에서 젓당 오페론 구조 유전자가 전사되지 않는다.

나. A에서는 젓당과 결합하지 않는 억제 단백질이 만들어져 ㉠과 ㉡에서 모두 젓당 분해 효소가 합성되지 않는다.

## 18

**예설** | 중합 효소 연쇄 반응(PCR)은 DNA 변성(열처리), 프라이머 결합, DNA 합성으로 진행되어 주형 DNA의 일부 구간을 증폭하는 생명 공학 기술이다. 이 실험에서는 하나의 프라이머를 이용하여 DNA를 증폭하였으므로 ㉠은 두 가닥 모두에 상보적인 결합 부위가 존재한다. ㉠이 주형 DNA와 결합할 때 염기 간 수소 결합의 총수가 13이므로 ㉠에 A 또는 T이 5개 존재하고 G 또는 C이 1개 존재하거나 A 또는 T이 2개 존재하고 G 또는 C이 3개 존재한다. ㉠의 염기 서열은 5'-GTCAG-3'이다.

**정답맞히기** > 가. ㉠은 5개의 뉴클레오타이드로 이루어져 있다.

**오답피하기** > 나. PCR가 1회 진행될 때 합성된 DNA에는 25개의 염기쌍이, 2회 이상 진행될 때 합성된 DNA에는 25개의 염기쌍과 22개의 염기쌍이 존재한다. 그러므로 증폭된 2중 가닥 DNA 중 두 단 일 가닥 길이가 같은 DNA에는 22개의 염기쌍이 있다.

다. 주형 DNA 1분자당 사용되는 ㉠의 분자 수는 단계별로 2배씩 늘어나므로 주형 DNA 1분자당 사용된 ㉠의 분자 수는 40보다 많다.

## 19

**예설** | ㉠은 원핵생물, ㉡은 단세포 진핵생물이다.

**정답맞히기** > 다. ㉡은 단세포 진핵생물이다. 진핵생물에는 막으로 싸인 세포 소기관이 있다.

**오답피하기** > 가. (나)는 세포 내 공생으로 단세포 진핵생물이 진화하는 과정이다. 구간 I은 단세포 진핵생물이 출현하기 전 시기이므로 (나)는 구간 I 이후에 일어났다.

나. ㉠ 중 최초로 출현한 생물은 무산소 호흡 생물이다.

## 20

**예설** | 종 분화에는 이소적 종 분화와 동소적 종 분화가 있다. 이소적 종 분화는 지리적 격리에 의해 유전자 흐름이 차단되면서 일어난다.

**정답맞히기** > 나. C는 섬 분리와 같은 지리적 격리로 인해 분화된 종이므로 C는 A로부터 이소적 종 분화에 의해 출현하였다.

다. A와 B 사이의 분화는 A와 C 사이의 분화보다 최근에 일어났으므로 A와 B의 유연관계는 A와 C의 유연관계보다 가깝다.

**오답피하기** > 가. A와 B는 서로 다른 생물학적 종이므로 A와 B 사이에서 생식 능력이 있는 자손이 태어나지 않는다.